

KONFERENCE VODNÍ NÁDRŽE 2012

26.–27. září 2012

Generální partneři:



Odborní partneři:



Mediální partner:



Partneři:



Členové odborné komise:

Prof. RNDr. Jaroslav Vrba, CSc., Česká limnologická společnost

RNDr. Jindřich Duras, Ph.D., Česká limnologická společnost

Doc. Ing. Josef Hejzlar, CSc., Biologické centrum Akademie věd ČR, v. v. i.

RNDr. Jakub Borovec, Ph.D., Biologické centrum Akademie věd ČR, v. v. i.

Prof. Ing. Miloš Starý, CSc., Vysoké učení technické v Brně

Mgr. Pavel Rosendorf, Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, v.v.i.

Prof. Ing. Blahoslav Maršálek, CSc., Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny

Doc. Ing. Robert Pokluda, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně

Mgr. Dušan Kosour, Povodí Moravy, s.p.

Vydavatel: Povodí Moravy, s.p., Dřevařská 11, 601 75 Brno

1. vydání, 2012, 150 výtisků

Editor: Mgr. Dušan Kosour

Citace: Vodní nádrže 2012, 26.–27. září 2012, Brno, Česká republika, Kosour D. (Edit.), str. ...

Water reservoirs 2012, September 26.–27. 2012, Brno, Czech Republic, Kosour D. (Edit.), p. ...

Tisk a grafická úprava: Fiala, reklamní a tiskové služby, Brno

Za jazykovou úpravu a obsah příspěvků zodpovídají autoři.

OBSAH

Současný pohled na úlohy vodních nádrží <i>P. Punčochář</i>	5	Jaké riziko představují rybníky v procesu eutrofizace vodních nádrží <i>J. Potužák, J. Duras</i>	68
Operativní řízení vodních nádrží v průběhu povodňových situací <i>M. Starý, P. Doležal, L. Březková, L. Jaroš</i>	9	Transport fosforu pohledem standardního monitoringu – co nám chybí? <i>D. Fiala</i>	73
Předpovědní povodňový systém Morava – Dyje <i>H. Randová, V. Krejčí</i>	17	Kontinuální in situ monitoring kvality vody – základ kvalitních dat pro kvalitní rozhodování <i>B. Maršálek, E. Maršálková, L. Straková, M. Lagová</i>	74
Vodní nádrže a manipulace na nádržích ve správě Povodí Moravy, s.p. <i>M. Viskot</i>	23	Stanovení ochranných pásem vodních zdrojů po velké novele vodního zákona. Poznatky z praxe, zpracování návrhů OP, vliv na činnost OP. <i>J. Novák, P. Oppeltová</i>	79
Analýza nejistot stanovení průtoků ve složitě vodohospodářské soustavě <i>K. Drbal</i>	29	Ochranná pásma vodních zdrojů a vodárenských nádrží a nezbytná novelizace právních předpisů <i>J. Nietscheová</i>	83
Vliv nejistot členů reálné průtokové řady průměrných měsíčních průtoků na vypočtené hodnoty zásobního objemu nádrže <i>D. Marton, M. Starý</i>	35	Ochranná pásma nádrží Povodí Labe, státní podnik <i>L. Rederer</i>	85
Vodohospodářské a environmentální funkce vodních nádrží <i>V. Broža</i>	39	Sledování pesticidů ve vodárenských nádržích a tocích ve správě Povodí Labe, státní podnik <i>J. Schovánková, M. Ferenčík, S. Stojanová</i>	89
Jak stanovit kritéria dobrého ekologického potenciálu pro vodní nádrže z pohledu eutrofizace? <i>P. Rosendorf, J. Duras, J. Hejzlar</i>	42	Snížení eutrofizace v povodí VN Slezská Harta <i>L. Sýkora, R. Hanák, J. Duras</i>	93
Hodnocení ekologického potenciálu nádrží ve druhém kole plánů povodí <i>J. Hejzlar, J. Borovec, J. Kubečka, J. Matěna, J. Duras</i>	51	Příspěvek o kvalitě nádrží v Sasku, eutrofizace, stav povodí nádrží z hlediska fosforu <i>R. Sudbrack</i>	98
Sukcese rybích společenstev z hlediska ekologického potenciálu údolních nádrží <i>J. Kubečka, P. Blabolil, M. Říha, D. Boukal, J. Peterka, T. Jůza, M. Prchalová, M. Čech, V. Draštík, J. Frouzová, M. Muška, M. Kratochvíl, J. Matěna, M. Tušer, M. Vašek</i>	52	Rtuť na přítoku do VD Skalka – vyhodnocení a návrhy opatření <i>V. Zahrádka, J. Hönig</i>	104
Zdroje splavenin v povodích a jejich eutrofizační potenciál <i>J. Krása, B. Janotová, M. Bauer, T. Dostál, P. Rosendorf, J. Hejzlar, J. Borovec</i>	53	Projekt „Čisté povodí Svatky“ <i>A. Dáňová</i>	107
Eutrofizační potenciál erozních částic v nádržích <i>J. Borovec, J. Jan, J. Hejzlar, J. Krása, P. Rosendorf</i>	57	Realizace opatření na Brněnské údolní nádrži <i>J. Moronga, R. Sládek, J. Palčík</i>	109
Vliv vnějšího a vnitřního zatížení fosforem na eutrofizaci nádrží ČR <i>J. Hejzlar, J. Borovec, J. Krása, P. Rosendorf</i>	62	Posterová sekce	
Snížování odtokových koncentrací fosforu v boji proti eutrofizaci toků je i u malých ČOV akceptovatelným, snadno a jednoduše řešitelným požadavkem <i>J. Foller</i>	63	Kvalita sedimentov vybraných vodných nádrží na Slovensku <i>P. Hucko</i>	114
		Společná opatření v oblasti ochrany vod na hraniční řece Dyji <i>M. Viskot</i>	118

SOUČASNÝ POHLED NA ÚLOHY VODNÍCH NÁDRŽÍ

Pavel Punčochář¹

¹Vrchní ředitel sekce vodního hospodářství, Ministerstvo zemědělství,
Těšnov 17, 117 05 Praha 1 tel. 221812362, pavel.puncochar@mze.cz

Abstrakt

Článek shrnuje historický vývoj vodních nádrží (zejména přehradních nádrží) v České republice a přináší údaje o jejich počtu, využívání, významu pro zajištění vodních zdrojů a také o změnách způsobených struktuře i funkci ekosystémů vodních toků.

Klíčová slova: Vodní zdroje – přehradní nádrže – povodně – sucha – vodní ekosystémy.

Abstract

The historical development of reservoirs (man-made lakes, namely deep-valley reservoirs) in the Czech Republic is presented and there are given data on their numbers, use and importance for water resources and also on consequences for structure and functioning of water ecosystems.

Key words: Water resources – man-made lakes – floods – droughts – water ecosystems.

Úvod

Význam vodních nádrží pro vodní zdroje v České republice je evidentní – prakticky veškerá voda z území odtéká a disponibilní vodní zdroje jsou závislé výhradně na atmosférických srážkách. V důsledku rozkolísanosti srážek dochází k výskytu hydrologických extrémů – povodní a sucha – což historicky vedlo k výstavbě vodních nádrží, které tyto výkyvy vodního režimu umožňovaly vyrovnávat a tedy tlumit jejich nepříznivý dopad. Krom toho akumulované vody posilují omezené disponibilní vodní zdroje, neboť v evropském kontextu patří Česká republika do skupiny zemí s omezenými zdroji vody, jak vyplývá z přehledu na obr. 1. Podnětem k zahájení výstavby přehradních nádrží byla právě poptávka po stabilních vodních zdrojích, nezbytných pro průmyslový rozvoj v 18. století – kdy vznikaly manufaktury.

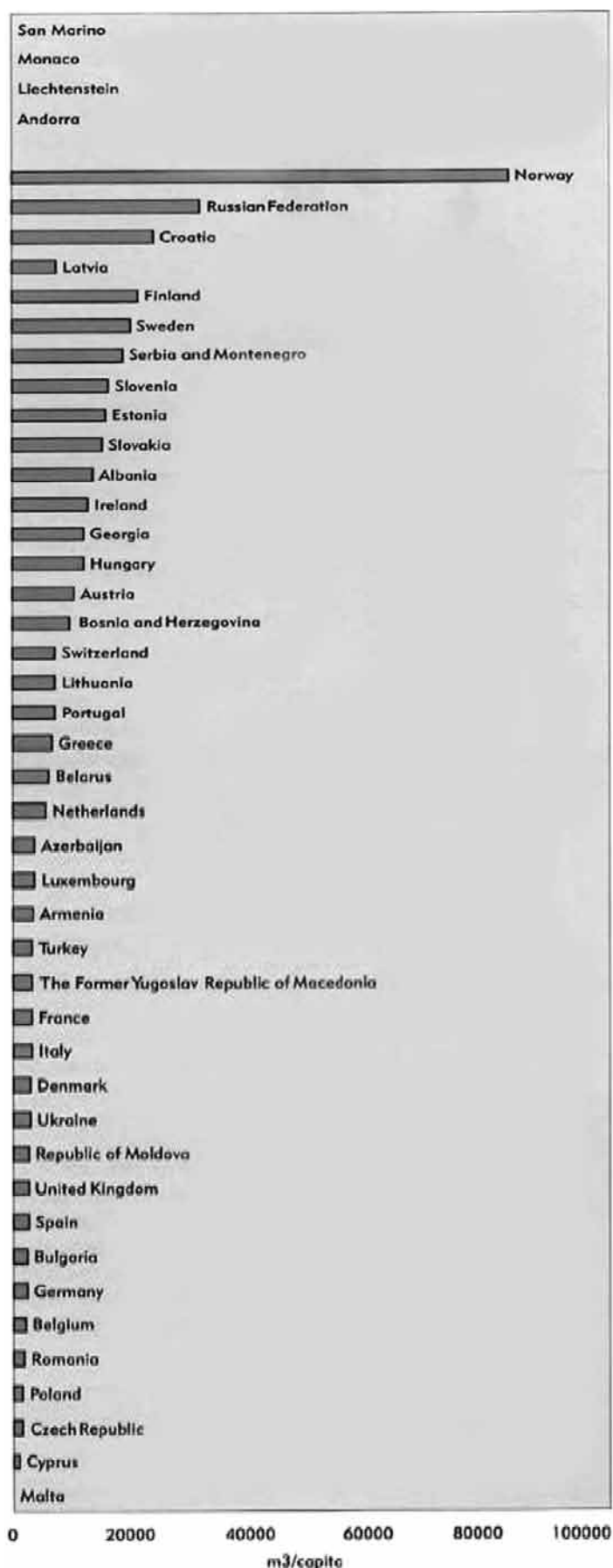
Do r. 1918 bylo na území České republiky postaveno 19 přehrad (odpovídajících v podstatě kritériím používaných v současnosti v souladu s podmínkami ICOLD – Mezinárodní komise pro velké přehrady). Po katastrofě protřetí přehrady Bílá Desná byla výstavba na určité období utlumena, nicméně potřeba zajistit trvale dostatek vody vedl k dalšímu rozvoji výstavby od třicátých let mi-

nulého století, který vyvrcholil v letech 1945–1990, kdy bylo postaveno cca 80 přehradních nádrží jak uvedl Plecháč /1/.

I když v současnosti není nedostatek vody zásadním problémem České republiky (regionální sucha s dopadem na zemědělství ovšem nelze zanedbat), je možné v budoucnosti očekávat nedostatek vodních zdrojů v důsledku rozkolísanosti srážek, jak vyplývá s výsledků různých scénářů vývoje změny klimatu. Je proto na místě nejenom uplatňovat úspěšné využívání vodních zdrojů, posilovat retenci vody v krajině, optimalizovat manipulaci na stávajících vodních dílech a korigovat režimy víceúčelového využívání stávajících přehradních nádrží, ale rovněž připravit další možnosti akumulace vody v povodích i s ohledem na možnosti posílení odběrů pro zemědělství a energetiku v případě pravidelného a delšího období sucha.

O významu vody pro život pojednávají každoročně stovky článků a sdělení celosvětově publikovaných u příležitosti Světového dne vody, kterým se stal 22. březen.

