

Problematika trofizace vodárenských nádrží – realizace opatření na Brněnské údolní nádrži

Ing. Jiří PALČÍK, Ph.D., ASIO, spol. s r.o.
Ing. Jan MORONGA, Povodí Moravy, s.p.
Ing. Roman SLÁDEK, ASIO, spol. s r.o.

V průběhu roku 2010 byl spuštěn projekt Realizace opatření na Brněnské údolní nádrži. Přípravy tohoto projektu sahají až do roku 2006, kdy se zpracoval projekt Čisté povodí Svatky – realizace opatření I. etapy a následně v roce 2007 Studie proveditelnosti. V roce 2008 byla podána žádost o finanční podporu z Operačního programu Životního prostředí a během roku 2009 byla zpracována dokumentace pro zadávací řízení. Současně s touto administrativní a projekční činností, již však probíhala přípravná opatření jako letecké ošetření obnaženého dna vápenným hydrátem na podzim roku 2007, v únoru a listopadu 2008 a poslední v dubnu 2009. Téhož roku se také podařilo projednat mimořádnou manipulaci na vodním díle spočívající ve snížení hladiny o cca 10 m. Od června do září 2009 brázдила na snížené hladině loď se speciálním provzdušňovacím zařízením a technologií pro sběr biomasy. Samotný projekt byl zahájen již na běžné provozní hladině a to spuštěním provozu aeračních věží a zahájením ošetření přítoku do nádrže síranem železitým.

Neustále se zvyšující koncentrace fosforu v povrchových vodách řeky Svatky způsobila nadměrný růst sinic a tím proměnila koupací vodu Brněnské přehrady v zapáchající jezero. Na Brněnské přehradě dosáhla trofizace takové míry, že voda blízko u hladiny se podobala „vrstvě špenátu“. Koupací sezona na přehradě před rokem 2009 prakticky vůbec nezačala, protože voda na začátku prázdnin již nebyla vhodná ke koupání. Na základě těchto skutečností se přikročilo k již zmíněnému návrhu opatření, která měla přispět k obnovení přehrady jako koupacího místa pro město Brno. Popis opatření zahrnovala již „Studie proveditelnosti k realizaci opatření na Brněnské údolní nádrži“. Konkrétní návrh například opatření „Aerace“ vodní nádrže nebo opatření „Dávkování solí železa na vtoku do nádrže“ byl technicky zpracován až v realizační dokumentaci. Projekt je hodnocen dvěma kritérii a to snížením množství sinic v sedimentech o 50% a zvýšení koncentrace kyslíku 1,0 m nade dnem na 2 mg/l. Nutno podotknout, že se jedná o projekt, který nemá v celosvětovém měřítku obdoby. Soubor všech navržených opatření funguje úspěšně jako celek a nelze použít jednotlivá opatření odděleně.



Navržená opatření:

Vápnění

Mezi první opatření, které bylo realizováno na nádrži, bylo letecké ošetření obnažených břehů vápenným hydrátem. Cílem tohoto opatření bylo urychlení přirozené mineralizace organických sedimentů a redukce živin obsažených v sedimentech, tak aby se omezilo jejich využití sinicemi a dosáhlo se tak zlepšení hygienických podmínek v nádrži. Toto vápnění probíhalo vždy na sedimenty odkryté při pravidelném snížení hladiny v rámci běžné manipulace na vodním díle. Celková plocha aplikace byla závislá na výšce hladiny a tím ploše obnažených sedimentů. Na podzim roku 2007 proběhla první aplikace, další letecká aplikace se uskutečnila v únoru a listopadu roku 2008 a poslední pak v dubnu 2009. Aplikace vápenného hydrátu neměla negativní vliv na vodní ekosystém, na úhyn ryb a ani na rozvoj zooplanktonu.

