

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybářství a ochrany vod

Laboratoř vodní toxikologie a ichtyopatologie

Zátiší 728/II 389 25 Vodňany

**Posouzení vlivu aplikace bakteriálně enzymatického
přípravku PTP na kvalitu vody**

Zpracovali: Ing. Jana Máchová, Ph.D.

RNDr. Richard Faina

Prosinec 2012

Obsah	
1. Úvod	3
2. Materiál a metodika	4
2.1 Přípravek PTP	4
2.2 Poloprovozní pokus I	4
2.3 Poloprovozní pokus II	7
2.4 Laboratorní pokus	7
3. Výsledky	8
3.1 Poloprovozní pokus I	8
3.2 Poloprovozní pokus II	10
3.3 Laboratorní pokus	12
4. Závěry	27
5. Přílohy	29

1. Úvod

Péče o kvalitu vody představuje pro rybáře jeden ze zásadních problémů, které musí respektovat a do jisté míry jim přizpůsobovat své technologie chovu ryb v rybnících. Kvalita vody v rybnících je však ovlivňována nejen způsobem (zejména intenzitou) rybářského hospodaření, ale působí zde i řada dalších faktorů, které mohou rybáři ovlivnit jen částečně nebo vůbec ne. Jedná se především o staré zátěže, které pocházejí z období vysoké intenzifikace zemědělské výroby, která se samozřejmě nevyhnula ani rybářství. V zájmu zvyšování produkce ryb byly rybníky (a některé rybníky dodnes jsou) intenzivně hnojeny a ryby přikrmovány. Rybníky navíc velmi často sloužily a mnohdy ještě dosud slouží jako deponie odpadních vod nebo biologicky vyčištěných odpadních vod. Jedná se zejména o odpadní vody komunální, odpadní vody z potravinářského průmyslu a rovněž o odpadní vody ze zemědělské výroby. Do vodního prostředí se tak dostává podstatně více živin, než může být efektivně transformováno v rybí produkci. Dalším zdrojem živin i organické hmoty jsou nešetrné zásahy prováděné v povodí rybníků (splachy živin a ornice), které se, bohužel, dějí i v dnešní době. Část takto přiváděných živin se z rybníků dostává průběžně nebo při výloveh do recipientů, část živin se deponuje v sedimentech a zvyšuje trofickou i saprobní úroveň vodního prostředí v rybnících i v níže ležícím povodí.

Z praxe víme, že náprava takového stavu (obvykle vybagrování rybníka) je finančně i technicky velmi náročná a navíc mnohdy nevede k požadovanému cíli. Vysoká trofická i saprobní úroveň rybníčního ekosystému potom přetrvává i přes provedená opatření. Na některých rybnících je prakticky nemožné odbahnění provést. (Jedná se např. o těžko přístupné lesní rybníčky, s velkou zátěží, kterou představuje každoročně spadané listí z okolních stromů apod., nebo malé návesní rybníčky, které svým charakterem často připomínají spíš dočišťovací nádrž než esteticky pozitivně působící prvek).

Vzhledem k výše uvedenému a k pozitivním zkušenostem shrnutých ve zprávě zpracované Jaroslavem Minaříkem (místopředsedou organizace MOSRZ Holíč) a Michalem Náterem (hlavním hospodářem téže organizace) „Zpráva o účincích bioenzymatické směsi typu PTP PLUS na kvalitu povrchových vod“ jsme přistoupili k testování tohoto bakteriálně enzymatického přípravku, který je dále uváděn pod

názvem PTP (Pond Treat Powder), abychom ověřili jeho účinnost a současně ekologickou šetrnost při použití do rybníků využívaných k chovu ryb.

Poloprovozní pokus, který jsme provedli na rybníčcích č. 51 až 54, byl realizován na základě smlouvy uzavřené s firmou Baktoma spol. s r.o., která tento přípravek distribuuje. Nad rámec smlouvy byl proveden ještě další poloprovozní pokus na rybníčcích č. 43 až 45 a následně laboratorní pokus. Výsledky těchto pokusů jsou předmětem této zprávy. Enzymatické ani mikrobiologické analýzy samotného účinného agens prováděny nebyly (nebyly předmětem hodnocení).

2. Materiál a metodika

2.1 Přípravek PTP (převzato z materiálů firmy Baktoma, spol. s r.o.)

Přípravek PTP je směs bakteriálních spór, enzymů a živin nutných pro činnost mikroorganismů. Výsledkem jeho působení v jezerech a rybnících je rozklad organických usazenin na dně i ve vodním sloupci pomocí vysoce mobilních přírodních nemodifikovaných aerobních bakterií a fakultativně anaerobních bakterií s pozitivní chemotaxou (mohou rozpoznat typ chemického odpadu a plavat k němu). Zároveň dochází k výraznému snížení fosforu a chlorofylu A, který je měřítkem koncentrace řas, fosfátů a zakalení ve vodním sloupci. Naopak zvyšuje obsah kyslíku. Při pravidelném používání přípravku PTP dochází k reprodukci bakterií, což má za následek nepřetržité čištění jezer a rybníků.

2.2 Poloprovozní pokus I

Poloprovozní pokus byl proveden na 4 experimentálních rybníčcích č. 51, 52, 53 a 54 (každý o ploše cca 0,08 ha a průměrnou hloubkou 80 – 100 cm) v areálu pokusnictví Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického ve Vodňanech Jihočeské univerzity Českých Budějovicích (obr. 1). Výhodou těchto rybníčků je jejich srovnatelná velikost i způsob napájení (náhon z řeky Blanice), což představuje pro poloprovozní pokus relativně srovnatelné podmínky. V rybnících byl odchováván váčkový plůdek podoustve, ostroretky, lína a kapra. Dva z uvedených rybníčků (č. 51 a 54) byly pokusné a do nich byl aplikován přípravek PTP v dávkách doporučených zástupci firmy Baktoma, spol. s r.o., (tab. 1). Jednalo se o dávky vyšší než uvádí

prospekt firmy Baktoma, aby se snáze zachytil případný negativní efekt na organismy vodního prostředí. Do rybníčků č. 52 a 53 nebyl přípravek aplikován a tyto rybníčky sloužily jako kontrolní. Přípravek byl aplikován ve formě vodného roztoku rozstříkem na hladinu rybníka (obr. 2).

Pokus byl zahájen dne 30.7. 2012 aplikací přípravku PTP do rybníčků 51 a 54. Ještě před aplikací byly ze všech rybníčků odebrány vzorky vody na fyzikálně chemický rozbor. Ve vzorcích vody byla stanovena koncentrace celkového fosforu, amonných iontů, chemická spotřeba kyslíku – $CHSK_{Cr}$ i $CHSK_{Mn}$, kyselinová neutralizační kapacita $KNK_{4,5}$. Odebrané vzorky byly umístěny do termostabilní tašky a předány na analýzy do Chemické a mikrobiologické laboratoře v Písku (Ing. Němec, zkušební laboratoř č. 1142, akreditovaná ČIA). Dále byly odebrány vzorky vody na algologické vyšetření, které byly fixovány lugolem. Algologická vyšetření prováděla RNDr. Olga Skácelová, PŘF JcU České Budějovice. Vzorky na kvantitativní a kvalitativní vyšetření zooplanktonu byly odebírány planktonní sítkou (velikost ok 80 μm , vždy 3 hody po 5 m) a fixovány formalínem. Vyšetření zooplanktonu provedl RNDr. Richard Faina. Odběry v tomto rozsahu byly provedeny ještě v termínech 20.8. a 17.9. 2012.