Nezastupitelnost vody pro rozvoj civilizace, hospodářský růst a kvalitu života lidské populace dokumentují dochované důkazy o existenci přehradních nádrží v době předkřesťanské – viz publikace profesora Votruby /2/. Z uvedených důvodů nelze např. v současném „vodním blahobytu“, který blahosklonně vnímáme (mimořádně proto, že existuje dostatečný objem akumulací vody ve stávajících nádržích), nepodcenit péči o zajištění budoucích vodních zdrojů. Vždyť při naplnění „průměrného scénáře“ dopadu změny klimatu na našem území by – i při všech pravděpodobnostních nejistotách – nebylo 40–70 % povolených odběrů povrchových vod v našich povodích pokryto. Je příznačné, že jedinou výjimku by tvořilo povodí Odry, kde by díky správě nádrží ve státním podniku Povodí Odry byly deficity srážek eliminovány díky propojení a funkci vodohospodářských soustav existujících přehradních nádrží. Podobně lze také doložit, že období nízkých srážkových úhrnů v letech 1993–4 se nijak podstatně neprojevovalo na dodávkách pitné vody tam, kde vodárenské zdroje tvořily přehradní nádrže a dosvědčuje to příklad největší vodárenské nádrže Švihov na řece Želivce, která i přes pokles hladiny o cca 13 m trvale poskytovala potřebné množství vody pro zásobení Středočeského regionu a Prahy. Domnívám se, že není významnějšího argumentu o tom, co přehradní nádrže znamenají pro zabezpečení vodních zdrojů v České republice.



Obr. 1. – Dostupnost disponibilních vodních zdrojů v uvedených státech v m³ na 1 obyvatele (podle prezentace EEA – World Water Forum, Istanbul, 2009).

Současnost a budoucnost přehradních nádrží v České republice

Současný stav významných (= velkých) vodních nádrží v České republice charakterizují údaje v Tab. 1 a 2, které svědčí o tom, že se v posledních 20ti letech jejich počet prakticky nezměnil. Uvedené údaje vycházejí z původního Směrného vodohospodářského plánu a jsou díky práci VÚV TGM v. v. i. publikovány ve Vodohospodářských věstnících /3/. Nádrže vykazované jako významné splňují několik základních kritérií (ovladatelný objem nad 1 mil. m³ a charakteristiky vymezené Mezinárodní komisí pro velké přehrady), což v oblasti uvádění počtů nádrží v ČR dělalo a dělá poněkud problémy.

Tabulka 1. – Počty nádrží na území české republiky. (Výčet se – s ohledem na různé změny ve výkazech počtu „významných“ nádrží v průběhu let – v různých letech i publikacích lišil. Proto jsou uvedeny použité zdroje (^x údaje z publikace Plecháče /2/, ^{xx} údaje z Věstníků /3/).

Počet	1950 ^x	1970 ^x	1995 ^{xx}	2009 ^{xx}
Povodí Labe	12	15	40	37
Povodí Vltavy	36	48	43	45
Povodí Ohře	8	22	29	32
Povodí Odry	2	10	11	13
Povodí Moravy	17	22	39	38
Celkem	75	117	162	165

Tabulka 2. – Objemy vody akumulované v existujících významných vodních nádrží (údaje vztaženy k nádržím uváděným v Tab. 1 a čerpáno ze stejných zdrojů).

Objem mil. m³	1950 ^x	1970 ^x	1995 ^{xx}	2009 ^{xx}
Povodí Labe	61,8	148,4	102,0	176,2
Povodí Vltavy	119,8	1 514,1	1 832,5	1829,0
Povodí Ohře	25,5	427,2	526,3	525,5
Povodí Odry	3,2	153,3	168,9	380,5
Povodí Moravy	175,1	246,3	439,4	431,6
Celkem	385,4	2 489,3	3 069,1	3 342,8

K uvedeným počtům těchto uváděných velkých (významných) nádrží je třeba ještě připojit existenci řady dalších – zejména 523 nádrží, které byly v minulosti ve správě Zemědělské vodohospodářské správy (t. j. před r. 2011). Ovšem jejich celkový objem představuje cca 34 mil. m³, tedy cca 1% celkového objemu nádrží „významných“. Rovněž je třeba zmínit existenci více než 23 000 rybníků, z nichž některé (např. Rožmberk a řada dalších s velikostí nad 50 ha) svojí rozlohou a zejména objemem převyšují uváděné „malé“ nádrže. Všechny tyto akumulované objemy vod v řadě případů plní pozitivní lokální funkce – zejména při zadržení přívalových povodní.

Při ohlédnutí do historie je ovšem nutné uvést, že oproti situaci v 17.–18. století počet rybníků klesl přibližně na 1/3 ! Určitou inventuru zaniklých rybníků provedly na požádání Ministerstva

zemědělství s. p. Povodí a výsledkem jsou velmi překvapivé údaje v Tab. 3. K důvodům zanikání (rušení) rybníků nepatří pouze snaha o rozšíření zemědělské půdy, ale také výrazný pokles zájmu o ryby v potravinové skladbě obyvatel (údajně protestovalo obyvatelstvo proti opakování rybích pokrmů v jednom týdnu a zejména proti poskytování ryb jako „naturálií“ za provedené práce pro šlechťu a také církvi).

Tabulka 3. – Údaje o zaniklých rybnících v území jednotlivých povodí (dle zjištění státní podnik Povodí v r. 2012).

	Počet zaniklých rybníků
Povodí Vltavy, s. p.	837
Povodí Labe, s. p.	1 646
Povodí Ohře, s. p.	422
Povodí Odry, s. p.	95
Povodí Moravy, s. p.	1927
Celkem	4 927 (10 654,9 HA)

Z uvedeného počtu nádrží je vymezeno 45 pro vodárenské využití, tedy s jasným upřednostněním zajištění vody pro zásobování obyvatel pitnou vodou a ostatní možné funkce – např. zachycení povodňových průtoků jsou spíše doplňkové. Lze je však aplikovat v případech povodňových nebezpečí, kdy závisí možnosti předvypouštění na předpovědích odtoků a srážkových úhrnů – a ovšem s jistotou, že uvolněný objem bude opět určitě doplněn.

Všechny podmínky pro využívání a funkci přehradních nádrží obsahují manipulační řady, ve kterých je jasně stanoveno pokrytí účelů nakládání s akumulovanou vodou, neboť údolní přehradní nádrže mají převážně víceúčelové využití, K nim patří zejména:

- Odběry vody (dle povolení vodoprávních úřadů)
- Povodňová ochrana
- Výroba elektrické energie (existují rovněž nádrže s dominující funkcí energetického využití)
- Nadlepšování průtoků (k udržování odpovídajících poměrů ředění vypouštěných odpadních vod do recipientů pod nádržími)
- Zajišťování minimálního odtoku (k naplnění „ekologických“ průtoků)
- Podpora plavby (nadlepšení plavebních hloubek na vodních cestách v ČR i mezinárodně)
- Rekreační (vodní sporty)

Projednávání a schválení (přijetí) manipulačních řádů řídí vodoprávní úřady a jde o velmi složitý proces, ve kterém je nutné přijmout takové manipulace, které přiměřeně naplní rozhodující účely a funkce vodních děl. Není proto divu, že vyjednávání trvá dlouho a navíc se musí uvažovat se změnami, ke kterým z posunu využívání zájmů dochází. To vše za stávajících podmínek jednak sledování (monitoringu) průtoků, srážkových úhrnů a 48 hod. předpovědi z Českého hydrometeorologického ústavu – což jsou v posledních 15ti letech nejsledovanější údaje s ohledem na zvýšený výskyt povodní.

V obecném pohledu lze konstatovat, že následkem snížení spotřeby vody resp. jejích odběrů je situace našich vodních zdrojů

stabilizovaná /4/ – samozřejmě s výjimkami pro některé lokální nebo regionální problémy s pokrytím požadovaných odběrů při delším výpadku srážek. Zde lze jmenovat např. vodárenské zdroje pro Hradec Králové, situaci na Rakovnicku a cca 10 % obyvatelstva, které nemá napojení na veřejný vodovod s dostatečně zajištěným vodním zdrojem. Naštěstí lze i v těchto případech většinou nedostatky překlenout propojením vodárenských nebo vodohospodářských soustav.

Méně povzbudivý pohled by se ovšem nabízel do budoucna nejenom v případě dopadů tzv. změny klimatu, ale i případech výskytu výraznějších a delších období sucha – a to v rámci běžného kolísání klimatických podmínek.

Zatímco prevenci povodní je od r. 1997 věnovány trvale pozornost, diskuse o suchu a jeho dopadech se objevují pouze občas – a to ještě s orientací na tzv. zemědělské sucha (s lokálním výpadkem srážek) a nikoliv na možné dopady sucha hydrologického, které by zásadním způsobem ovlivnilo disponibilní vodní zdroje – jak zmíněno již v úvodu.

Není pochyb o tom, že jak k zachycení povodní, tak k překlenutí sucha jsou přehradní nádrže zásadním vodohospodářským nástrojem – bohužel však nyní pod silnou kritikou ochránců přírody a části ekologických iniciativ. Odpor k výstavbě (a dokonce návrhy na destrukci stávajících) přehrad je zdůvodňován tím, že „máme přehradních nádrží dostatek“ a zejména nepříznivými dopady na vodní ekosystémy tekoucích vod. Přehrad bezpochyby přerušují říční kontinuum, což přináší změnu odtokového režimu, teplotního režimu, zastavení volných migrací vodních organismů, změnu splaveninového režimu – nicméně vedou k vytvoření zcela nového biotopu, který nabízí jiné struktury a funkce vodních ekosystémů, o nichž přece nelze tvrdit, že nemají přírodní charakter a neposkytují prostor rovněž pro oživení, které je často ceněno jako biologicky významné a často je zařazeno i do systému „Natura“ dle „acquis communautaire“. Není na škodu zde uvést srovnání s počty přehradních nádrží a jejich vývojem v několika dalších, hospodářsky silných zemích EU. (viz. Tab. 4, sestavená výběrem z publikace Přehrad v České republice 2010 – /5/)

Tabulka 4. – Přehled vývoje výstavby významných přehradních nádrží v Evropě (výběr z publikace /7/).

Stát	DO R. 1900	1900–49	1950–59
Německo	15	78	34
Rakousko	–	28	30
Francie	35	99	75
Španělsko	52	207	159
ČR	13	30	13
Stát	1960–69	1970–79	1980–89
Německo	49	76	48
Rakousko	25	26	29
Francie	90	93	96
Španělsko	211	195	189
ČR	23	23	11

Lze tedy uvést, že vytvoření „biotopů stojatých vod“ tam, kde by mohly být „biotopy tekoucích vod“ – torrentilní, lotické) zůstává bezpochyby problémem k diskusím. Je otázkou, zda zabránění těmto změnám má ohrožit dosažitelnost udržitelných vodních zdrojů pro lidskou potřebu. Potud určitý návod přináší mj. Rámcová směrnice vodní politiky (2000/60/ES) a rovněž určitý posun v náhledu na adaptační opatření k omezení případných dopadů změny klimatu., se kterými přichází v posledním roce Evropská komise. Jde o možnost tzv. kompenzačních nástrojů, kdy je třeba posílit pozitivní změny na jiných lokalitách než těch, které jsou zásluhou do vodního (odtokového) režimu nepříznivě ovlivněny tam, kde dostatek vodních zdrojů nelze zajistit jiným způsobem.

Domnívám se, že je na místě uvést, jak výzkum vodních ekosystémů v přehradních nádržích v Československu patřil ke světovým průkopnickým limnologickým přínosům o funkci těchto nově vytvářených vodních ekosystémů. Od šedesátých let minulého století byla prováděna podrobná studia díky Hydrobiologické laboratoři Československé akademie věd (pokračovatelem je nyní Hydrobiologický ústav AV ČR v Českých Budějovicích) na řadě našich vodních nádrží (Vltavské kaskády, Klíčavě – viz /6/), kterou světová vědecká veřejnost vysoce oceňovala. Zejména objev přímého vlivu rybí obsádky na fungování biocenózy ve vodním ekosystému nádrží bylo oceněno v celém světě a dodnes je – nejenom u nás – uplatněno ve vodárenských nádržích jako „řízená rybí obsádka“ (dravých ryb, které potlačí plevelné populace ryb a tím dovolí kontrolu zooplanktonu nad fytoplanktonem – i v případech, kdy by úroveň živin umožnila vysoký rozvoj řas a sinic ve vodním sloupci). Krom toho zmíněný Hydrobiologický ústav AV ČR pokračuje k praktickým aplikacím výzkumné činnosti – zejména v případech k omezení eutrofizace (limitování zátěže sloučeninami fosforu) a v neposlední řadě také nabídkou rozboru rybí obsádky v nádržích a doporučení biomanipulací tam, kde je snaha udržet převahu dravých ryb

Není také pochyb o tom, že vývoj jakosti vody v nádržích (zejména vnos nutričních a výskyt stopových, prioritních polutantů – zejména pesticidů) spolu se zanášením sedimenty představují stále aktuální problémy, které je třeba racionálně a ekonomicky přijatelným způsobem řešit. V tomto ohledu jsou výstupy vědeckých a výzkumných institucí nezastupitelné a je třeba vést jejich zaměření skutečně praktickým, reálným směrem. Tím, že se do konkrétních projektů přímo zapojují.