Upuštění nádrže – letnění

V roce 2009 se podařilo projednat a schválit mimořádnou manipulaci na vodním díle, spočívající ve snížení hladiny o cca 10 m. Od června se začala snižovat hladina až na kótu 219,00 m n. m. a to rychlostí zhruba 30 cm za den. V toto období byla na hladinu spuštěna speciální loď vybavená provzdušňovacím zařízením a technologií pro sběr sinic.

Výměna rybí obsádky

Vzhledem ke snížené hladině v roce 2009 a z toho vyplývající zvýšené aktivitě rybářů a záchrannému transferu ryb v roce 2008, došlo k významnému snížení obsádky bílých ryb. Záchranným transferem bylo odvezeno zhruba 11 200 ks bílých ryb a tím se významně omezil vyžírání tlak planktonofágních ryb na zooplankton, který redukuje rozvoj fytoplanktonu. Do nádrže bylo navíc v roce 2010 a 2011 dodáno 4400 ks štik a 12500 ks candátů. Pro udržení vhodné rybí obsádky byl zabezpečen opakovaný odlov bílých ryb i v roce 2009 – 3500 ks, 2011 – 9000 ks a v roce 2012 – 3050 ks. V současné době

se provádí průzkum pro získání představ o složení rybího společenstva a jeho vývoji v následujících letech. Na základě tohoto průzkumu bude dále navrženo případné zarybnění dravými rybami či opětovný odlov bílých ryb.

Dávkování síranu železitého na vtoku do nádrže

Dávkování PIXu 113 (což je obchodní název pro 41procentní roztok síranu železitého) na vtoku do nádrže mělo za úkol vysrážet fosfor přitékající do nádrže z povodí nad nádrží. Tato aktivita má velkou důležitost, protože prostřednictvím nízké dávky síranu železitého bylo dosaženo snížení fosforečnanů až o 96%. Dávkování probíhalo kontinuálně od počátku května do konce září. Dávka síranu železitého se odvíjela od koagulačních testů a od nalezení optimální koncentrace síranu železitého v závislosti na snížení fosforu v toku a na vynaložených nákladech za chemikálie. Dávka PIXu byla též závislá na průtoku v řece, kde informace o průtoku byly přenášeny z limnigrafické stanice ČHMU, takže bylo možné reagovat téměř okamžitě zvýšenou dávkou koagulantu v závislosti na stoupajícím průtoku. Celý systém dávkování běžel v automatickém režimu s přenosem informací on-line přes GPS s vizualizací a možností ovládání manuálně nebo automaticky přes internet.

Projekt „Dávkování síranu železitého na vtoku do nádrže“ byl oceněn organizací IWA – Mezinárodní asociací pro vodu v mezinárodní soutěži – čestným uznáním.

Aerace

Aktivita aerace zajišťovala dostatečnou koncentraci kyslíku v celém vodním sloupci, konkrétně však v místech, kde dříve vznikalo bezkyslíkaté prostředí. Aeraci zabezpečuje 20 aeračních věží, z toho 5 věží vybavené aerátorem a 15 věží s míchacími čerpadly. Věže jsou rovnoměrně rozmístěny v polygonu, který odpovídá rozsahu jejich působnosti. Napájení věží je zajištěno ze stroje – kontejneru rozmístěných na břehu hlavního jezera přehrady. Ve strojovně je kromě rozvaděče s dotykovým panelem pro

manuální ovládání jednotlivých věží umístěn i kompresor. Kompresor slouží k zásobování aerátoru vzduchem. Pro kontrolu účinnosti aerace jsou zařazeny i kontinuální sondy pro měření koncentrace rozpuštěného kyslíku s přenosem dat. Veškeré ovládání aeračních věží (zapínání/vypínání) provádí operátor buď manuálně přímo na místě v jednotlivých kontejnerech, nebo vzdáleným přístupem přes internet. Řídicí systém umožňuje i přenos SMS zpráv při definovaných stavech jako je výpadek proudu, porucha jednotlivých věží, či narušení objektu kontejneru neznámou osobou.