V týdenních intervalech (od 25.7. do 17.9. 2012) byly měřeny teplota vody, průhlednost, koncentrace rozpuštěného kyslíku u hladiny a v hloubce 50 cm a hodnoty pH.

Tab. 1. Dávky přípravku PTP aplikované do rybníčků během poloprovozního (velikost rybníčku cca 0,08 ha)

Datum	30.7.	6.8.	13.8.	20.8.	27.8.	3.9.	10.9.	17.9.
Rybník č. 51	1 kg	0,75 kg	0,75 kg	0,5 kg	0,25 kg	0,25 kg	0,25 kg	0,25 kg
	1,25 $mg.l^{-1}$	0,94 $mg.l^{-1}$	0,94 $mg.l^{-1}$	0,63 $mg.l^{-1}$	0,31 $mg.l^{-1}$	0,31 $mg.l^{-1}$	0,31 $mg.l^{-1}$	0,31 $mg.l^{-1}$
Rybník č. 52	0	0	0	0	0	0	0	
Rybník č. 53	0	0	0	0	0	0	0	0
Rybník č. 54	1 kg	0,75 kg	0,75 kg	0,5 kg	0,25 kg	0,25 kg	0,25 kg	0,25 kg
	1,25 $mg.l^{-1}$	0,94 $mg.l^{-1}$	0,94 $mg.l^{-1}$	0,63 $mg.l^{-1}$	0,31 $mg.l^{-1}$	0,31 $mg.l^{-1}$	0,31 $mg.l^{-1}$	0,31 $mg.l^{-1}$



Obr. 1. Areál pokusnictví s experimentálními rybníčky



Obr. 2. Aplikace přípravku PTP ve formě vodného roztoku na hladinu rybníka (v přední části je možné vidět na dvou místech rozptýl aplikovaného přípravku v rybníční vodě)

2.3 Poloprovozní pokus II

Vzhledem k tomu, že výsledky které jsme v průběhu pokusu zjišťovali, se nejevily jako průkazné, přikročili jsme k dalšímu pokusu, při kterém jsme přípravek PTP aplikovali do experimentálních rybníčků č. 43 a 44, kde se jsme registrovali kyslíkový deficit. Aplikace přípravku PTP byla prováděna v týdenních intervalech, jak je uvedeno v tab. 2. Jako kontrola sloužil rybníček č. 45, se stejnou obsádkou ryb i způsobem odchovu a obdobným průběhem koncentrace kyslíku u hladiny i v hloubce 50 cm. Jednalo se tedy o velmi dobře srovnatelné rybníčky, každý o ploše 0,16 ha o průměrné hloubce 80 – 100 cm.

Tab.2. Dávky přípravku PTP aplikované do rybníčků 43 a 44

Datum	21.8.	28.8.	3.9.
Rybníček 43	1,6 kg (1 mg.l ⁻¹)	1,2 kg (0,75 mg.l ⁻¹)	1,2 kg (0,75 mg.l ⁻¹)
Rybníček 44	0,8 kg (0,5 mg.l ⁻¹)	0,6 kg (0,36 mg.l ⁻¹)	0,6 kg (0,36 mg.l ⁻¹)
Rybníček 45	0	0	0

2.4. Laboratorní pokus

Vzhledem k výsledkům poloprovozních pokusů, které i přes svou relativně vysokou srovnatelnost jsou zatíženy faktory, z nichž velkou část nelze jednoznačně identifikovat a už vůbec ne ovlivnit, rozhodli jsme se ještě pro laboratorní pokus, kde lze lépe zajistit standardní podmínky, a tudíž i exaktněji posoudit vliv aplikovaného přípravku na kvalitu vody.

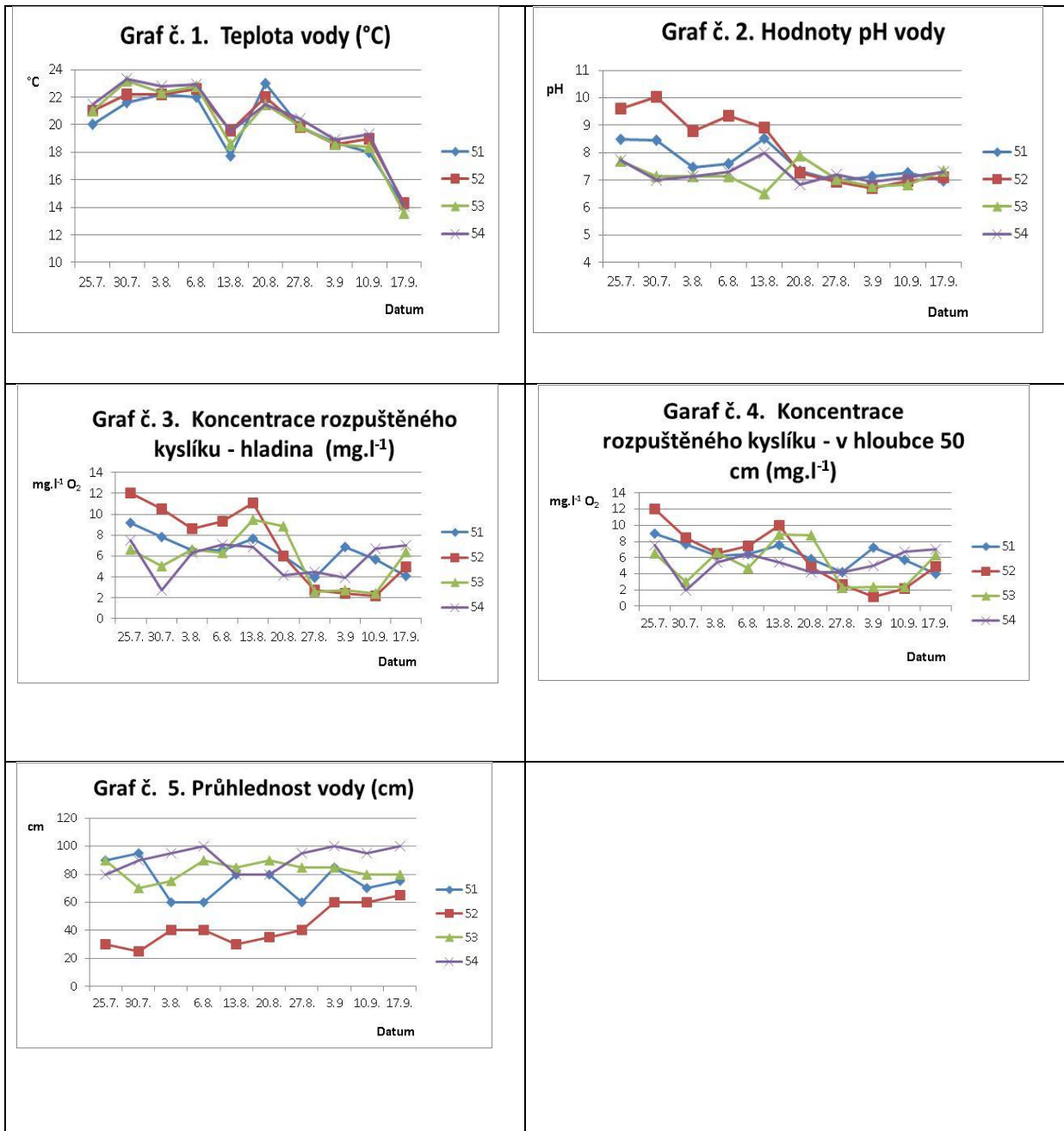
Pokus byl proveden ve 3 akváriích o objemu vody 80 litrů. Do akvárií bylo nasazeno po 8 kusech kapra koi o průměrné hmotnosti 75 g (celková hmotnost ryb činila v průměru 600 g). K testům byla použita vodovodní voda zbavená chloru. Ryby byly nasazeny do akvárií dne 3.12. Po 24 hodinách, kdy došlo díky přítomnosti ryb ve vodě k mírnému navýšení koncentrace organických látek, byly odebrány vzorky vody a stanoveny koncentrace amoniakálního dusíku, dusitanů a CHSK_{Mn}. Do dvou nádrží (č. 1 a 2) byl aplikován přípravek PTP tak, aby výsledné koncentrace činily 1 mg.l⁻¹ (akvárium č. 1) a 2 mg.l⁻¹ (akvárium č. 2). Do kontrolního akvária (K) přípravek nebyl aplikován. Další vzorky vody na chemické analýzy byly odebírány ve 24-hodinových intervalech a pokus byl ukončen dne 7.12. Teplota vody v nádrži se pohybovala mezi 18 a 20 °C, hodnoty pH vody v rozmezí 7,9 až 8,3. Voda v nádržích byla provzdušňována, nasycení vody kyslíkem se pohybovalo mezi 85 – 100 %. Ryby byly během testu krmeny krmivem KP1 tak, aby krmivo nezůstávalo v nádržích déle než 5 minut.