Z hlediska zajištění množství jsou ovšem, jak jsem opakovaně dokumentoval, přehradní nádrže pro vodní zdroje České republiky nezastupitelné a v případě nepříznivého vývoje klimatu je nezbytné počítat s nutným zvýšením jejich počtu /7/. Proto v rámci předběžné opatrnosti byl zpracován a v loňském roce po několikaletém úsilí Ministerstva zemědělství přijat Generel lokalit pro akumulaci povrchových vod, podepsaný oběma rozhodujícími ministry – zemědělství a životního prostředí. Přináší seznam jedinečných, vhodných lokalit, kde by bylo možné v případě nutnosti (za 30–50 let, pokud by stávající vodní zdroje nestačily) umožnit výstavbu přehradních nádrží k posílení akumulace vod na našem území. Východiskem byly podklady ze Státního (a později Směrného vodohospodářského plánu – z r. 1975), který byl v platnosti až do přijetí Plánu hlavních povodí České republiky v r. 2006 /8/. Z původně uvažovaných (a studovaných) 456 lo-

kalit bylo v r. 1983 vyřazeno 253 lokalit a při zahájení diskusí o sestavení „Generelu“ bylo navrženo hájit 185 lokalit. Soustředěným tlakem ochránců životního prostředí (podpořeného lokálními zájmy měst a obcí s ohledem na prosazování plánů jejich územního rozvoje) nakonec bylo schváleno 65 lokalit, které jsou předmětem územního hájení. I tak je několik z nich dále kritizováno z hlediska místních samospráv a probíhá tlak na jejich vyřazení při jednání o územních plánech. Naopak je potěšitelné, že několik Krajů zhruba stejný počet lokalit hodlá hájit nad rámec uvedeného počtu v Generelu.

Co dodat na závěr – v současnosti jsou v procesu plánování podle Rámcové směrnice vodní politiky uvažovány jediné nádrže k ochraně před povodněmi. Jde o nádrž Nové Heřminovy, jejíž realizaci po více než 10letém diskutování s místními občany, odsouhlasila vláda ČR a probíhá diskuse o nádrži (nebo spíše poldru) Mělníky. Zda bude nutné v budoucnu vytvořit větší akumulace následkem nedostatku vodních zdrojů – pak jsme připraveni díky Generelu. Pro uvedené realizace i tak bude třeba zapojit všechna odvětví hospodářství – zejména energetiku, vodárenství – a to včetně ekologicky orientovaných subjektů, neboť stále není zodpovězena otázka, kolik vody bude třeba také pro vodní ekosystémy v případě, že dojde k nepříznivému vývoji klimatu a pokles průtoků ve vodních tocích by devastoval stávající (chráněné) biocenózy.

Závěr

Význam akumulace vody na území České republiky je evidentní – jak zadržením vody v území, tak (a to především) akumulací ve vytvořených nádržích, ať současných nebo realizovaných v důsledku nezbytnosti v budoucnu. Budoucnost je závislá na vývoji klimatu a také na způsobu hospodaření se stávajícími vodními zdroji, kdy úspory v jejich využívání jsou již značně vyčerpány. Plánování v oblasti povodí a zejména Generel lokalit pro akumulaci povrchových vod jsou zásadními strategickými materiály pro adaptační opatření v rámci předběžné opatrnosti, které vytvářejí prostor pro budoucí zajištění udržitelnosti využívání vodních zdrojů v ČR.

Literatura

- /1/ Plecháč, V. (1999): *Vodní hospodářství na území České republiky, jeho vývoj a možné perspektivy*. EVAN (Praha) 248 s.
- /2/ Votruba, L. (2002): *Nejstarší přehrady doby předkřesťanské*. Ministerstvo zemědělství a ČSTVHS (Praha) 29 s.
- /3/ *Věstníky Směrného vodohospodářského plánu*. VÚV TGM (1995–2009).
- /4/ *Zprávy o stavu vodního hospodářství České republiky*. Ministerstvo zemědělství (1998–2011).
- /5/ *Český přehradní výbor (2010): Přehrady v České republice*. (Praha) 104 s.
- /6/ Hrbáček, J., ed. (1966): *Hydrobiological Studies I*. Academia (Praha) 408 s.
- /7/ Punčochář, P., M. Král a N. Kozlová (2012) : *Dlouhodobá strategie Ministerstva zemědělství k omezování hydrologických extrémů*. *Vodní hospodářství* 62 (8): 244–247.
- /8/ *Plán hlavních povodí České republiky*. Ministerstvo zemědělství, 2007, 85 s.

OPERATIVNÍ ŘÍZENÍ VODNÍCH NÁDRŽÍ V PRŮBĚHU POVODŇOVÝCH SITUACÍ

Miloš Starý¹, Petr Doležal¹, Lucie Březková², Lubomír Jaroš³

¹ VUT ÚVHK, Brno, 541147770, stary.m@fce.vutbr.cz

² ČHMÚ, Brno, 541421024, lucie.brezkova@chmi.cz

³ Povodí Odry s.p., Ostrava, 596657271, lubomir.jaros@pod.cz

Abstrakt

Příspěvek je zaměřen na popis řídicích algoritmů, využívajících pro operativní řízení odtoku vody z povodí nádržími operativní hydrologické předpovědi přítoků včetně stochastických předpovědí. Popisované řídicí algoritmy vycházejí z kombinace metod optimálního programování a metod umělé inteligence (adaptivita, fuzzy-regulátory, neuro-regulátory). Jsou uvedeny ukázky nasazení algoritmů.

Klíčová slova: hydrologické předpovědi, operativní řízení, neurčitost, nejistoty, náhodná pole.

Abstract

The paper is focused on the description of control algorithms which use the operative hydrological forecasts (including stochastic forecasts) for operative control of the outflow from river basin with reservoirs. The algorithms are created as the combination of methods of optimal programming and methods of artificial intelligence (adaptivity, fuzzy-regulators, neuro-regulators). The examples of the application of these algorithms are presented.

Key Words: hydrological forecasts, operative control, indeterminity, uncertainties, random fields.

1. Úvod

Složitost srážkoodtokového procesu je v posledních letech umocněná očekávanými a částečně se již projevujícími vlivy změn klimatu, spojenými se změnami vydatnosti a časového rozložení vodních zdrojů. To se ve spojitosti s vlivem dlouhých period změn klimatických a hydrologických veličin projevuje nejen vznikem katastrofálních povodní, ale i vznikem extrémně málovodných období. Uvedená problematika často nutí vodohospodáře řešit problémy, na které ne vždy mají dostatečně propracované metodické postupy a nástroje. Máme na mysli nestrukturální opatření v povodí, související s operativní hydrologií, tj. operativním předpovídáním a operativním řízením odtoku vody z povodí za povodňových situací, způsobených extrémními regionálními

srážkami dopadajícími na povodí a táním sněhové pokrývky. Operativní řízení odtoku vody z povodí je však možno realizovat pouze v těch povodích, ve kterých existují vhodné regulační prvky, především vodní nádrže.

Velké vodní nádrže se v současnosti řídí pomocí stávajících manipulačních řádů, které převážně využívají pravidla vycházející ze zkušeností s průběhy historických povodní. Současné povodňové situace však začínají být natolik atypické, že ne vždy takovýto způsob řízení splňuje očekávání. Operativní řízení je možností, jak podstatně snížit extrémní odtoky z povodí i za těchto povodňových situací. Každá ze stávajících nádrží tuto možnost potenciálně poskytuje. Vždyť žádná projektová dokumentace nádrží, ani stávající provozní předpisy tuto možnost jako povinnost provozovatele neuvádějí. Existuje tedy rezerva. Navíc u složitějších systémů s více nádržími není možno pouze na bázi empirie kvalitní manipulační pravidla sestavit.

Problematika operativního předpovídání odtoku vody z povodí je nižším stupněm řešení daného problému. V zásadě se jedná o časovou extrapolaci chování systému využívající znalost předpovězeného budoucího časového a plošného rozložení srážek nad povodím (resp. znalost předpovězených budoucích přítoků vody do zájmového mezipovodí). Pokud v povodí existují nádrže, jsou i odtoky z nádrží v předpovědních modelech nastavovány pomocí manipulačních pravidel, imitujících pravidla využívaná v praxi. Předpovědní modely tohoto typu jsou v praxi poměrně rozšířené. Lze pro ně využít téměř každý simulační model srážkoodtokového procesu v povodí, který umožňuje začlenit nádrže do modelovaného povodí a nastavit způsob jejich řízení.

Na zcela jiné úrovni je dostupnost srážkoodtokových modelů, obsahujících řídicí moduly odtoku vody z nádrží, které umožňují provádět operativní řízení odtoku vody z povodí za povodňových situací. Takovéto modely jsou prozatím převážně ve stadiu výzkumu [1, 2, 3, 5], resp. provozního ověřování (AQUALOG – [12], Hydrog – [10]). Při řízení průchodu povodní v reálném čase je třeba srážkoodtokové modely výrazně zjednodušit v zájmu přijatelné rychlosti výpočtu. Rychlost výpočtu je v operativní hydrologii rozhodující a limitující veličinou pro praktické nasazení modelů.

Operativní řízení ochranných systémů probíhá v podmínkách značné neurčitosti. Vstupy jsou převážně náhodné procesy, jejichž

průběh v minulosti je zatížen náhodnou chybou měření, předpokládaný budoucí průběh vstupních hydrologických veličin je navíc zatížen náhodnou chybou předpovědního modelu srážek nebo přítoků vody do systému. Zjednodušení řešení je rovněž obsaženo v matematických modelech použitých pro operativní řízení (schematizace povodí, volba srážkoodtokového modelu, volba numerického řešení řídicích rovnic, způsob kalibrace modelu). Neurčitost je však obsažena i v rozdílnosti velikosti měřítek použitých modelů pro předpověď srážek nad povodím a měřítek srážkoodtokových modelů.

Stěžejním problémem je tedy skutečnost, že simulované, resp. předpovídané hydrologické veličiny, především průtoky vody v říční síti, jsou dosud převážně vydávány jako deterministické (jednou čarou). Deterministicky tak předpovídáme náhodný jev, což je nepostačující. Vodohospodářům tato skutečnost při rozhodování v praxi sťžuje práci. Zároveň však poskytuje prostor schovat za nepřesnost deterministické předpovědi případné nedostatky v provozu vodních děl.

Průtoky vody v říční síti jsou náhodné procesy a jsou zatíženy určitou nejistotou (měření), což dvojnásobně platí pro předpovědi průtoků, která jsou zatíženy mnohem větší nejistotou. Uvedená skutečnost je kromě jiného způsobena tím, že především předpokládané příčinné srážky nad povodím jsou náhodnými procesy a je zatíženy velkou nejistotou. Přitom jsou pro konstrukci operativních předpovědí odtoku vody z povodí zpravidla rozhodující.

V oblasti vývoje metod umělé inteligence se již řadu let projevuje úsilí o řešení problematiky rozhodování za podmínek neurčitosti (inteligentní řízení). Řídicí systémy musí být vybaveny schopností využívat zkušenosti a znalosti popsané jen vágně a reagovat na neurčité a předem neznámé situace [3, 7]. Adaptivní přístup, uplatněný při operativním předpovídání a při konstrukci řídicích algoritmů, je cestou, jak neurčitost do určité míry eliminovat [7]. Výsledky dosažené v praxi výhody uplatnění adaptivního přístupu jednoznačně potvrzují.

Příspěvek se dotýká možností dalšího vývoje v operativní hydrologii a konstrukci stochastických předpovědí odtoku vody z povodí a jejich využitím při operativním řízení odtoku vody za povodňových situací.

2. Materiál a metody

Pokud jsou v povodí nádrže s retenční funkcí je nutno, aby hydrologický model uměl spojitě simulovat srážkoodtokový proces v povodí včetně průběhů přítoků vody do nádrží a průběhů odtoků vody z nich (diskrétní simulace spojitého procesu).

Nádrže jsou v systému jedinými nástroji, kterými je možno měnit průběh toku vody systémem. Jejich přenosové vlastnosti, které při daném plnění nádrže $V(t)$ v čase t a přítoku vody do nádrže $Q(t)$, jednoznačně určují okamžitou hodnotu řízeného odtoku vody z nádrže $O(H(V(t)), u)$. Vztah těchto veličin lze vyjádřit rovnicí:

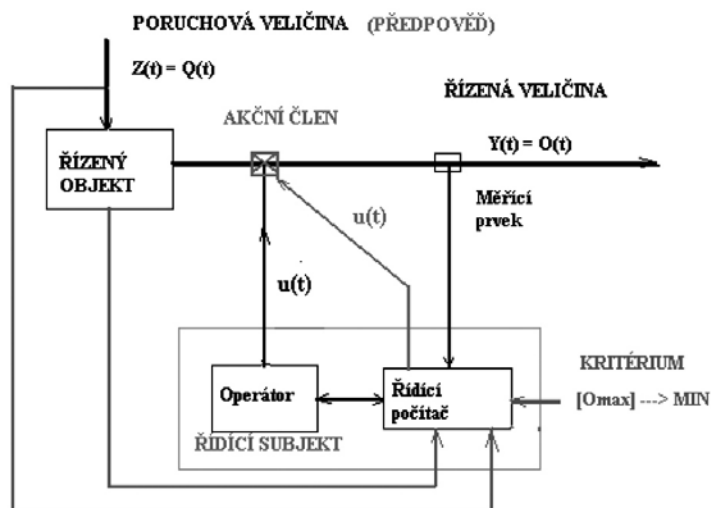
$$(1) \frac{dV(t)}{dt} = Q(t) - O(H(V(t)), u)$$

Ve rovnici (1) je závislost mezi výškou hladiny v nádrži a objemem vody $H(V)$ určena čarou zatopených objemů nádrže, u značí procento otevření spodních výpustí (poloha regulačního uzávěru).