Dávkování PAXu do vodního sloupce

Dávkování polyaluminiumchloridu ze speciální lodi je navrženo jako opatření na eliminaci dostupných živin a vysrážení sinic z vodního sloupce. Jednalo se o záložní aktivitu pro případ, že by se koncentrace sinic v nádrži výrazně zvýšila. V průběhu tří let byla koncentrace sinic tak nízká, že nebylo potřeba toto opatření spustit.

Sběr biomasy

Pro odstraňování biomasy vodního květu sinic z hladiny a zabránění jeho sedimentaci slouží technologie na principu mechanické separace. Technologie je založena na sběru biomasy z povrchu vodní hladiny a odseparování částic biomasy na mechanickém filtru. Opatření bylo navrženo jako záložní pro případ zvýšeného počtu buněk sinic přímo na vodní hladině. Sběr biomasy probíhal pouze několik dní v průběhu celých 3 let trvání projektu, jinak zásah speciální technologické lodi nebyl zapotřebí.

Monitoring

Monitoring je prováděn průběžně po celou dobu realizace projektu a je rozdělen do dvou částí. Kritéria projektu se sledují v základním monitoringu prováděném v intervalu 14 dní a to v podélném a zároveň i v příčném profilu od přítoku až pod hráz VD Brno. Do tohoto monitoringu jsou také zahrnuty všechny přítoky do nádrže. Jsou sledovány fyzikálně-chemické ukazatele jakosti vody, kvantitativní a kvalitativní složení fytoplanktonu a zooplanktonu, chlorofyl, vliv aplikovaných přípravků na biotu (ryby) a jakost vody na koupacích místech. Čtyřikrát do roka je prováděn monitoring sedimentu v podélném profilu nádrže. Druhou částí monitoringu je sledování chemického a ekologického stavu povrchové vody v rámci aplikačních opatření jako je srážení fosforu na přítoku síranem železitým. Tato část monitoringu je prováděna jednou týdně.

Výsledky tříletého provozu

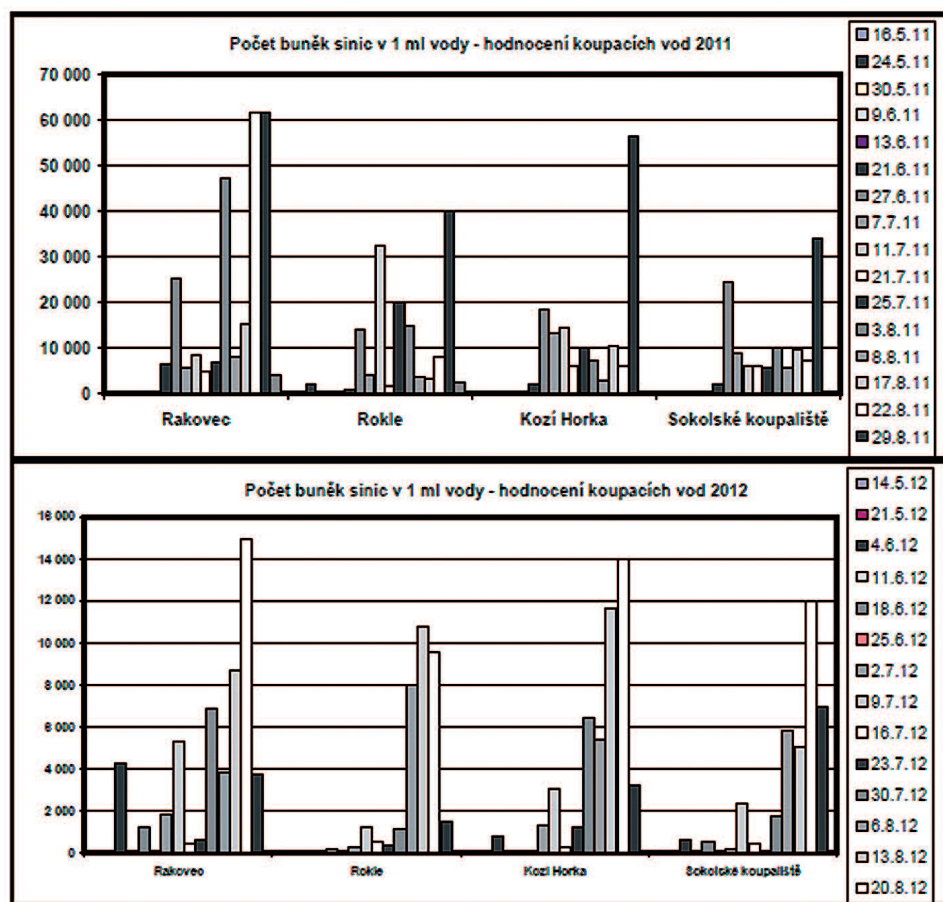
Z výsledků monitoringu je zřejmé, že Brněnská přehrada je po víceletém průběhu opatření proti sinicím z biologického i rekreačního hlediska ve zlepšeném stavu. Tento stav je evidentní na hodnocení koupacích vod,