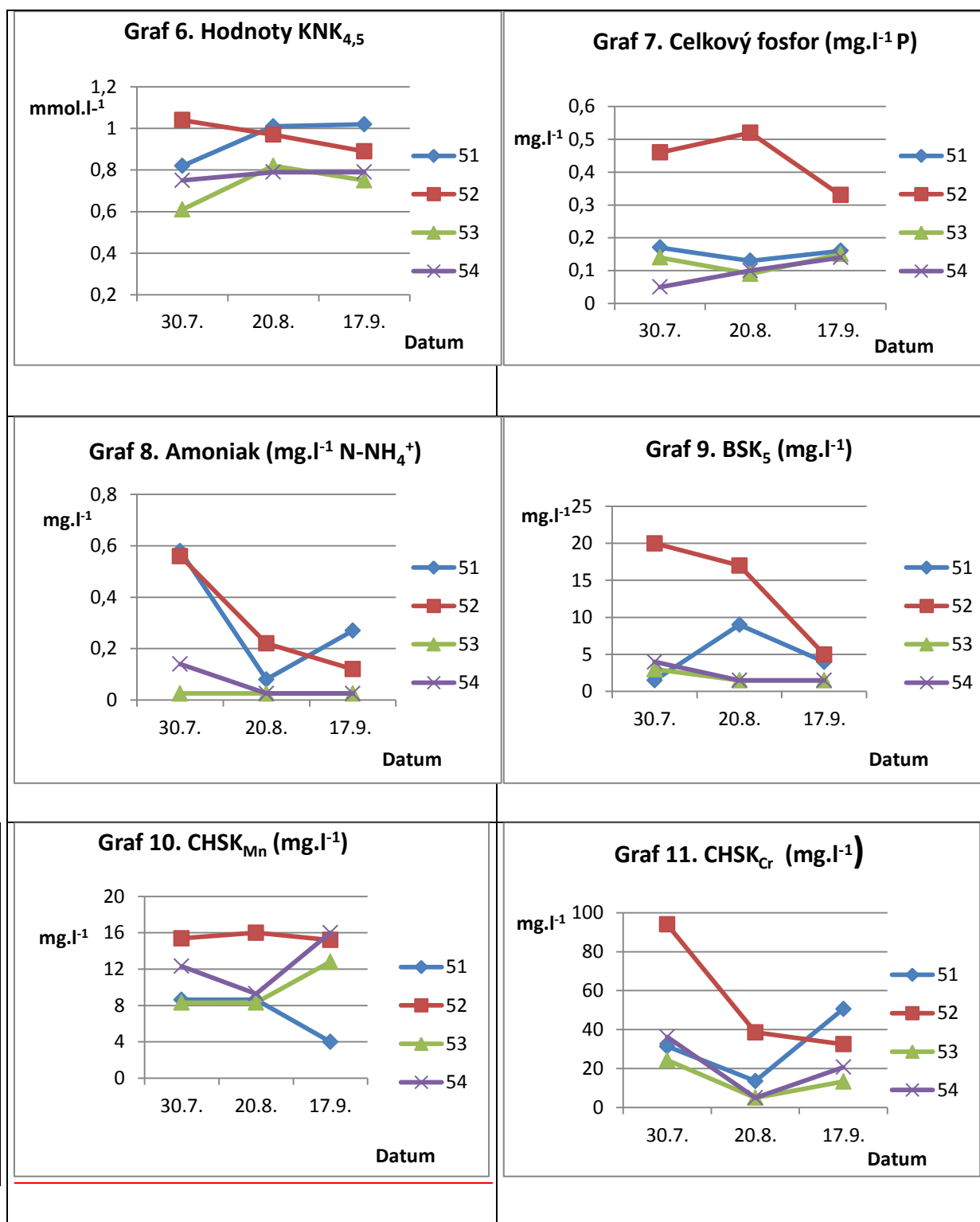
3. Výsledky

3.1. Poloprovozní pokus na rybníčcích I (rybníčky č. 51, 52, 53 a 54)

Fyzikálně chemické analýzy vody

Grafické znázornění průběhu měřených ukazatelů kvality vody je uvedeno v grafech č. 1-11.





Výsledky fyzikálně chemických rozborů vody měření ukazují, že aplikace přípravku PTP neměla zásadní vliv na kvalitu vody v rybnících. Změny kvality vody, které jsme při pokusu v pokusných rybníčkách zaznamenali, se v podstatě neliší od změn, ke kterým došlo v kontrolních rybníčkách. Proto lze usuzovat, že zjištěné

změny kvality vody jsou výsledkem fyzikálně-chemických a biochemických pochodů, které se v rybnících běžně odehrávají a aplikace přípravku PTP neměla na jejich vývoj zásadní vliv

Vyšetření fytoplanktonu

Zpracovala: RNDr. Olga Skácelová, Ph.D.

IČO 62082515

Rybník č. 51

30.7. 2012

Odběr před aplikací přípravku, abundance fytoplanktonu byla necelých 12 tisíc buněk v 1 ml, sinice byly zastoupeny slabě (hlavně rod *Pseudanabaena*).