Je zřejmé, že při dané hladině vody v nádrži je možno nastavit hodnotu odtoku vody příslušným nastavením veličiny u (veličiny akční).

Odtok z nádrže v budoucím období, které má trvání t , závisí při daném časovém průběhu přítoku $Q(t)$ na počátečním naplnění nádrže $V(0)$, na hydraulických vlastnostech přelivu, na hydraulických vlastnostech spodních výpustí a na jejich otevření. Při uvedených podmínkách a při známé předpovědi přítoku vody do nádrže tedy časový průběh řízeného odtoku závisí pouze na poloze regulačních uzávěrů u . Tyto polohy mohou být v budoucím období buď v čase konstantní, po částech konstantní, nebo se mohou v čase spojitě měnit. Příslušným nastavením uvedených poloh regulačních uzávěrů je tak možno nádrži přiřadit požadované dynamické (přenosové) vlastnosti.

Nádrž považujeme podle klasické teorie regulace za řízený objekt regulačního obvodu. Přítok vody do nádrže považujeme za poruchovou veličinu $Z(t)=Q(t)$, požadovaný odtok z nádrže za veličinou řídicí $w(t)$, skutečný řízený odtok za řízenou veličinu $Y(t)=O(V(t))$. Funkční objekty považujeme za akční prvky a polohy uzávěrů (přelivů, spodních výpustí apod.) za veličiny akční, jejich konkrétní nastavení $u(t)$ je pak akčním zásahem. Nechť cílem manipulací s odtoky vody z nádrže je co největší snížení kulminačních odtoků z nádrže, resp. snížení kulminačních odtoků v oddáleném profilu v toku pod nádrží.



Obrázek 1. – Schéma regulačního obvodu

Na obr.1 je naznačeno schéma popsaného regulačního obvodu, kdy řízeným objektem je jediná nádrž. Kromě měření řízené veličiny je naznačeno i měření poruchové veličiny včetně uvažování jejího predikovaného průběhu (zelená čára) a měření stavu vody v nádrži. Řídicí subjekt, který se skládá z řídicího počítače a operátora, umožňuje řízení on-line (složitost řízeného procesu), kdy informaci o budoucím způsobu řízení nabídne řídicí počítač nejdříve operátorovi ke schválení. Ten pak může nastavit akční veličinu buď samostatně (potvrdit nebo opravit), resp. přenechá při vypočteném složitějším způsobu manipulace i provedení této činnosti řídicímu počítači (červená čára). Dosažená hodnota kulminačního odtoku je kritériem řízení a požadavek na ni musí být řídicímu počítači zadán.

Pokud je v povodí více nádrží, je řízený objekt značně složitější a je třeba jej v případě uvažování srážkoodtokového procesu roz-

šířit na celé schematizované povodí (řízený systém). Poruchovou veličinou je pak nestacionární okrajová podmínka řešení – srážka nad povodím. Akčními prvky jsou funkční objekty na všech nádržích. Polohy všech uzávěrů, kterými je možno řídit tok vody systémem, jsou veličinami akčními.

2.1. Deterministické předpovědi a deterministické řízení

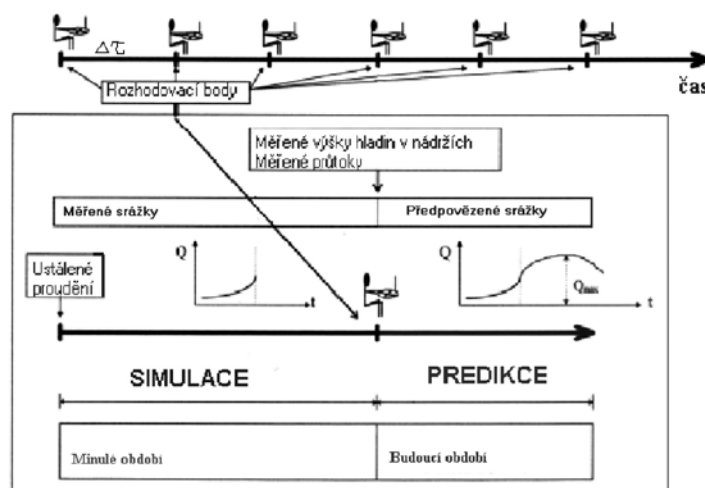
Vlastní konstrukci řídicího algoritmu, vycházející z teorie regulačního obvodu, lze rozdělit na dvě dílčí úlohy:

První úlohou je určit požadované hodnoty řídicí veličiny $w(t)$ u každé nádrže (řídicí odtoky). To je podmíněno předpokladem, že model obsahuje regulátor, který je schopen při měnícím se stavu systému měnit polohy regulačních uzávěrů v návaznosti na hodnotě řídicí veličiny tak, aby se k ní řízená veličina (řízený odtok vody z nádrže) co nejvíce přiblížila a pokud možno se s povolenou tolerancí shodovala.

Problém nalezení řídicích odtoků je pro budoucí období o trvání t (existují předpovězené srážky) možno řešit pomocí simulačního modelu s optimalizovanou volbou parametrů. Počáteční podmínkou řešení je vždy aktuální naplnění nádrží (měření) a rozdělení průtoků a stavů vody v říční síti (odhadnuto simulací v minulém období), okrajovou podmínkou je časový průběh předpovězených srážek nad povodím. Parametrem je hledaná hodnota řídicího odtoku, která může být pro jednoduchost považována v řešeném budoucím období t za konstantní, nebo může být v čase po částech konstantní. Pro nalezení optimální hodnoty parametrů je možno použít některou z metod nelineárního programování. Jako kriteria optimalizace lze použít hodnotu kulminačního odtoku z nádrže, resp. průtoku ve vybraném profilu na toku pod nádrží, která je minimalizována (při uvažování více profilů součet čtverců odchylek nad zadanými průtoky).

Vlastní operativní řízení si je možno představit jako sekvenci rozhodovacích časových bodů, vzájemně posunutých o interval Δt (nutno odlišit od časového kroku výpočtu Δt). V každém bodě se rozhoduje o průběhu budoucí manipulace s regulačními uzávěry. Stanovený průběh je pak až do dalšího rozhodovacího bodu ponechán po dobu Δt beze změny. Průběh budoucí manipulace vždy závisí na okamžitém stavu systému a na predikci budoucích srážek. V příštím rozhodovacím bodě je průběh budoucí manipulace upraven v závislosti na změněném stavu systému a na upřesněné predikci srážek nad povodím. Vlastní princip řízení systému vychází z umělé inteligence a je postupně adaptivní [7]. Postupně dochází k adaptaci dynamických vlastností řízeného systému v závislosti na měnícím se srážkách nad povodím. Schéma řídicího algoritmu je uvedeno na obr.2 [10].

V každém rozhodovacím bodě se výpočet vrací v čase až do okamžiku, kdy je možno v povodí předpokládat ustálené (pseudoustálené) proudění. Tím je zároveň určeno i trvání minulého období. Zde je proveden výpočet ustáleného proudění vody v říční síti. Plnění povrchových nádrží je určeno měřením. Uvedené veličiny jsou počátečními podmínkami řešení. Od tohoto okamžiku je spuštěna simulace toku vody schematizovaným povodím při uvažování časového a plošného rozložení srážek nad povodím, určeného z měření ve srážkoměrných stanicích. Manipulace s odtoky vody z nádrží se shoduje se skutečnou manipulací v minulém období. Simulace trvá až do současnosti (aktuální rozhodovací bod).



Obrázek 2. – Schéma řídicího algoritmu

V tomto časovém bodě je provedena oprava plnění nádrží dle aktuálních měřených hodnot a korekce průtoků v měrných profilech. Tím jsou určeny počáteční podmínky řešení pro simulaci toku vody schematizovaným povodím v období budoucím, jehož délka je limitována délkou předpovědi srážek nad povodím τ . Následně je spuštěna optimalizační část algoritmu, jejíž smyslem je určení průběhu budoucí manipulace s odtoky vody z nádrží. Vypočtený průběh řídicích průtoků a současně i změn poloh regulačních uzávěrů je pak uplatněn v budoucím období na časovém intervalu Δt do příštího rozhodovacího časového bodu.

Druhou úlohou je volba typu regulátoru. Předpokládáme, že simulace probíhá po časových krocích Δt . Potom regulátor musí v každém časovém bodě zajistit (při zadaném požadovaném průběhu řídicí veličiny a spojitě se měnícím stavu nádrže) hodnoty řízených průtoků nastavením veličin akčních (změn nastavení uzávěrů). To vše musí probíhat při dostatečné stabilitě regulačního pochodu. Regulátory mohou být různého typu a jejich podrobnější popis je uveden v [7]. S výhodou je možno využít i fuzzy-regulátory [4, 11], případně neuro-regulátory, resp. aproximační matice, které aproximují průběh řídicích ploch ve fuzzy-regulátorech.

Poznámka

Alternativou popsaného řídicího algoritmu je zjednodušený řídicí algoritmus, který v zásadě vychází ze stejného principu. Optimalizací jsou však určovány nikoliv veličiny řídicí (požadované řízené odtoky z nádrží), ale přímo veličiny akční – nastavení poloh regulačních uzávěrů, které se stávají při výpočtu parametry simulačního modelu. Nastavené polohy regulačních uzávěrů jsou tedy v čase po intervalech Δt konstantní [7, 10]. Řízené veličiny (odtoky vody z nádrží) se však v čase mění, přičemž při náhlých změnách poloh regulačních uzávěrů je porušena jejich spojitost.

2.2. Generátor náhodného pole prostorového rozložení srážek

Stochastický přístup k předpovídání průtoků znamená zavést do výpočtu předpokládaného vývoje průtoků nejistotu předpovídaných meteorologických veličin a vyhodnotit odpovídající odtoko-

vou odezvu; tedy nebrat v úvahu pouze jeden možný meteorologický scénář, ale desítky až stovky různých scénářů, které mohou za daných podmínek reálně nastat. Výsledkem je pak soubor pravděpodobných scénářů vývoje průtoků, ze kterého lze např. vyčíst rozpětí očekávaných průtoků (příp. vodních stavů), pravděpodobnost předkročení určitých hodnot průtoku apod.

Okamžitou hodnotu intenzity srážky lze považovat za náhodnou veličinu s příslušným rozdělením. Přitom intenzita srážky se v čase mění, je náhodným procesem. Měření srážek probíhá v síti srážkoměrných stanic, získané hodnoty srážek pak tvoří v každém časovém okamžiku náhodné pole (vektor náhodných veličin) s určitými vlastnostmi.

Za těchto předpokladů lze předpovídané rozložení srážky nad povodím opakovaně náhodně plošně generovat (metoda Monte Carlo) a pomocí hydrologického modelu opakovaně simulovat následné průtokové odezvy. Uvedenou metodu lze použít i pro další veličiny, které vstupují do hydrologické simulace, především teplotu a výšku sněhové pokrývky (resp. vodní hodnotu sněhu).

Následující text je zaměřen na sestavení stochastického generátoru náhodného pole, který by bylo možné v praxi aplikovat při stochastické operativní předpovědi průtoků. Pro vydávání hydrologických předpovědí je použit srážkoodtokový model Hydrog [10], který je rutinně používán k operativní předpovědi průtoků na brněnské a ostravské pobočce ČHMÚ.

Stanovení hodnoty nejistoty předpovězených srážek je velmi obtížné, do určité míry lze vycházet z historických měření, často je však třeba přistupovat k tomuto problému vzhledem k nedostatku podkladů intuitivně. Předpokládejme, že chyba předpovědi srážek (rovněž měřených srážek) má přibližně normální rozdělení $N(\mu, \sigma)$. K dispozici je nedostatečný soubor měřených či předpovídaných veličin a předpokládaná nejistota je pak jejich horní a dolní mezí (nejistota typu B). Pro potřeby tvorby předpovědi průtoků pak budeme dána zpravidla zavádět nejistoty srážek do výpočtu pomocí rozšířené standardní nejistoty typu A ($\pm 3\sigma$).