kteří pravidelně provádí Krajská hygienická stanice ve čtyřech lokalitách nádrže. Před spuštěním projektu byl každý rok během letní sezony vydán zákaz koupání – hodnocení 5. Během projektu se hodnocení výrazně změnilo a nejčastější známkou byl stupeň číslo 1. Při srovnání fytoplanktonu je zásadní především

změna kvality společenstva. Do roku 2008 byly sinice vždy dominantou fytoplanktonu a jejich biomasa překračovala hygienický limit. Od roku 2009 dominanci převzaly rozsivky a sinice jsou zastoupeny pouze minoritně. Tento rozdíl je snadno hodnotitelný také laicky pouhým okem.

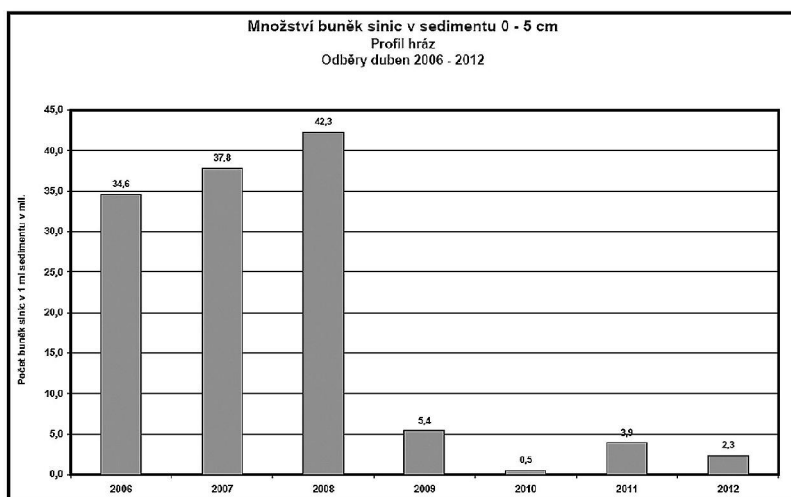
Tabulka 1. Hodnocení koupacích vod podle Krajské hygienické stanice v lokalitě Kozí Horka v letech 2005 až 2012