20.8. 2012

V průběhu 20 dnů od první aplikace přípravku se abundance řas zvýšila o řád a dosáhla hodnoty 118 tisíc buněk v 1 ml. Z toho sinice zaujímaly 32 tisíc buněk v 1 ml. Jednalo se ale o druhy s velmi drobnými buňkami, kde zachycení jediné kolonie hodnotu výrazně navyšuje. Vysokou abundanci měly rozsivky (celkem 52 tisíc buněk v 1 ml), a to zejména droboučká *Nitzschia palea* v abundanci 36 tisíc buněk v 1 ml. Vyskytuje se v bentosu i v planktonu a hromadně zejména tam, kde dochází k rozkladu organické hmoty (má vysoký saprobní index). Převážně bentická *Synedra ulna* s velkými schránkami byla zachycena v počtech 1 tisíc buněk v 1 ml. Zelené planktonní řasy (běžné rybniční druhy) měly abundanci 33 tisíc buněk v 1 ml. Zjištění akinet sinice *Anabaena flos-aquae* (ve vzorku ojediněle) svědčí o jejím předchozím výskytu. Z rozboru lze usuzovat na fakt, že přípravek zafungoval v potlačení potenciálního nebezpečí rozvoje sinicových vodních květů, naopak se uplatnily organismy preferující větší množství živin.

17.9. 2012

V závěru letní sezóny došlo k poklesu abundance na 7,5 tisíc buněk v 1 ml. Polovinu tvořily sinice, ale ne druhy vodního květu (byly to rody *Pseudanabaena* a *Phormidium*). Zelené řasy zaujímaly necelé 2 tisíce buněk v 1 ml, rozsivky byly zastoupeny ještě méně.

Z výsledků rozborů lze usuzovat na pozitivní účinek aplikovaného přípravku v tom, že nedošlo k rozvoji sinicového vodního květu, přestože druhy, které jej při silném rozvoji tvoří, byly v odběru před aplikací přítomny. Bohatý výskyt rozsivek *Nitzschia palea* dokládá rozklad uvolněné organické hmoty.

Rybník č. 52

30.7.2012

V odběru před aplikací byl zachycen silný rozvoj sinic - vodní květ *Anabaena flos-aquae* (abundance 350 tisíc buněk v 1 ml), celková abundance mírně přesáhla 400 tisíc buněk v 1 ml.

20.8. 2012

Mírný pokles abundance fytoplanktonu (na 173 tisíc buněk v 1 ml) byl důsledkem poklesu abundance sinic *Anabaena flos-aquae* (zastoupeny také *Anabaena crassum* a *Microcystis wesenbergii*), fytoplankton však byl stále hustý. Zelené řasy se vyskytovaly v abundanci 60 tisíc buněk v 1 ml (jejich množství se tedy mírně zvýšilo). Z velkých planktonních druhů byly zachyceny obrněnky rodu *Ceratium*.

17.9. 2012

Ve druhé polovině září abundance poklesla na 7,5 tisíc buněk v 1 ml, polovinu z toho zaujímaly sinice (zejména drobné buňky vláken r. *Pseudanabaena*, také akinety *Anabaena flos-aquae*). Zelené planktonní řasy a senátní rozsivky byly zachyceny v koncentracích do 2 tisíc buněk v 1 ml.

Na tomto rybníce proběhl běžný cyklus fytoplanktonu rybníka se slabou obsádkou: s letním sinicovým maximem – vodním květem.

Rybník č. 53

30.7. 2012

V prvním odběru byla abundance 8,5 tisíc buněk v 1 ml, sinice byly zastoupeny hlavně druhy s drobnými buňkami, kromě nich se však vyskytovaly i sinice vodních květů (rod *Microcystis* a *Anabaena*).

20.8. 2012

Abundance mírně vzrostla (na 13 tisíc buněk v 1 ml.), sinice zaujímaly zhruba polovinu. Kromě druhů s drobnými buňkami, které hlavním dílem zvyšovaly abundanci, byly zastoupeny druhy vodních květů *Microcystis wesenbergii*, *Anabaena cf. planctonica*, *Aphanizomenon klebahnii*.

17.9. 2012

V závěru abundance poklesla na 2,5 tisíc buněk v 1 ml, necelou polovinu tvořily zelené planktonní řasy, ze sinic byly zachyceny druhy s drobnými buňkami (rod *Pseudanabaena*) i *Anabaena flos-aquae*.

Na rozdíl od rybníka č. 52 zde byl rozvoj fytoplanktonu slabší a neobjevily se sinicové vodní květy.

Rybník č. 54

30.7. 2012

V odběru před aplikací přípravku byla zjištěna abundance 16 tisíc buněk v 1 ml, z toho tři čtvrtiny tvořily zelené planktonní řasy a zastoupeny byly také sinice, které tvořivají vodní květy: *Anabaena flos-aquae* a *Aphanizomenon klebahnii*, a také druhy s drobnými buňkami vyskytující se společně s rozvojem zelených kokálních řas.

20.8. 2012

V odběru po aplikaci přípravku byl zjištěn mírný pokles abundance (celkem 11 tisíc buněk v 1 ml). Sinice *Anabaena flos-aquae* se ve vzorku vyskytovala, ale vodní květ netvořila (3 tisíce buněk v 1 ml). Koncentrace zelených kokálních řas také poklesla (5 tisíc buněk v 1 ml), zastoupeny byly slaběji než na kontrolních rybnících.

17.9. 2012

Pokles abundance byl výrazný (necelé 3 tisíce buněk v 1 ml), z toho 1/3 zelené planktonní řasy). Sinice (*Pseudanabaena* sp., *Phormidium* sp. a druhy vodních květů *Anabaena flos-aquae* a *Aphanizomenon yezoense*) zaujímaly necelé 1,5 tisíc buněk v 1 ml, vodní květ nevznikl.

Podle pouze slabého výskytu druhů sinicového vodního květu ve všech odběrech lze usuzovat, že aplikace přípravku udržela jejich rozvoj v nízkých hodnotách.

Vyšetření zooplanktonu

Výsledky vyšetření zooplanktonu jsou uvedeny v následujících tabulkách. Pro hodnocení početnosti zooplanktonu byla použita odhadová stupnice:

- druh není přítomen
- + zastoupení méně než 1 %
- 1 zastoupení 1 – 5 %

2	zastoupení 5 – 10 %
3	zastoupení 10 – 20 %
4	zastoupení 20 – 40 %
5	zastoupení 40 – 80 %
m	zastoupení > 80 %

Tab. 3. Vývoj složení a četnosti zooplanktonu v rybníku č. 51

Skupina		Stupeň četnosti
30.7. 2012		
Cladocera	<i>Daphnia galeata</i>	1
	<i>Bosmina longirostris</i>	5
Copepoda	<i>Acanthocyclos robustus</i>	3
	Naupl. stadia	4
Rotatoria	<i>Polyarthra</i> sp.	2
6.8. 2012		
Cladocera	<i>Daphnia galeata</i>	1
	<i>Bosmina longirostris</i>	5
	<i>Ceriodaphnia</i> sp.	3
Copepoda	<i>Acanthocyclos robustus</i>	3
	Naupl. stadia	4
Rotatoria	<i>Polyarthra</i> sp.	2
	<i>Brachionus angularis</i>	
13.8. 2012		
Cladocera	<i>Daphnia galeata</i>	+
	<i>Bosmina longirostris</i>	4
	<i>Ceriodaphnia</i> sp.	3
	<i>Chydorus sphaericus</i>	3
Copepoda	<i>Acanthocyclos robustus</i>	3
	Naupl. stadia	4
Rotatoria	<i>Polyarthra</i> sp.	2
	<i>Keratella cochlearis</i>	2
Chironomidae	Počáteční stadia larev	+
20.8. 2012		
Cladocera	<i>Daphnia galeata</i>	-
	<i>Bosmina longirostris</i>	1
	<i>Ceriodaphnia</i> sp.	2
	<i>Chydorus sphaericus</i>	2
	<i>Scapholeberis mucronata</i>	3
Copepoda	<i>Acanthocyclos robustus</i>	3
	Naupl. stadia	5
Rotatoria	<i>Brachionus angularis</i>	1
	<i>Brachionus diversicornis</i>	