Nejistoty vstupních dat pro výpočet předpovědi průtoků hydrologickým modelem je tedy možné zohlednit pomocí metody Monte Carlo opakovaným generováním scénářů předpovídaných (resp. měřených) hodnot. Náhodným polem se zde rozumí množina prvků (reprezentovaná vektorem náhodných veličin), které mezi sebou mají korelační vazby. Níže uvedený generátor vychází z prací [8, 9], kde byl aplikován při generování náhodných polí vstupních veličin pro testování spolehlivosti těsnění sypaných hrází.

Uvažujeme rovinnou oblast Ω rozdělenou na polygony označené P_1, P_2, \dots, P_n (obr. 3). V každém polygonu uvažujeme hodnotu náhodné veličiny X_i s normálním rozdělením. Náhodné veličiny X_1 až X_n tvoří náhodný vektor \mathbf{X} .

Podle teorie autokorelace lze pro každou složku náhodného vektoru \mathbf{X} psát rovnici:

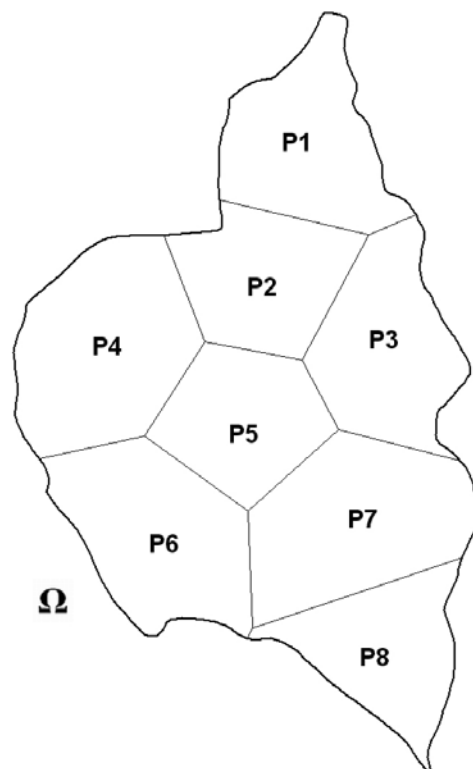
$$(2) X_i = a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + \dots + a_{i-1} \cdot X_{i-1} + a_{i+1} \cdot X_{i+1} + \dots + a_n \cdot X_n + \varepsilon_i$$

kde značí:

$X_i \dots$ hodnotu náhodné veličiny v polygonech $P_1 \dots P_n$,
 $\varepsilon_i \dots$ hodnotu normální náhodné veličiny s rozdělením $N(0, \sigma[\varepsilon])$,

a_1 až $a_n \dots$ autoregresivní parametry vyjadřující stupeň lineární závislosti veličiny X_i na hodnotách veličin X_1 až X_n .

Příklad vzájemné polohy polygonů je znázorněn na obr. 3.



Obrázek 3. – Rozdělení oblasti Ω na dílčí polygony $P_1 - P_n$ (v tomto případě $n=8$), v každém polygonu uvažujeme hodnotu náhodné veličiny X_i (zde X_1 až X_8)

Rovnici (2) můžeme psát pro celkový počet n vrcholů jako soustavu n lineárních rovnic:

$$(3) \mathbf{X} = \mathbf{W} \cdot \mathbf{X} + \mathbf{a}$$

kde značí:

\mathbf{X} hledaný (generovaný) náhodný vektor,
 ε normální náhodný vektor s rozdělením $N(0, \sigma[\varepsilon])$,
 \mathbf{W} matice, která určuje vzájemnou lineární závislost složek náhodného vektoru \mathbf{X} v polygonech P_1, \dots, P_n pomocí autoregresivních parametrů a_1 až a_n .

Postupem podrobně popsáním v citovaných pracích je možno rovnici (3) převést na

$$(4) \mathbf{X} = \mathbf{M} [\mathbf{X}] + \mathbf{W} \cdot \mathbf{X} + \mu \cdot \mathbf{a}$$

Rovnice (4) pak může být řešena následujícím způsobem:

1. Náhodný vektor ε je generován z normovaného normálního rozdělení $N(0,1)$ (v tomto případě pomocí generátoru dostupného v programovacím prostředí Delphi).
2. Dále je určen postupem popsány v [8] a [9] autokorelovaný vektor \mathbf{X} s rozdělením $N(0, \sigma[\mathbf{X}])$.
3. Ke každému prvku vektoru \mathbf{X} pak přičteme odpovídající střední hodnotu $M[\mathbf{X}]$. Tímto postupem získáme vektor, jehož prvky mají střední hodnotu $M[\mathbf{X}]$ a směrodatnou odchylku $\sigma[\mathbf{X}]$.

Generátor vytvoří autokorelovaný vektor \mathbf{X} pro určitý časový okamžik (interval). Pro následující časový krok je třeba, aby autokorelovaný vektor \mathbf{X} nebyl zcela „náhodný“, ale „koreloval“ do určité míry v čase s předchozím autokorelovaným vektorem \mathbf{X} . Je možné, ponechat pro všechny časové okamžiky stejný náhodný vektor \mathbf{e} nebo ho čase zvolna měnit s malou náhodnou odchylkou. Je pochopitelné také možné ponechat vektor \mathbf{e} úplně náhodný v každém časovém kroku.

Korelační matice \mathbf{W} , resp. hodnoty autoregresivních parametrů $a_{x,y}$ mohou být stanoveny na základě dlouhodobého měření daných veličin ve stanicích s využitím Yule-Walkerových rovnic [1]. Je zřejmé, že v případě srážek je třeba rozlišovat stratiformní a konvektivní situace. V případě stratiformních srážek bude míra korelace sousedních stanic vyšší z důvodu menší prostorové proměnlivosti srážky nad povodím. Tyto okolnosti je třeba zohlednit v rámci meteorologické předpovědi a sestavit takovou korelační matici, která nejlépe popisuje očekávaný jev.

Vektor středních hodnot $\mathbf{M}[\mathbf{X}]$ lze uvažovat hodnotami naměřenými ve stanicích, resp. predikovanými numerickými modely atmosféry.

Směrodatná odchylka $\sigma[\mathbf{X}]$ může být stanovena jako procento střední hodnoty či absolutní hodnotou (příp. zadaná různě pro různé časové intervaly).

Opakovaným generováním náhodných polí srážek jako vstupů do vhodného hydrologického modelu a opakovanou simulací srážkoodtokových jevů za povodňových situací získáme spektrum hydrogramů průtoků vody ve vybraných profilech říční sítě a spektrum hydrogramů odtoku vody závěrovým profilem povodí. Z nich je možno stanovit pro každý hydrogram kulminační průtok a objem povodně. Množiny kulminačních průtoků a objemů povodní je možno zpracovat do odpovídajících čar překročení a z nich pro požadovanou pravděpodobnost překročení, resp. nedostoupení určit příslušný kulminační průtok, resp. objem povodně.

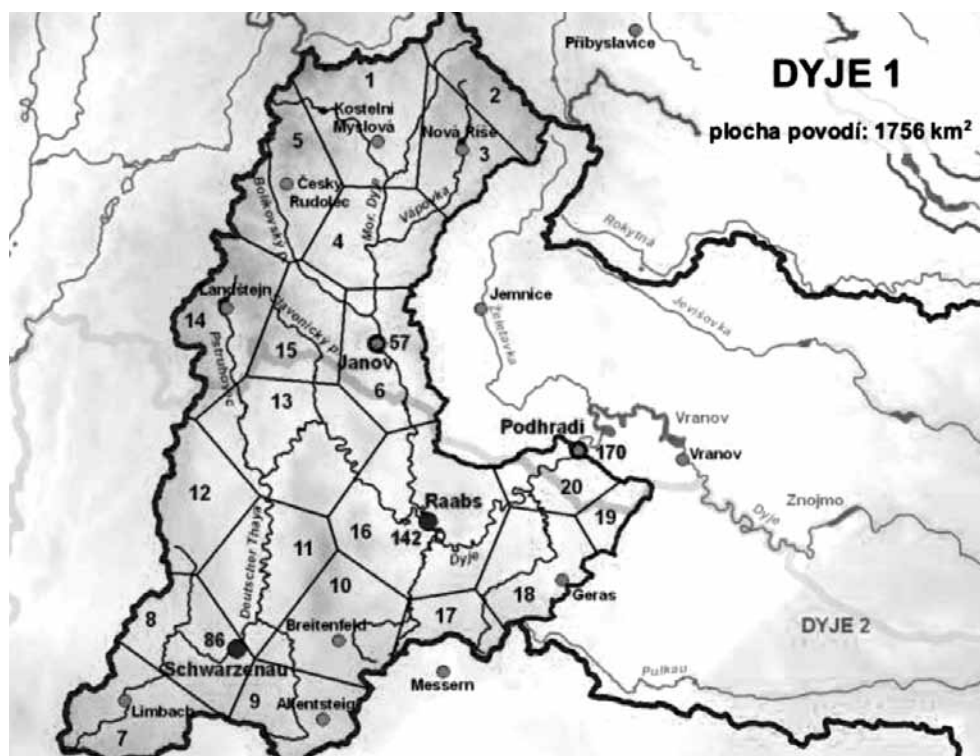
2.3. Stochastické předpovědi a stochastické řízení odtoku odtoku vody z povodí za povodňové situace

Způsob předpovídání, resp. řízení vychází z teorie popsané v kap. 2.1. V každém rozhodovacím časovém bodě jsou opakovaně pomocí srážkoodtokového modelu pro jednotlivá náhodně generovaná pole srážek předpovídány budoucí synchronní náhodné průběhy průtoků vody povodím (z vygenerovaného svazku předpovídaných přítoků vody). Pro každý náhodný průběh přítoků je numerickou optimalizací stanoven průběh řídicích odtoků vody z nádrží (veličina $w(t)$) pro každou nádrž a současně je vypočten výsledný průběh řízeného odtoku vody z každé nádrže $O(H(V(t)), u(t))$ – pomocí fuzzy regulátoru nebo jiného regulátoru. Tím je dán i průběh průtoků vody v celé říční síti. Kritériem optimalizace je minimalizace součtu čtverců řízených průtoků ve vybraných řídicích profilech na říční síti. Je zřejmé, že počtu vygenerovaných průběhů přítoků vody do nádrží (počet náhodně generovaných hydrologických předpovědí) odpovídá počet průběhů řízených odtoků vody z nádrží. Následně jsou pro každou nádrž a pro každý časový úsek Dt vybrány a ponechány až do okamžiku následné korekce řízení takové po částech konstantní hodnoty $w(t)$, pro které na konci Dt odpovídá dosažený řízený odtok v hlavním řídicím profilu zadané pravděpodobnosti překročení (výběr ze spektra dosažených průtoků). V dalším rozhodovacím bodu je uvedený postup opakován.

3. Aplikace

Ukázky popsaných způsobů řízení jsou velmi stručně uvedeny na čtyřech následujících úlohách:

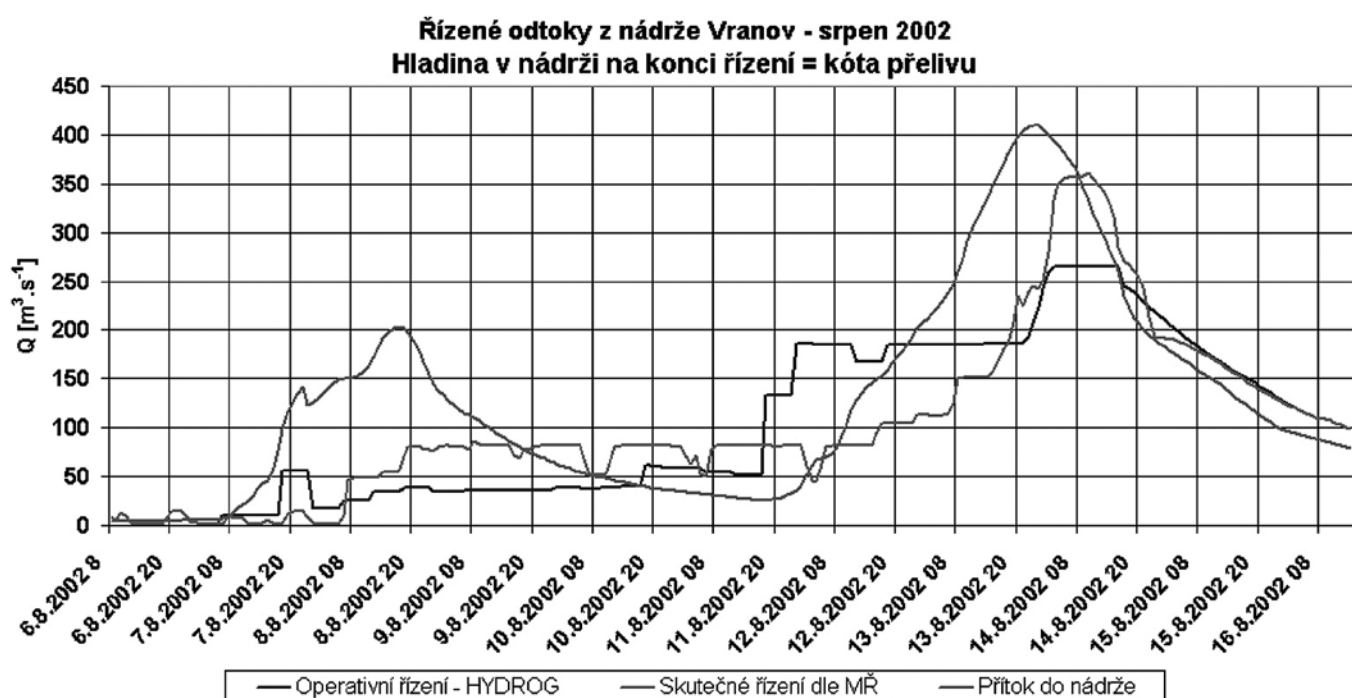
První úloha představuje výsledky zpětné simulace deterministického operativního řízení (kap.2.1) při průchodu povodní nádrží Vranov v srpnu v roce 2002. zadáním koncové podmínky na konci předpovídaného období, $t = 48$ h, $Dt = 6$ h. Pro řízení je použit model Hydrog.