Lokalita Sokolské koupaliště – během projektu									
Datum	14. 5.	4. 6.	11. 6.	25. 6.	9. 7.	23. 7.	6. 8.	20. 8.	27. 8.
2012	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Datum	16. 5.	30. 5.	13. 6.	27. 6.	11. 7.	25. 7.	8. 8.	22. 8.	29. 8.
2011	1	1	1	3	3	1	2	2	3
Datum	24. 5.	31. 5.	14. 6.	28. 6.	12. 7.	26. 7.	9. 8.	23. 8.	
2010	1	2	1	3	2	1	1	3	
Lokalita Sokolské koupaliště – před projektem									
Datum	2. 6.	30. 6.	11. 7.	21. 7.	28. 7.	4. 8.	11. 8.	18. 8.	25. 8.
2008	1	1	5	5	5	5	5	5	5
Datum	4. 6.	18. 6.	2. 7.	9. 7.	19. 7.	23. 7.	30. 7.	13. 8.	27. 8.
2007	1	1	3	3	5	3	3	3	4
Datum	29. 5.	12. 6.	26. 6.	10. 7.	17. 7.	31. 7.	7. 8.	21. 8.	4. 9.
2006	3	3	3	4	5	4	4	4	5
Datum	30. 5.	13. 6.	22. 6.	7. 7.	11. 7.	20. 7.	8. 8.	22. 8.	1. 9.
2005	1	1	3	3	3	5	5	5	5



Obrázek 1. Počet buněk sinic v 1 ml vody

Jako další ukazatel výrazného zlepšení stavu nádrže je množství buněk sinic v sedimentu oproti sezonám před realizací projektu. Množství inokula sinic v sedimentech se snížilo zhruba o 90 %, viz obr. 1, což je jedno z kritérií projektu, kde podmínkou je snížení o min. 50 % buněk sinic.

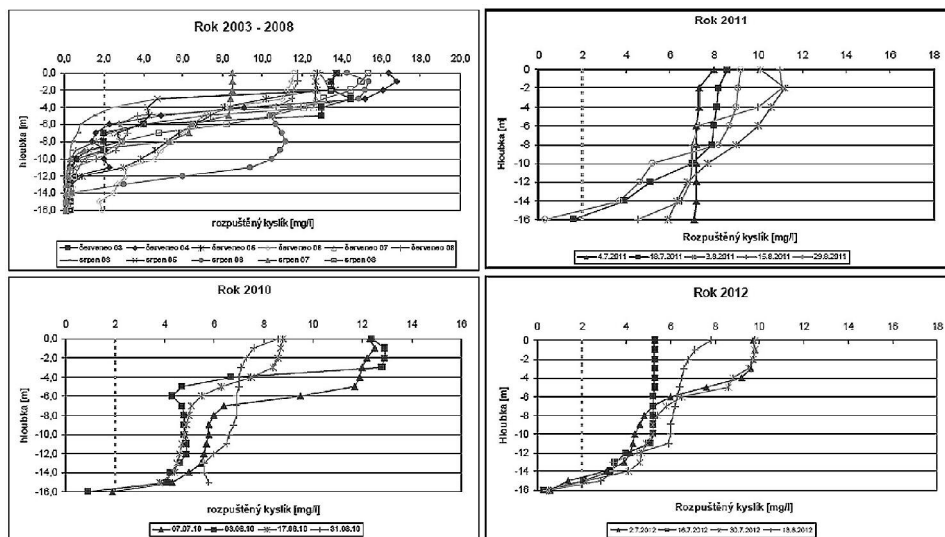


Obrázek 2. Množství buněk sinic v sedimentu

Druhým kritériem projektu je zvýšení koncentrace kyslíku 1,0 m nade dnem na 2 mg/l a to formou aerace. Data z měření poukazují na ovlivnění, která se projevují zvýšenými teplotami vody u dna nádrže a to o cca 2–4 °C vyšší teploty než v letech minulých. Teplotní rozdíl mezi hladinou a dnem byl do roku 2008 zhruba 6–14 °C v letních měsících a během projektu se rozdíl pohyboval v intervalu 1–7 °C. Průběh stratifikace kyslíku je také rozdílný, během projektu byl pozvolnější a hodnoty koncentrací kyslíku jsou zvýšené. V profilu Hráz, s max. hloubkou nádrže 16 m, se před rokem 2008 koncentrace kyslíku pravidelně snižovala téměř na hodnotu anoxie již v hloubce 10–12 m. Od roku 2010 je v hloubce 15 m (1 m nade dnem) průměrná hodnota koncentrace kyslíku 3,7 mg/l.