Pokračování tab. 3

3.9. 2012		
Cladocera	Daphnia galeata	2
	Bosmina longirostris	3
	Ceriodaphnia sp.	1
	Scapholeberis mucronata	2
Copepoda	Cyclopidae cop. st.	3
	Naupl. st.	5
Rotatoria	Polyarthra sp.	4
	Keratella cochlearis	
	Keratella quadrata	
	Filinia longiseta	
	Brachionus cyliciflorus	
17.9. 2012		
Cladocera	Daphnia galeata	2
	Bosmina longirostris	4
	Scapholeberis mucronata	3
Copepoda	Cyclopidae cop. st.	2
	Naupl. stadia	4
Rotatoria	Keratella quadrata	5

Tab. 4. Vývoj složení a četnosti zooplanktonu v rybníku č. 52

Skupina		Stupeň četnosti
30.7. 2012		
Cladocera	Daphnia galeata	-
Copepoda	Cyclopidae cop. stadia	1
	Cyclopidae naupl. stadia	2
Rotatoria	Brachionus angularis	m
	Brachionus quadridentatus	
	Filinia longiseta	
	Keratella cochlearis	
6.8. 2012		
Cladocera	Bosmina longirostris	-
Copepoda	Cyclopidae cop. stadia	1
	Cyclopidae naupl. stadia	2
Rotatoria	Brachionus angularis	m
	Brachionus quadridentatus	
	Brachionus calyciflorus	
	Filinia longiseta	
	Keratella cochlearis	
	Asplanchna sp.	
13.8. 2012		
Cladocera	Daphnia galeata	-
Copepoda	Cyclopidae cop. Stadia	5
	Cyclopidae naupl. Stadia	3
Rotatoria	Asplanchna sp.	5
	Brachionus falcatus	

Pokračování tab. 4

20.8. 2012		
Cladocera	Daphnia galeata	1
	Bosmina longirostris	1
Copepoda	Thermocyclops sp.	3
	Naupl. stadia	5
Rotatoria	Asplanchna sp.	4
	Brachionus diversicornis	
	Filinia longiseta	
	Keratella cochlearis	
3.9. 20102		
Cladocera	Daphnia galeata	-
	Bosmina longirostris	+
Cyclopidae	Thermocyclops sp.	3
	Naupl. stadia	4
Rotatoria	Asplanchna sp.	4
	Brachionus angularis	
	Brachionus falcatus	
	Filinia longiseta	
	Keratella cochlearis	
17. 9. 2012		
Cladocera	Daphnia galeata	-
	Bosmina longirostris	+
Copepoda	Copepodit. stadia	3
	Naupl. stadia	4
Rotatoria	Asplanchna sp.	5
	Brachionus angularis	
	Brachionus falcatus	
	Filinia longiseta	
	Keratella cochlearis	
	Polyarthra sp.	

Tab. 5. Vývoj složení a četnosti zooplanktonu v rybníku č. 53

Skupina		Stupeň četnosti
30.7. 2012		
Cladocera	Daphnia galeata	-
	Bosmina longirostris	2
	Ceriodaphnia sp.	2
	Scapholeberis mucronata	1
	Simocephalus vetulus	+
Copepoda	Acanthocyclops robustus	4
	Cyclopidae naupl. stadia	5
	Diaptomidae	+
Rotatoria	Brachionus angularis	3
	Asplanchna sp.	
	Keratella cochlearis	

Pokračování tab. 5

6.8. 2012		
Cladocera	Daphnia galeata	-
	Bosmina logirostris	2
	Ceriodaphnia sp.	2
	Scapholeberis mucronata	1
Copepoda	Cyclopidae cop. stadia	4
	Cyclopidae naupl. stadia	5
	Diaptomidae	+
Rotatoria	Polyarthra sp.	2
	Keratella cochlearis	
	Asplanchna sp.	
13.8. 2012		
Cladocera	Daphnia galeata	-
	Bosmina logirostris	3
	Ceriodaphnia sp.	3
	Scapholeberis mucronata	2
Copepoda	Cyclopidae cop. stadia	4
	Cyclopidae naupl. stadia	5
Rotatoria	Keratella cochlearis	2
	Keratella quadrata	
Chironomidae	Počáteční stadia larev	
20.8. 2012		
Cladocera	Daphnia galeata	-
	Bosmina longirostris	2
Copepoda	Acantocyclops robustus	4
	Naupl. Stadia	5
Rotatoria	Synchaeta sp.	2
3.9. 20102		
Cladocera	Daphnia galeata	-
	Bosmina longirostris	2
Copepoda	Naupl. stadia	5
	Copepod. stadia	2
	Diaptomus gracilis	2
Rotatoria	Polyarthra sp.	4
	Keratella quadrata	
	Keratella cochlearis	
Chironomidae	Počáteční larv. st.	+
17. 9. 2012		
Cladocera	Daphnia galeata	+
	Bosmina longirostris	4
	Chydorus sphaericus	1
Copepoda	Copepodit. stadia	2
	Naupl. stadia	5
	Diaptomidae cop. st.	1
Rotatoria	Asplanchna sp.	2
	Filinia longiseta	
	Keratella cochlearis	
Chironomidae	Počáteční larv. Stadia	+

Tab. 6. Vývoj složení a četnosti zooplanktonu v rybníku č. 54

Skupina		Stupeň četnosti
30.7. 2012		
Cladocera	Ceriodaphnia sp.	m
Copepoda	Acanthocyclops robustus	1
	Thermocyclops sp.	1
Rotatoria	Polyarthra sp.	2
	Keratella cochlearis	
6.8. 2012		
Cladocera	Ceriodaphnia sp.	5
Copepoda	Thermocyclops sp.	3
	Cyclopidae naupl. stadia	4
Rotatoria	Keratella cochlearis	1
	Polyarthra sp.	
13.8. 2012		
Cladocera	Ceriodaphnia sp.	4
	Bosmina longirostris	1
Copepoda	Thermocyclops sp.	5
	Cyclopidae naupl. stadia	4
Rotatoria	Keratella cochlearis	1
20.8. 2012		
Cladocera	Ceriodaphnia sp.	5
Copepoda	Cyclopidae cop. St.	4
	Cyclopidae naupl. st.	4
Rotatoria		-

Pokračování tab. 6

3.9. 20102		
Cladocera	Ceriodaphnia sp.	2
	Bosmina longirostris	1
	Chydorus sphaericus	1
	Alona sp.	1
Copepoda	Acanthocyclops robustus	3
	Cyclopidae naup. st.	4
Rotatoria	Keratella cochlearis	5
	Conochilus sp.	
17. 9. 2012		
Cladocera	Daphnia longispina	+
	Ceriodaphnia sp.	3
	Bosmina longirostris	2
	Chydorus sphaericus	1
Copepoda	Macrocyclus sp.	2
	Naupl. stadia	5
	Diaptomidae cop. st.	1
Rotatoria	Keratella cochlearis	4
	Keratella quadrata	
	Polyarthra sp.	
	Conochilus sp.	