Obrázek 4. – Povodí Dyje – Thiessenovy polygony k profilu Podhradí

Obrázky se liší zadáním omezující podmínky na konci předpovídaného období t , ve kterém je opakovaně hledáno optimalizované řízení. Na prvním je držena hladina co nejdéle na úrovni kóty M_z ,

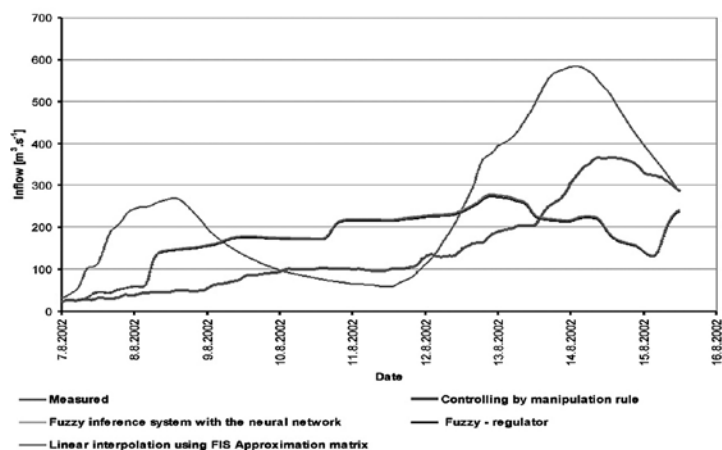
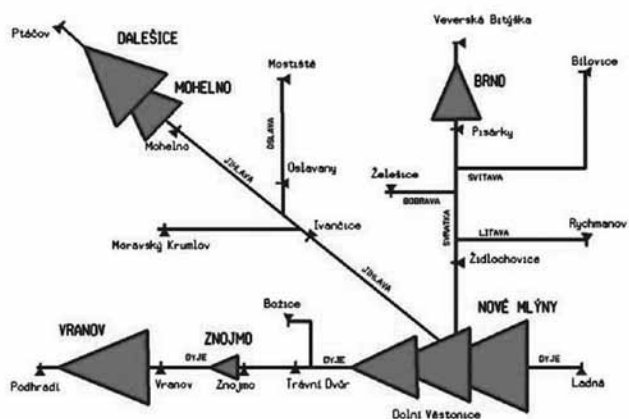
na druhém pak na úrovni kóty M_{PR} . Počáteční podmínkou řešení je $M(o) = M_z$.



Obrázek 5. – Vliv omezující podmínky na konci předpovídaného období t

Druhá úloha představuje výsledky zpětné simulace deterministického operativního řízení (kap.2.1) při průchodu povodní soustavou nádrží v povodí Dyje v srpnu v roce 2002. Při řízení jsou využity fuzzy-regulátory, neuro-regulátory a aproximační matice.

Předpovídané srážky nad povodím jsou nahrazeny předpovídanými přítoky do systému. Jsou minimalizovány celkové přítoky do nádrží Nové Mlýny, $t = 48$ h, $Dt = 6$ h. Řešení je provedeno v prostředí MATLAB.



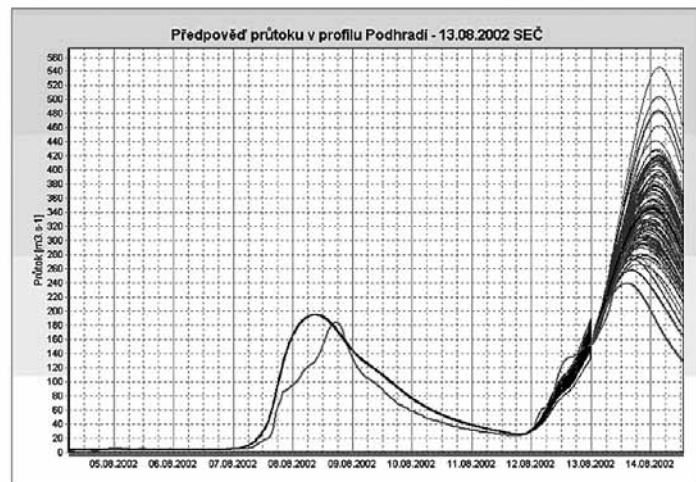
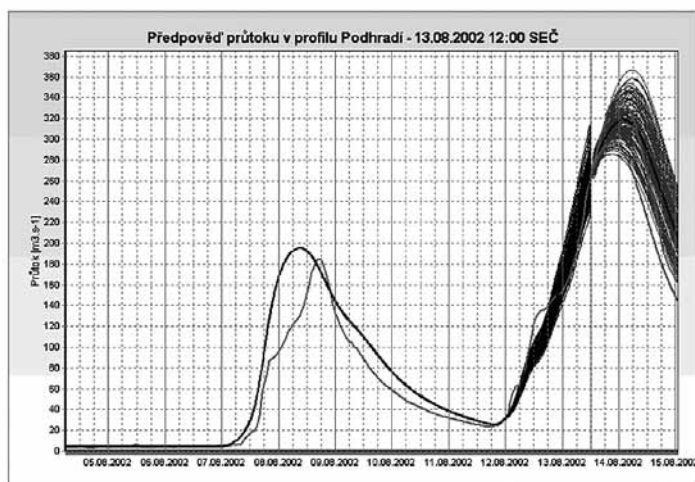
Obrázek 6. – Řízení průtoků v soustavě nádrží v povodí Dyje – srpen 2002

Popsaný algoritmus (kap.2.2), určený pro vydávání stochastických operativních předpovědí odtoků vody z povodí a pro stochastické řízení odtoků vody z nádrží za povodňových situací, je samostatně naprogramován v Delphi a je nutno jej spouštět sekvenčně s jinými programy.

Na v pořadí **třetí úloze** je uvedena možnost vydávání stochastických předpovědí pomocí generátoru náhodných polí ve spolu-

práci s programem Hydrog. Ukázka vydaných stochastických hydrologických předpovědí na obr.7 je znázorněna opět v povodí Dyje v profilu Podhradí pro povodeň ze srpna 2002. $t = 48$ h, $Dt = 6$ h, $\sigma = 19$ % v obou případech.

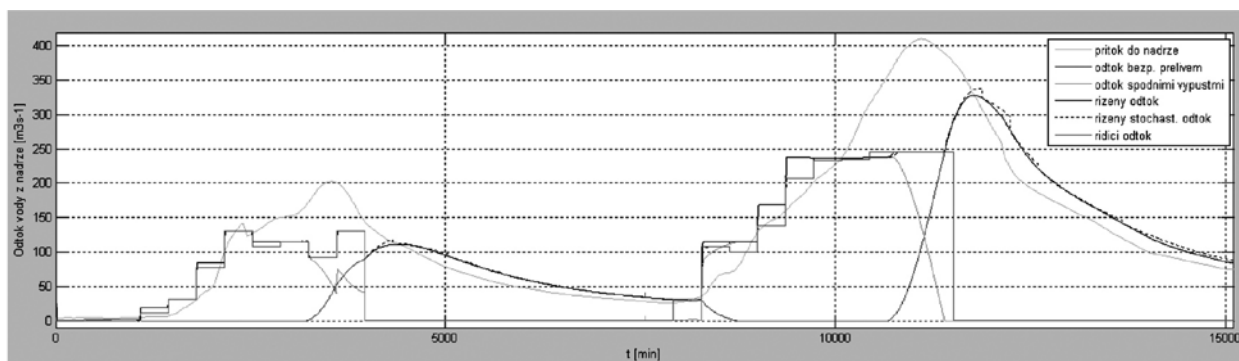
Ve **čtvrté úloze** jsou stochastické předpovědi hydrologických přítoků (kap.2.3) vody do nádrže Vranov použity pro stochastické



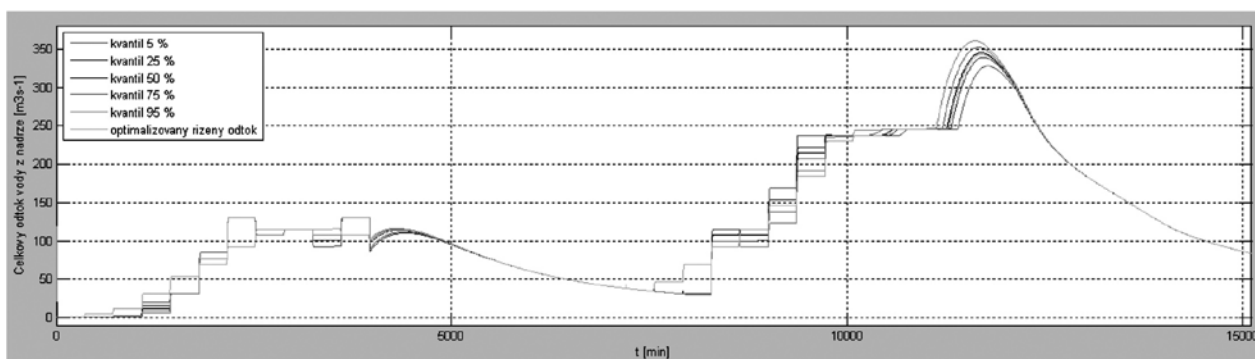
Obrázek 7. – Stochastické předpovědi průtoků v povodí Dyje, profilu Podhradí – srpen 2002

řízení odtoků vody z nádrže. Omezující podmínka na konci předpovídaného období t , ve kterém je opakovaně hledáno optimalizované řízení umožňuje využívat po celou dobu řešení celý retenční

prostor neovladatelný. Příslušný optimalizační modul je zpracován ve vývojovém prostředí MATLAB, $t = 24$ h, $Dt = 6$ h, $M(o) = M_{RO}$ Rozdíl oproti první úloze.



Obrázek 8. – Stochastické řízení odtoků vody z nádrže Vranov – srpen 2002. Řízení je provedeno pro pravděpodobnost překročení 5% a spektrum pravděpodobností překročení 5 % až 95 %



Obrázek 8. – Stochastické řízení odtoků vody z nádrže Vranov – srpen 2002. Řízení je provedeno pro pravděpodobnost překročení 5 % a spektrum pravděpodobností překročení 5 % až 95 %

Závěr

Všechny popsané modely jsou funkční, účinné a poskytují logické výsledky, které jsou příslibem pro další pokračování výzkumných prací. Je zřejmé, že vliv nejistot předpovězených srážek nad povodím není zanedbatelný a je třeba jej v operativní hydrologii uvažovat.

Model určený pro vydávání deterministických předpovědí a deterministické řízení je naprogramován v modelu Hydrog a je využíván s větší či menší intenzitou všemi státními podniky Povodí a především pobočkami ČHMÚ Brno a Ostrava.

Modul, zabývající se konstrukcí stochastických operativních hydrologických předpovědí průtoků (existuje i verze pro předpovědi průtoků z tání sněhové pokrývky), je poloprovozně testován na RPP oddělení pobočky ČHMÚ v Brně. Zde je napojen na model Hydrog, kterému automaticky předává vstupní data.

Stochastické předpovědi průtoků z modelu Hydrog jsou využívány i při vývoji a testování modulu určeného pro výpočet operativního řízení pomocí metod optimálního programování a fuzzy-regulátoru.