Tabulka 2. Průměrné hodnoty koncentrace kyslíku 1 m nade dnem měřené v červenci a srpnu příslušného roku

profil / rok	2010	2011	2012
profil hráz	Ø 4,1 mg/l	Ø 4,7 mg/l	Ø 2,2 mg/l
profil střed	Ø 6,6 mg/l	Ø 5,0 mg/l	Ø 4,0 mg/l
profil Sokolské koupaliště	Ø 6,5 mg/l	Ø 5,8 mg/l	Ø 4,7 mg/l



Obrázek 3. Koncentrace kyslíku v profilu Hráz v letech 2003–2012

V rámci monitoringu byla prokázána dobrá účinnost srážení fosforečnanů na přítoku do nádrže a to 90–96 % v závislosti na velikosti dávky 20–60 mg/l síranu železitého. Ze sledovaných změn různých forem fosforu vyplývá, že v úseku nádrže od dávkování po Mečkov (cca 1 km pod srážením) dochází ke snížení koncentrací fosforu, což odpovídá mechanismu sedimentace železitých částic. Na lokalitě Mečkov vzrostla koncentrace celkového železa na 1,5 mg/l ve všech hloubkách. Železo rovnoměrně vyplnilo celé koryto a velmi dobře sráželo fosfor. Dále po toku již koncentrace železa klesala, tak jak probíhala sedimentace pevných částic a do hlavního jezera se již žádné měřitelné železo nedostávalo.

Zhodnocení a závěr

Závěrem lze konstatovat, že i přes původně pesimistické prognózy se projekt již 3 roky zdárně vyvíjí. Jak již bylo na začátku zmíněno, jedná se o ojedinělý projekt kombinace několika opatření, které fungují pouze jako jeden celek – nikoliv samostatně. Tříletý provoz prověřil jak rok suchý, tak vodný i z hydrologického hlediska tzv. běžný rok. Cíl projektu byl úspěšně dosažen a došlo k naplnění obou kritérií projektu.

Výměna bílé ryby za dravce měla za následek zamezení rozrývání dnových sedimentů a tím zamezení uvolňování látek ze sedimentů do vodního sloupce. Podporou populací dravých druhů ryb, které kontrolují biomasu drobných planktonofágních druhů ryb, došlo ke snížení jejich vyžíracího tlaku a umožnění rozvoje populací filtrujícího zooplanktonu, který účinně omezuje rozvoj fytoplanktonu.

Aerace zajistila dostatečné prokysličení celého objemu (cca 12 mil m³) hlavního jezera nádrže. Prokysličení úspěšně obstálo i v extrémně suchém a teplém roce 2012.

Dávkování síranu železitého na vtoku do nádrže se zdá být velmi užitečnou metodou snižování fosforu v nádržích potažmo v tocích. Je to jedno z možných řešení managementu nádrže z hlediska snižování koncentrací fosforu z bodových a liniových zdrojů. Jak ukazuje projekt – je toto řešení i vysoce účinné – až 96 % – účinnost odbourání fosforečnanů. Toto řešení samozřejmě ani v nejmenším nezabavuje povinnosti větších čistíren odpadních vod srážet fosfor na odtoku z ČOV. Následně pak by také mělo být i nadále dbáno na snižování vnosu fosforu do řeky z liniových zdrojů znečištění.

Klíčová slova: sinice; opatření; aerace; fosfor

Tento článek byl již v plném znění publikován ve sborníku k seminářům ASIO, spol. s r.o. „Pitná voda – novinky a souvislosti ... aneb What's NEW? N-nutrients; E-energy; W-water“.



Obrázek 4. Loď pro dávkování koagulantu (přístrojové vybavení pro optimalizované dávkování)