Výsledky fyzikálně chemických analýz jsou uvedeny v tabulkách 7a 8.

Tab. 7. Koncentrace rozpuštěného kyslíku u hladiny a v hloubce 50 cm

Datum	Hodina	Koncentrace rozpuštěného kyslíku – hladina (mg.l ⁻¹)			Koncentrace rozpuštěného kyslíku – hloubka 50 cm (mg.l ⁻¹)		
		r.č. 43	r.č. 44	r.č. 45	r.č. 43	r.č. 44	r.č. 45
6.8.	8,30	2,5	4,05	5,5	1,45	2,65	4,87
13.8.	13,00	5,33	5,3	5,75	4,55	4,82	4,55
20.8.	8,00	2,85	3	3,7	2,07	2,87	3,33
21.8.	15,30	14,5	11,4	12,5	1,5	2,6	4
22.8.	7,30	2,1	2,6	3,5	1,8	2,5	3,45
22.8.	14,00	9,2	9,3	8,65	6,3	5,5	5,45
23.8.	7,45	1,8	2,35	2,15	1,2	2,3	2,1
23.8.	15,30	10,6	10	9,4	4,9	4,9	4,5
26.8.	8,00	3,37	3,7	3,7	3,1	3,2	3,4
26.8.	15,00	11,6	10,7	10,8	5,2	6,1	5,9
27.8.	9,00	3,4	5,15	4,3	2,9	4,72	4,1
30.8.	8,30	3,8	4,1	5	3	3,7	5
30.8.	15,00	10,5	8,5	9	10	8,1	7,7
30.9.	10,20	6,7	6,2	7,23	4,8	5,7	6,9
7.9.	12,00	6	6,8	8,1	4,6	6,3	5,8
10.9.	8,30	2,85	5,8	5,4	2,85	5,5	5,4

Jak je patrné z uvedených výsledků, po aplikaci přípravku PTP lze zaznamenat mírné zlepšení kyslíkových poměrů jak v rybníčcích 43 i 44, avšak stejný trend se ukazuje v rybníčku 45, který sloužil jako kontrola.

Tabulka 8. Výsledky chemického rozboru vzorků vody z rybníčků 43 až 45

Datum	13.8.	23.8.	24.8.	10.9.
	Celkový amoniak (mg.l⁻¹ N-NH₄⁺)			
Rybník č. 43	0,74			0,48
Rybník č. 44	0,44			0,37
Rybník č. 45	0,71			0,32
	Celkový dusík (mg.l⁻¹ N)			
Rybník č. 43	4			2,9
Rybník č. 44	2,8			2,4
Rybník č. 45	3,2			2,5
	Celkový fosfor (mg.l⁻¹ P)			
Rybník č. 43	0,9			0,68
Rybník č. 44	0,71			0,64
Rybník č. 45	0,69			0,72
	Fosfáty ((mg.l⁻¹ P)			
Rybník č. 43	0,103			0,16
Rybník č. 44	0,085			0,121
Rybník č. 45	0,155			0,186
	Chemická spotřeba kyslíku CHSK_{Cr} (mg.l⁻¹)			
Rybník č. 43	77	62		42,6
Rybník č. 44	42	44		32,4
Rybník č. 45	50	50		38
	Chemická spotřeba kyslíku CHSK_{Mn} (mg.l⁻¹)			
Rybník č. 43	31,7	32	30,4	23,7
Rybník č. 44	23	22,7	23,7	20,5
Rybník č. 45	27,8	23,4	26,2	21,8
	Biochemická spotřeba kyslíku BSK₅ (mg.l⁻¹)			
Rybník č. 43	13,5			16
Rybník č. 44	9,3			7,6
Rybník č. 45	16			9,5

Z uvedených výsledků vyplývá, že změny chemických parametrů kvality vody zaznamenané v rybníčcích 43 a 44 opět nejsou výraznější než změny, které byly zaznamenány v kontrolním rybníčku 45.

Vyšetření fytoplanktonu

Zpracovala: RNDr. Olga Skácelová, Ph.D.

IČO 62082515

Informace: do rybníčků č. 43, 44 byla provedena aplikace vyšší a nižší dávky PTP. Rybník 45 byl bez aplikace a sloužil jako kontrolní. Tyto rybníčky měly stejnou obsádku kapra K2-3 a byly bez průtoku. Vzorky z těchto rybníčků byly odebrány v následujících termínech: 13.8. (před aplikací, poté byla provedena aplikace) a poté 10.9. a 15.10. Cílem vyšetření bylo posouzení vlivu aplikovaného přípravku na fytoplankton.

Rybník č. 43

13.8. 2012 (odběr před aplikací přípravku, následná aplikace)

Abundance fytoplanktonu byla velmi vysoká: přes 900 tisíc buněk v 1 ml. Dominovaly zelené planktonní řasy (přes 800 tisíc buněk v 1 ml, hlavně rody *Scenedesmus*, *Coelastrum*, *Didymocystis*, *Dictyosphaerium*) s velmi drobnými buňkami i coenobii. Ostatní skupiny řas i sinice byly zastoupeny v řádově nižších koncentracích, dosti hojné byly bezbarvé organismy (drobní bezbarví bičíkovci a bakterie).

10.9. 2012 (Odběr po aplikaci přípravku PTP)

Abundance fytoplanktonu klesla (121 tisíc buněk v 1 ml), dominantní zelené kokální řasy měly abundanci o řád nižší (70 tisíc buněk v 1 ml) než v červencovém odběru před aplikací. Sinice se udržely v nízké koncentraci (10 tisíc buněk v 1 ml), oproti červenci nezvýšené. Drobné centrické rozsivky (několikabuněčné kolonie *Aulacoseira cf. ambigua*) byly druhou nejhojnější skupinou (rozsivky celkem 19 tisíc buněk v 1 ml).

15.10. 2012

V říjnu byla zjištěna extrémně vysoká koncentrace planktonních řas – téměř 2 miliony buněk v 1 ml. Zelené planktonní řasy zaujímaly 1, 4 milionu buněk v 1 ml a měly velmi droboučké buňky. Vodní květ sinic sice zaznamenán nebyl, ve fytoplanktonu však byly zachyceny četné buňky z rozpadlých vláken *Anabaena* sp. a drobné planktonní druhy s velmi malými buňkami (rody *Romeria* a *Planktolyngbya*), které se

podílejí společně se zelenými řasami na vegetačním zákalu a navyšují hodnotu abundance (nano a piko sinice v tomto vzorku téměř 250 tisíc buněk v 1 ml).

Zhodnocení: aplikace přípravku zřejmě přispěla ke snížení koncentrace fytoplanktonu (snížení o řád), na podzim však došlo zase k výraznému nárůstu, neprosadily se však sinice vodních květů.

Rybník č. 44

13.8. 2012

Abundance fytoplanktonu v srpnu před aplikací přípravku byla dosti vysoká: 234 tisíc buněk v 1 ml (ale nižší než v rybníce č. 43). Dvě třetiny abundance (162 tisíc buněk v 1 ml) zaujímaly zelené planktonní řasy (nejhojněji drobná *Crucigenia tetrapedia*), pětinu buňky sinic (*Aphanizomenon klebahnii*, *Anabaena flos-aquae*, *Merismopedia tenuissima* – celkem 50 tisíc buněk v 1 ml), ostatní skupiny kromě drobných rozsivek (celkem 15,5 tisíc buněk v 1 ml, dominantní *Aulacoseira cf. ambigua*) byly zastoupeny slabě.