Konstrukce stochastických řídicích modulů je teoreticky zvládnutá a slibuje velmi dobré výsledky. Praktickému nasazení však brání, zejména v povodích s více nádržemi, omezená rychlost výpočetní techniky. Řešení způsobem on-line je možné např. při paralelizaci dílčích řešení a provádění distribuovaných výpočtů, resp. ve využití superpočítačů v budovaných výpočetních centrech. Druhou (v praxi využitelnou) cestou je provést řadu opakovaných výpočtů v prostoru možných reálných vstupních dat (řízení off-line), výsledky zobecnit do pravidel řízení konkrétních systémů, a ty pak s určitou ztrátou přesnosti aplikovat v praxi.

Na problém stochastického řízení je třeba pohlížet jako na nově otevřené téma v oblasti operativní hydrologie. Autoři považují publikované výsledky za původní a prvotní v dané oblasti a jsou otevření přijetí jakékoliv tvůrčí kritiky, resp. inspirujícím námětům pro další práci.

Poděkování

Při řešení byly částečně využity teoretické výsledky dosažené v projektu GAČR 103/07/1620 „Predikční a simulační modely v teorii operativního řízení vodohospodářských soustav.“

Uvedené výsledky byly částečně získány za finančního příspěvku MŠMT ČR, projekt 1M0579, v rámci činnosti výzkumného cen-

tra CIDEAS. (This outcome has been achieved with the financial support of the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic, project No. 1M0579, within activities of the CIDEAS research centre.)

Literatura

- [1] BŘEZKOVÁ, L. Operativní předpovědi odtoku vody z povodí za povodňových situací ze stochasticky popsaných předpovědí srážek. *Doktorská disertační práce, Vysoké učení technické Brno, fakulta stavební, 2011, 145 s.*
- [2] DRBAL, K. Operativní řízení povodňových průtoků fuzzy regulací v dolní části vodohospodářské soustavy. *Doktorská disertační práce, VUT FAST, Brno, říjen 1999, 158 s.*
- [3] FOŠUMPAUR, P. – NACHÁZEL, K. – PATERA, A. Rozhodovací model operativního řízení povodňového odtoku z nádrže. In: *Vod. Čas., Vol.50, No.1, 2002, str. 29–47.*
- [4] JANG, J. R. ANFIS Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1993, Vol. 23, No. 3, p. 665–685.*
- [5] JAROŠ, L. Použití metod umělé inteligence při operativním řízení povodňových průtoků nádržemi. *Doktorská disertační práce, Vysoké učení technické Brno, fakulta stavební, 2010, 186 s. + 122 s. příloh.*
- [6] NACHÁZEL, K. Stochastické metody ve vodním hospodářství. *Vydavatelství ČVUT, 2. vydání, Praha, 2000, ISBN 80-01-02213-7, 63 s.*
- [7] NACHÁZEL, K. – STARÝ, M. – ZEŽULÁK, J. A KOL. Využití metod umělé inteligence ve vodním hospodářství. *ACADEMIA, Praha, 2004, 320 s.*
- [8] STARÝ M. Spolehlivost hlinitého těsnění sypaných zemních a kamenitých hrází. *Kandidátská disertační práce, Vysoké učení technické Brno, fakulta stavební, 1983, 204 s.*
- [9] STARÝ, M. Autocorrelation Theory Application for the Generation of Random Parameters in Discreet Points of a Plane Area. In: *Sborník VUT, Brno, ročník 1985, s. 800–805.*
- [10] STARÝ, M. Hydrog. Software pro simulaci, predikci a operativní řízení odtoku vody z povodí. *Brno, 1991–2012*
- [11] ZADEH, L. A. Fuzzy sets. *Information and Control, 8, 1965, p. 338–353.*
- [12] ZEŽULÁK J. – KREJČÍ J. Aqualog: popis systému. *Aqualogic, Praha, 2000.*

PŘEDPOVĚDNÍ POVODŇOVÝ SYSTÉM MORAVA – DYJE

Hana Randová¹, Vlastimil Krejčí²

¹Ministerstvo životního prostředí, Vršovická 1442/65, 100 00 Praha-Vršovice, tel.: 267 122 473, Hana.Randova@mzp.cz

²Povodí Moravy, s.p., Dřevařská 11, 601 75 Brno, tel.: 541 637 239, krejci@pmo.cz

Cílem tohoto přeshraničního „Projektu“ je výrazné zkvalitnění předpovědní a povodňové služby v soutokové oblasti Moravy a Dyje rozšířením srážkoodtokového modelu HYDROG po závěrečný profil Hohenau/Moravský Svätý Ján, což v případě povodňové situace přispěje ke včasnému a efektivnímu rozhodování a provádění činností potřebných k záchraně lidských životů a výrazné eliminaci škod na území nejen České republiky, ale i Rakouska a Slovenska.

V rámci „Projektu“ byl také rozšířen stávající monitorovací systém Povodí Moravy, s.p. o 9 automatických měrných stanic v tomto území a současně se zásahy do stávajících vodních děl, při realizaci rozšíření monitoringu, došlo k významnému zlepšení manipulovatelnosti 5-ti vodohospodářských objektů ve prospěch včasější reakce za povodňových situací.

Měrná stanice: srážkoodtokový model; předpověď.

The aim of this cross-border „Project“ is a significant improvement of the flood forecasting service in the confluence area of the Morava and Thaya rivers by extension of the rainfall-runoff model HYDROG up to the final profile Hohenau/Moravsky Svaty Jan, which will contribute to timely and effective decisions in the case of flood situation and to the significant elimination of the damages not only the territory of the Czech Republic but also in the Austria and Slovakia. Under the „Project“ also the existing Morava River Basin monitoring system was extended by 9 automatic measurement stations in this area. There was also a significant improvement of the manipulability on 5 water facilities for the more timely response during flood situations.

Measurement station: rainfall-runoff model; forecast.

Úvod

Po rozsáhlých povodních na jaře 2006 se dohodli, po trilaterálních setkáních, zmocněnci slovensko-rakouské a česko-rakouské komise pro hraniční vody na záměru nechat zpracovat studii proveditelnosti vytvoření společného povodňového prognostického modelu pro řeku Dyji pod vodním dílem (dále jen VD) Nové Mlýny a řeku Moravu od Strážnice po vyústění do Dunaje včetně řeky Myjavy.

Studie proveditelnosti byla kompletně dokončena v únoru 2008. Přípravou Projektu se dále intenzivně zabývali zástupci Povodí Moravy, s.p. (dále jen PM) a Úřadu zemské vlády Dolních Rakous, odboru vodohospodářského, a to v rámci bilaterálních jednání. 3. října 2008 PM, jako Lead partner, podalo žádost na příslušné Centrum regionálního rozvoje v rámci operačního programu Evropská územní spolupráce Rakousko – Česká republika 2007–2013.

Dne 23. ledna 2009 byl Projekt bez výhrad Monitorovacím výborem programu EÚS schválen.

30. 6. 2009 byla podepsána Smlouva o poskytnutí prostředků z ERDF, obsahující úhradu 85 % celkově vynaložených uznatelných prostředků PM z prostředků ERDF.

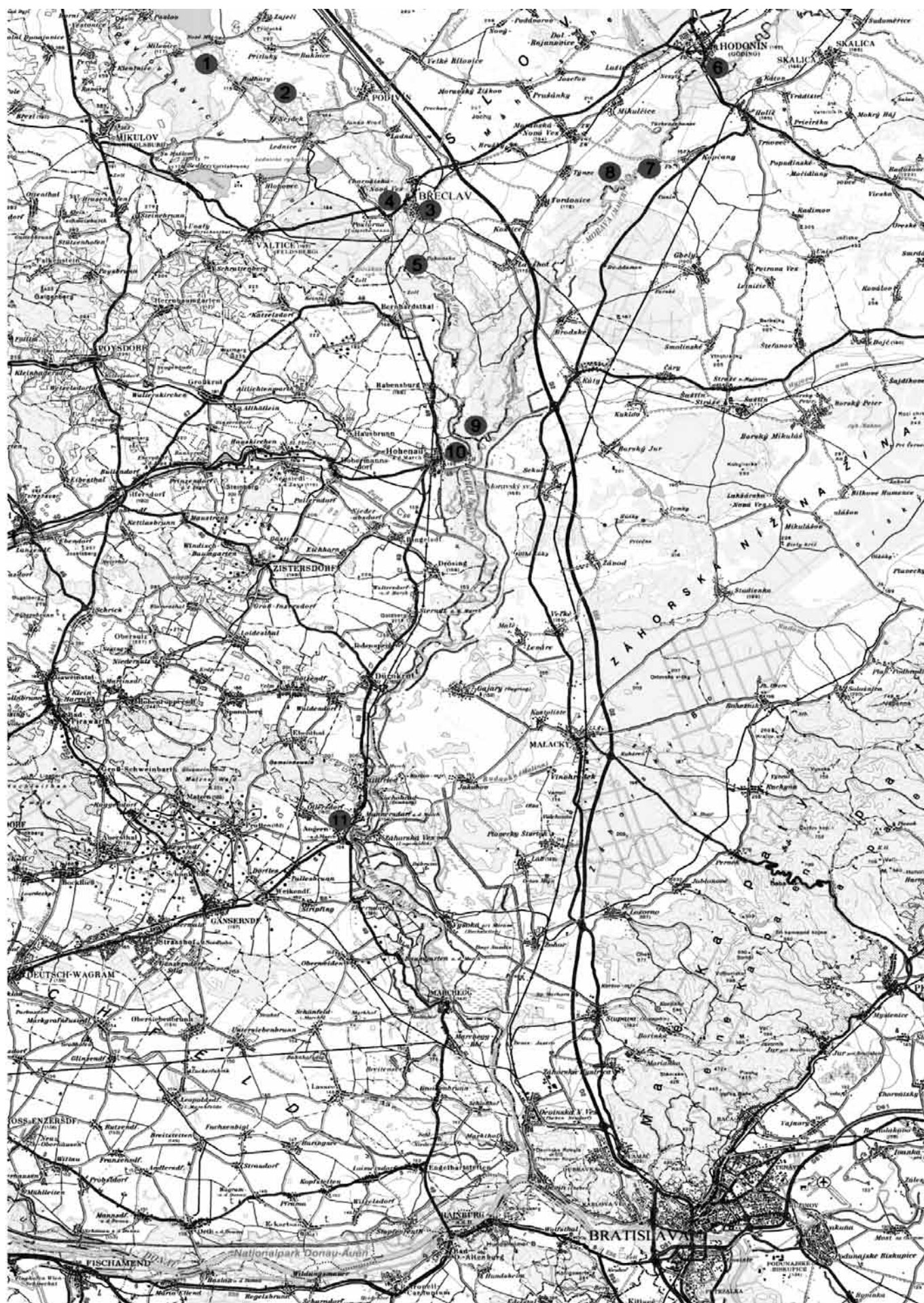
Dne 19. srpna 2009 jsme obdrželi Rozhodnutí o poskytnutí dotace ze státního rozpočtu ČR ve výši 5 % celkově vynaložených uznatelných prostředků PM na tento Projekt.

Projekt v celkové částce 941 726 € financovaný z prostředků Evropského fondu pro regionální rozvoj, ze státního rozpočtu České republiky, z prostředků Dolnorakouské zemské vlády a z prostředků Povodí Moravy, s.p. byl dokončen v říjnu 2011.

Popis vlastního Projektu

Projekt „Předpovědní povodňový systém Morava – Dyje“ zahrnoval rozšíření stávajícího předpovědního srážkoodtokového modelu HYDROG o oblast soutoku Moravy s Dyjí pro závěrečný profil Hohenau/Moravský Svätý Ján, vytvoření prognózního modelu na zbývajícím úseku řeky Moravy po soutok s Dunajem, na základě kterých budou pravidelně vydávány předpovědní hydrogramy (velikost průtoku a objemu vlny) a vybudování devíti nových automatických monitorovacích stanic v našem příhraničním území (umístění v terénu viz obr. 1) včetně potřebného propojení, ukládání a vizualizace dat na vodohospodářském dispečinku PM a 2 provozech v Břeclavi a Veselí nad Moravou.

Doplnění stávajícího modelu HYDROG o řeku Dyji pod VD Nové Mlýny a řeku Moravu pod Strážnicí včetně levostranného přítoku Myjavy po závěrečný profil Hohenau/Moravský Svätý Ján zahrnuje na modelování velice složité území tří poldrů. Levobřežního bočního (dále jen LB) poldru Přítluky napouštěného třemi vtokovými stavidly z jezové zdrže nad jezem Bulhary, pravobřežního (dále jen PB) průtočného poldru Lednice převá-



Obr. 1. – Mapa zájmového územia Projektu s vyznačením merných miest

dějícího odlehčené průtoky řeky Dyje nad 400 až 450 m³.s⁻¹ přes pevný PB přeliv z jezové zdrže jezu Bulhary a poldru Soutok napouštěného odlehčenou řekou Kyjovkou, odlehčovacím dvoupolovým jezem Pohansko na řece Dyji a dvěma stavidlovými odlehčovacími objekty v Moravské Nové Vsi a Týnci v PB ochranné hrázi řeky Moravy.