10.9. 2012

Po aplikaci přípravku PTP (poloviční množství oproti rybníku 43) nebyl zjištěn průkazný pokles abundance fytoplanktonu (207 tisíc buněk v 1 ml, tedy o necelých 30 tisíc méně, to je v rámci chyby biologických rozborů). Podstatnější je, že rody *Anabaena* a *Aphanizomenon*, naopak se snížila abundance sinic 25násobně (na necelé 2 tisíce buněk v 1 ml). Rozsivky byly zjištěny v mírně zvýšené koncentraci (20 tisíc buněk v 1 ml).

15.10. 2012

V říjnu pokles abundance pokračoval a byl výraznější: celkem 46 tisíc buněk v 1 ml. Z toho tři čtvrtiny zaujímaly zelené planktonní řasy, sinice byly zjištěny v počtu 5 tisíc buněk v 1 ml.

Z výsledků rozborů se jeví, že aplikované množství přípravku udrželo nízký rozvoj sinic a nezvýšený rozvoj zelených planktonních řas.

Rybník č. 45

13.8. 2012

Srpnová abundance fytoplanktonu byla nižší než na rybníčcích 43 a 44, zde to bylo necelých 100 tisíc buněk v 1 ml. Převážně se jednalo o zelené planktonní řasy (83 tisíc buněk v 1 ml, dominoval *Scenedesmus spp.*), sinice (*Anabaena spp.*) se vyskytovaly v množství 4 tisíc buněk v 1 ml.

10.9. 2012

V září koncentrace fytoplanktonu narostla na 466 tisíc buněk v 1 ml, byla tedy vyšší než na obou rybníčcích s aplikací PTP. Zmnožily se zejména zelené kokální řasy (*Scenedesmus spp.*, *Didymocystis planctonica*, *Pediastrum spp.*). Abundance sinic stoupla méně nápadně (na 13 tisíc buněk v 1 ml), přítomny byly rody *Aphanizomenon* a *Anabaena*.

15.10.2012

V září koncentrace fytoplanktonu poklesla na třetinu, stále se jedná o vysokou hodnotu (126 tisíc buněk v 1 ml) a dominanci zelených planktonních řas (necelých 80 tisíc buněk v 1 ml). Sinice byly zastoupeny oproti předchozím vzorkům výrazněji (téměř 30 tisíc buněk v 1 ml), *Anabaena sp.* však jen v abundanci zhruba 7 tisíc buněk v 1 ml, ostatní velmi drobné buňky druhů vegetačního zákalu (*Romeria elegans*, *Merismopedia tenuissima*).

U rybníčků s aplikací PTP bylo pozorováno oproti odběru před aplikací PTP snížení množství fytoplanktonu (odběr v září oproti srpnu). Na rybníčku bez aplikace PTP naopak koncentrace fytoplanktonu v období mezi srpnovým a zářijovým odběrem zjevně narostla. U všech tří rybníčků (43, 44, 45) však bude hlavním faktorem složení a výše rybí obsádky (K2 – K3), zřejmě zejména ta zapříčiňuje hojný rozvoj mikroskopického fytoplanktonu složeného zejména ze zelených planktonních řas.

Na rybníčcích se slabou rybí obsádkou (plůdek) – padesátky – se vliv aplikace zdá být výraznější.

K objektivnímu zhodnocení dopadu aplikace PTP na složení a kvantitu fytoplanktonu by bylo zpracovat třeba více vzorků (více srovnávacích rybníčků) a podrobnějších údajů (např. průtočnost...).

I z hodnoceného rozsahu odebraného materiálu však lze vyvodit, že aplikace PTP se projevila pozitivně (tedy dle účelu – snížení koncentrace fytoplanktonu, zejména

planktonních sinic vodních květů) a přitom nepoškodila fungování řasové složky planktonu (fytoplankton nebyl zlikvidován, nadále se rozvíjí).

Wyšetření zooplanktonu

Výsledky vyšetření zooplanktonu jsou uvedeny v následujících tabulkách. Pro hodnocení početnosti zooplanktonu byla použita odhadová stupnice:

- druh není přítomen
- + zastoupení méně než 1 %
- 1 zastoupení 1 – 5 %
- 2 zastoupení 5 – 10 %
- 3 zastoupení 10 – 20 %
- 4 zastoupení 20 – 40 %
- 5 zastoupení 40 – 80 %
- m zastoupení > 80 %

Tab. 9. Vývoj složení a četnosti zooplanktonu v rybníku č. 43

Skupina		Stupeň četnosti
13.8. 2012		
Cladocera	<i>Daphnia galeata</i>	+
	<i>Daphnia parvula</i>	1
	<i>Bosmina longirostris</i>	5
Copepoda	<i>Acantocyclops robustus.</i>	2
	Naupl. st.	3
Rotatoria	<i>Asplanchna sp.</i>	4
30.8. 2012		
Cladocera	<i>Daphnia galeata</i>	+
	<i>Daphnia parvula</i>	2
	<i>Bosmina longirostris</i>	5
Copepoda	<i>Acantocyclops robustus.</i>	3
	Naupl. st.	2
Rotatoria	<i>Asplanchna sp.</i>	4
	<i>Brachionus calyciflorus</i>	
	<i>Brachionus rubens</i>	
10.9. 2012		
Cladocera	<i>Daphnia galeata</i>	1
	<i>Daphnia magna</i>	+
	<i>Daphnia parvula</i>	2
	<i>Bosmina longirostris</i>	5
Copepoda	<i>Acantocyclops robustus.</i>	4
	Cyclopidae naupl. st.	3
Rotatoria	<i>Asplanchna sp.</i>	3
	<i>Brachionus calyciflorus</i>	

Tab. 10. Vývoj složení a četnosti zooplanktonu v rybníku č. 44

Skupina		Stupeň četnosti
13.8. 2012		
Cladocera	Daphnia parvula	+
	Bosmina longirostris	5
	Moina rectangula	1
Copepoda	Acantocyclops robustus.	1
	Naupl. st.	2
Rotatoria	Asplanchna sp.	2
	Polyarthra sp.	
	Brachionus diversicornis	
30.8. 2012		
Cladocera	Daphnia parvula	2
	Daphnia galeata	+
	Bosmina longirostris	3
Copepoda	Acantocyclops robustus.	1
	Thermocyclops sp.	2
	Cyclops strenuus	+
	Cyclopidae naupl st.	5
Rotatoria	Asplanchna sp.	4
	Polyarthra sp.	
	Keratella cochlearis	
	Brachionus rubens	
10.9. 2012		
Cladocera	Daphnia parvula	2
	Daphnia galeata	1
	Bosmina longirostris	5
	Moina rectangula	+
Copepoda	Acantocyclops robustus.	4
	Cyclopidae naupl st.	4
Rotatoria	Asplanchna sp.	3
	Polyarthra sp.	
	Keratella cochlearis	
	Brachionus rubens	

Tab. 11. Vývoj složení a četnosti zooplanktonu v rybníku č. 45

13.8. 2012		
Cladocera	Daphnia parvula	+
	Daphnia galeata	+
	Bosmina longirostris	5
	Moina rectangula	+
Copepoda	Cyclopidae cop. st.	2
	Cyclopidae naupl st.	1
Rotatoria	Asplanchna sp.	1
	Keratella cochlearis	

Pokračování tab. 11

30.8. 2012		
Cladocera	Daphnia parvula	2
	Daphnia galeata	1
	Bosmina longirostris	1
Copepoda	Acanthocyclops robustus	3
	Cyclopidae naupl st.	3
Rotatoria	Asplanchna sp.	5
	Brachionus rubens	
	Brachionus calyciflorus	
	Brachionus angularis	
	Brachionus diversicornis	
	Keratella cochlearis	
10.9. 2012		
Cladocera	Daphnia parvula	2
	Daphnia longispina	1
	Bosmina longirostris	3
Copepoda	Acanthocyclops robustus	3
	Cyclopidae naupl st.	4
Rotatoria	Asplanchna sp.	5
	Brachionus rubens	
	Keratella cochlearis	
	Keratella quadrata	

3.3 Laboratorní pokus

Výsledky chemických analýz vody z nádrží jsou uvedeny v tabulce 12.

Tabulka 12. Výsledky chemických analýz vody z akvárií (hodnoty jsou uvedeny v mg.l⁻¹)

Parametr	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	P-PO ₄ ³⁻	CHSK _{Mn}
Datum	3.12.			
Vodovodní voda (před nasazením ryb)	< 0,02	< 0,002	< 0,005	1,1
Datum	4.12.			
K	1,93	0,006	0,049	6,4
Č. 1	2,20	0,006	0,049	7,4
Č. 2	2,52	0,006	0,024	6,4
Datum	5.12.			
K	3,00	0,012	0,020	11,2
Č. 1	3,40	0,015	0,024	7,4
Č. 2	3,82	0,009	0,027	10,9

Datum	6.12.			
K	3,72	0,012		9,6
Č. 1	4,32	0,009		7
Č. 2	4,68	0,017		7,4
Datum	7.12.			
K	4,65	0,009		9,9
Č. 1	5,15	0,009		8,6
Č. 2	2,25	0,018		10,6

akvárium K: – kontrolní akvárium – bez aplikace PTP

akvárium č. 1: - 4.12. aplikace PTP - 1 mg.l⁻¹

akvárium č. 2: - 4.12. aplikace PTP – 2 mg.l⁻¹

Z výsledků uvedených v tab 12 je zřejmé, že během pokusu docházelo ke zvyšování jak koncentrace amoniaku, tak organických látek stanovených jako CHSK_{Mn}. Naproti tomu koncentrace dusitanů zůstávaly řádově na téměř stejné úrovni s výjimkou mírného nárůstu v akváriu č. 2. To svědčí o tom, že v akváriích K a č. 1 nedošlo k zahájení nitrifikačního procesu, o náznaků však lze uvažovat v akváriu č. 2, kde byl pozorován pokles koncentrace amonných iontů o 2 mg.l⁻¹. Koncentrace organických látek vyjádřená jako CHSK_{Mn} zůstávala ve všech akváriích na srovnatelné úrovni a lze konstatovat, že její výše nebyla ovlivněna aplikací přípravku PTP. Vzhledem k tomu, že doba trvání pokusu byla příliš krátká na to, aby se přítomnost aplikovaného přípravku mohla výrazněji projevit, bylo třeba pokus zopakovat a prodloužit dobu jeho trvání. Pokud by tomu tak bylo, tato skutečnost by vylučovala tento přípravek z operativního použití, kdy se požaduje rychlá odezva.

4. Závěry

- Provedené poloprovozní pokusy, při kterých byl vodní ekosystém vystaven po dobu 1,5 měsíce přípravku PTP v dávkách o 50 % vyšších než je doporučováno firmou Baktoma pro tyto účely, neprokázaly žádné zjevné nežádoucí účinky aplikovaného přípravku na ryby a vodní organismy přítomné v pokusných rybníčcích:

- vyšetření zooplanktonu prokázalo zachování druhové diverzity i velikostní struktury po celé sledované období v rámci běžné sukcese v rybničním ekosystému

- vyšetření fytoplanktonu: z hodnoceného rozsahu odebraného materiálu lze vyvodit, že *aplikace PTP se projevila pozitivně* (tedy dle účelu použití – snížením koncentrace fytoplanktonu zejména planktonních sinic vodního květu a při tom nepoškodila fungování řasové složky planktonu (fytoplankton nebyl zlikvidován, nadále se rozvíjel) (závěr učiněný algologem RNDr. O. Skácelovou, Ph.D.).

- při rozboru zooplanktonu a současně provedené kontrole síťového fytoplanktonu bylo po 1. aplikaci do rybníku č. 44 zaznamenáno prakticky úplné vymizení silného vodního květu tvořeného převážně sinicemi *Aphanizomenon klebahnii* a *Anabaena flos – aquae*, což se shoduje i s algologickým vyšetřením.

- rovněž přítomné bentické a fytofilní organismy, jako např. larvy fytofilních pakomárů, vodní plži a larvy hmyzu (např. larvy šidélek), byly pozorovány v průběhu celého sledovaného období a nejevily v průběhu opakované aplikace přípravku známky zjevného poškození. Přítomní pulci skokana zeleného zdárně metamorfovaly (rybníky č. 51 a 54). To potvrzuje závěr, že aplikace přípravku PTP neměla negativní vliv z hlediska ekotoxicity na vodní ekosystém.

- Při poloprovozních pokusech byl přípravek PTP aplikován do vody, jejíž kvalita odpovídala běžnému standardu rybniční vody (žádný ze sledovaných parametrů nedosahoval kritických hodnot). Za těchto podmínek, nebylo prokázáno negativní působení aplikovaného přípravku na fyzikálně chemické parametry kvality vody. Změny, které byly v pokusných rybníčcích zaznamenány, nevybočovaly z hodnot, které byly zjišťovány v kontrolních rybníčcích (rybníky č. 52, 53 a 45), kam nebyl přípravek aplikován.

- Při laboratorních pokusech nebyl prokázán vliv aplikace přípravku na kvalitu vody, ale nelze vyloučit, že přítomnost přípravku by se projevila až po opakované aplikaci v průběhu déletrvajících pokusů. Náznak pozitivního účinku aplikovaného přípravku bylo možno pozorovat v akváriu č. 2 (aplikováno 2 mg.l⁻¹ přípravku), kde po 48 hodinách po aplikaci došlo ke snížení koncentrace amoniakálního dusíku o 2 mg.l⁻¹ a k mírnému nárůstu koncentrace dusitanů, což naznačuje zahájení nitrifikačního procesu. Aplikace přípravku se průkazně neprojevila na koncentraci organických látek stanovených jako CHSK_{Mn}. Na tomto místě je třeba zdůraznit, že pozitivní vliv aplikovaného přípravku na zahájení nitrifikačního procesu by bylo třeba ještě ověřit dalším déle trvajícím pokusem. Ale i v případě, že by se tento závěr potvrdil, pro operativní použití by byl náběh procesu nitrifikace poměrně pomalý.

5. Přílohy (protokoly z chemické a mikrobiologické laboratoře Písek)