Pro optimální kalibrování tohoto modelu bylo navrženo doplnění sledování vodních stavů o devět nových automatických monitorovacích stanic v k.ú. Nové Mlýny, Bulhary a Nejdek u Lednice, 3 x Břeclav, Hodonín, Moravská Nová Ves, Týnec a Lanžhot.

V rámci zásahů do stávajících vodních děl při realizaci rozšíření monitoringu došlo také ke zlepšení manipulovatelnosti 5-ti objektů (jezů Bulhary, Pohansko, stavidla u přelivného objektu z poldru Soutok a odlehčovacích objektů v Moravské Nové Vsi a Týnci) ve prospěch včasné reakce za povodňových situací.

Rozšíření automatického monitoringu PM v oblasti soutoku Dyje s Moravou a modernizace stávajících vodních děl zajištěné PM a realizované firmou Argo Automatizace, s.r.o. v období 06/2010 – 12/2010

– **Ultrazvukové měření rychlosti vody v toku u stávajícího limnigrafu pod VD Nové Mlýny** – viz bod 1 na obr. 1

Stávající limnigraf na LB řeky Dyje je ovlivňován vzdutím jezu Bulhary a manipulacemi pohyblivými jezovými uzávěry v průběhu převádění povodní – viz obr. 4.

Pro přesnější měření soustředěných průtoků v korytě řeky Dyje pod VD Nové Mlýny, odpovídajících stejné hladině při různých manipulacích na jezu Bulhary, bylo osazeno automatické ultrazvukové měření rychlosti proudění vody v korytě toku. Největší problém pro toto měření, v relativně širokém korytě v profilu stávajícího limnigrafu, představuje značné provzdušnění vody způsobené



Obr. 2. – Odtok z VD Nové Mlýny 2. 4. 2006



Obr. 3. – Instalace ultrazvukových senzorů



Obr. 4. – Jez Bulhary 2. 4. 2006

bené výtokem vody pod segmenty do vývaru pod VD Nové Mlýny – viz obr. 2. Z tohoto důvodu bylo subdodavatelem společností Quantum Hydrometrie osazeno 12 kusů ultrazvukových senzorů na pilíře a opevnění tří profilů silničního mostu Nové Mlýny – Milovice – viz obr. 3. Za tímto mostem již dochází v období povodňových průtoků k rozlivům jak do PB lužních lesů v oblasti Křivého jezera – viz obr. 2 tak i LB do obce Nové Mlýny.

– **Automatické měření průtoků řeky Dyje pod jezem Bulhary, instalace měření s přepočtem průtoků do PB průtočného poldru Lednice, instalace měření s přepočtem průtoků do LB Přítluckého poldru, rekonstrukce elektroinstalace jezu Bulhary včetně automatiky** – viz bod 2 na obr. 1

Jez Bulhary je významným VD zajišťujícím protipovodňovou ochranu města Břeclav odlehčením do PB průtočného poldru Lednice, přepadem přes pevný boční přeliv v nadjezí, umístěným mezi jezem a vtokem do Zámecké Dyje – viz obr. 4 a odlehčením do LB bočního poldru Přítluky. Jeho 3 napouštěcí stavidla jsou součástí LB zavázání jezu.

Rozšíření monitoringu spočívalo v instalaci automaticky měřícího čidla hladiny pod jezem do PB stávajícího limnigrafu, které nepřetržitě monitoruje průtoky směrem na město Břeclav. Z osazeného automaticky měřícího čidla hladiny v jezové zdrži, instalovaného na PB vtokový objekt do Zámecké Dyje, ze kterého, v případě povodňových průtoků nad $400\text{--}450\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, bude počítán průtok odlehčený do PB průtočného poldru Lednice – viz obr. 8 a v případě nutnosti využití i LB bočního poldru Přítluky, dle platného manipulačního řádu (dále jen MŘ) nad $730\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, bude počítán výtok pod nápusnými stavidly u jezu Bulhary. Pro tento účel jsou na nich osazena čidla měřící jejich polohu a v poldru Přítluky (pod těmito stavidly) čidlo měřící úroveň hladiny v poldru.

V rámci zlepšení manipulovatelnosti pohyblivého jezu byla nahrazena zastaralá a nevyhovující automatika novou, moderní, řešící veškeré možnosti manipulace nastávající během provozu na tomto VD včetně případných výpadků PB malé vodní elektrárny (dále jen MVE) a s tím související rekonstrukce stávající elektroinstalace.



Obr. 5. – Barranovský most v Břeclavi 2. 4. 2006

– **Měření průtoků v městském ramenu řeky Dyje v Břeclavi** – viz bod 3 na obr. 1

Na Barranovský most u Kulturního domu – viz obr. 5 bylo instalováno ultrazvukové čidlo automaticky měřící hladinu v městském ramenu řeky Dyje v Břeclavi a nová měrná lať.

– **Měření průtoků v odlehčovacím ramenu řeky Dyje v Poštorné** – viz bod 4 na obr. 1

Na most přes odlehčovací rameno řeky Dyje – viz obr. 7 bylo umístěno ultrazvukové čidlo – viz obr. 6, měřící nejen vodní stav v korytě pod odlehčovacím jezem v Poštorné, odlehčující průtoky nad městem Břeclav, ale i průtoky z průtočného poldru Lednice, které do odlehčovacího ramene přitékají z PB mezi jezem a mostním profilem – viz obr. 7.

– **Měření s přepočtem průtoků do poldru Soutok na jezu Pohansko včetně vybudování dálkového ovládání** – viz bod 5 na obr. 1

Na lokalitě byla instalována dvě tlaková čidla pro sledování kóty hladiny před a za jezovými segmenty včetně nových vodočetných lať. Pro výpočet množství odlehčené vody do poldru Soutok, výtokem pod segmenty, na ně byla dále instalována čidla pro měření jejich polohy.

Pro zkvalitnění manipulací v rámci operativního řízení převádění povodňových průtoků byla nově instalována řídicí jednotka pro možnost dálkového ovládání poloh jednotlivých jezových segmentů.

– **Měření hladiny v poldru Soutok u přelivného objektu s přepočtem odtoků z poldru do řeky Moravy včetně automatiky ovládání stávajícího stavidla** – viz bod 9 na obr. 1

Nad vypouštěcím stavidlem poldru Soutok (na kanále „Nová Kyjovka“) bylo umístěno tlakové čidlo pro měření vodního stavu v samotném lesním kanále v období nízkých průtoků a v poldru Soutok v období povodňových průtoků.



Obr. 6. – Ultrazvukové čidlo na mostě přes odlehčovací rameno



Obr. 7. – Most přes odlehčovací rameno

Na stávající mechanismus vypouštěcího stavidla bylo instalováno čidlo pro zjištění jeho polohy a nová řídicí jednotka.

Vedle schůdků u stávajícího odtokového limnigrafu bylo instalováno tlakové čidlo včetně měřící latě, pro měření vodního stavu na odtoku pod VD.

Z rozdílů hladin v poldru Soutok, v období povodňových průtoků a na odtoku, bude následně automaticky vypočítáván přepad přes cca 600 m dlouhý bezpečnostní přeliv, ze kterého odlehčená voda odtéká do prostoru soutoku Dyje s Moravou.

– **Měření průtoků v řece Moravě pod jezem Hodonín a v městském ramenu řeky Moravy v Hodoníně** – viz bod 6 na obr. 1

Z důvodu dělení průtoků v lokalitě Hodonín na vlastní Moravu a PB náhon byly umístěny dvě nové měřící stanice, které po sečtení vypočtených průtoků dávají celkový průtok Moravou. Jedna měřící stanice byla instalována na most Hodonín – Holíč. Je napájena pouze ze solárních článků a měří ultrazvukovým čidlem vodní stav řeky Moravy pod jezem Hodonín a předá ze svého podnětu svá aktuální data prostřednictvím lokální radiové sítě na veřejné frekvenci centrální měřící jednotce umístěné v domku jezného.

Druhá měřící stanice zajišťuje měření průtoků v PB náhonu – Staré Moravě měřením poloh tří přepouštěcích tabulí a kóty hladiny před a za přepouštěcími tabulemi.

– **Měření s přepočtem průtoků do poldru Soutok na odlehčovací objektu v Moravské Nové Vsi včetně vybudování dálkového ovládání** – viz bod 7 na obr. 1



Obr. 8. – Průtočný poldr Lednice 2. 4. 2006

Byla instalována 3 tlaková čidla napájená ze stávající elektrické přípojky (automatické měření hladiny v řece Moravě nad stávajícím pevným jezem, automatické měření kóty zvýšené hladiny v řece Moravě před odlehčovacím stavidlem a automatické měření hladiny za odlehčovacím stavidlem) a nové vodočetné latě. Dále čidlo pro zjištění aktuální polohy odlehčovací tabule a nový rozvaděč s kompletní výzbrojí měřící a řídicí stanice, společně s vybavením pro lokální i dálkové ovládání pro zkvalitnění manipulací v rámci operativního řízení převádění povodňových průtoků.

– **Měření s přepočtem průtoků do poldru Soutok na odlehčovací objektu v Týnci včetně vybudování dálkového ovládání** – viz bod 8 na obr. 1

Vzhledem k tomu, že odlehčovací stavidlo nebylo elektrifikováno a v blízkosti na Českém území není žádné elektrické vedení, byly na stožár vedle stavidlového objektu umístěny malá větrná elektrárna a solární panel. Tyto zařízení průběžně dobíjejí 2 do série zapojené pracovní baterie elektrického zdroje pro všechna zařízení umístěná na objektu. Na mechanismus odlehčovací tabule byl instalován nový elektromotor s převodovkou.

Na objekt byl dále umístěn nový rozvaděč s kompletní výzbrojí měřící a řídicí stanice, společně s vybavením pro lokální i dálkové ovládání.

Před a za stavidlo byla instalována 2 tlaková čidla pro měření zvýšeného vodního stavu v řece Moravě a vodního stavu za stavidlem včetně čidla pro zjištění aktuální polohy odlehčovací tabule.

– Přenos automaticky naměřených dat z výše uvedených 9-ti nových stanic na nadřazené systémy pracovišť do Brna, Břeclavi a Veselí nad Moravou včetně jejich vizualizace a dalšího zpracování

Nový ucelený monitorovací systém 9-ti stanic, 2 pracovišť provozů PM a centrálního vodohospodářského dispečinku v Brně je vzájemně propojen pomocí nově vybudovaných komunikačních kanálů v prostředí Internetu a GSM/GPRS sítě.

Veškerá naměřená data jsou exportována z vodohospodářského dispečinku PM přes FTP server na Český hydrometeorologický ústav, pracoviště Brno, kde jsou využita pro vytváření předpovědních hydrogramů pro profil Hohenau/Moravský Svätý Ján.

Automaticky měřené stanice dané úseky toků nejen monitorují, ale některé z nich prostřednictvím připojených technologií i ovlivňují vodohospodářskou situaci. Pro bezpečnou realizaci povelů jsou na těchto stanicích instalovány webové kamery.

– Předpovědi průtoků v soutokové oblasti Moravy a Dyje zajištěné projektovým partnerem Úřadem zemské vlády Dolních Rakous

Obsahovalo přípravu vstupních dat do modelu, regionální rozšíření srážkoodtokového modelu HYDROG až k profilu Hohenau/Moravský Svätý Ján včetně poldrů, zpracování modelu HYDROG pro povodí Myjavy včetně zaškolení pracovníků SHMÚ, zpracování prognostického modelu pro oblast Moravy od soutoku Dyje s Moravou po soutok Moravy s Dunajem s využitím limnigrafů Hohenau a Angern – viz body 10 a 11 na obr. 1 a vydávání pravidelných předpovědních hydrogramů na 48 hod ve tvaru velikosti průtoků a objemu vlny pro profil Hohenau/Moravský Svätý Ján Českým hydrometeorologickým ústavem.

Závěr

„Projekt“ výrazně zkvalitnil předpovědní a povodňovou službu v soutokové oblasti Moravy a Dyje včetně manipulovatelnosti 5-ti objektů ve prospěch včasější reakce za povodňových situací, což přispěje ke včasnému a efektivnímu rozhodování a provádění činností potřebných k záchraně lidských životů a výrazné eliminaci škod na území nejen České republiky, ale i Rakouska a Slovenska.

Svým rozsahem a závažností se jedná bezesporu o ojedinělý příklad přeshraniční spolupráce.

VODNÍ NÁDRŽE A MANIPULACE NA NÁDRŽÍCH VE SPRÁVĚ POVODÍ MORAVY, S.P.

Marek Viskot¹

¹Povodí Moravy, s.p., Dřevařská 11, 601 75 Brno, 541 637 252, viskot@pmo.cz

Abstrakt

Problémy se zásobováním vodou se člověk zabývá od nepaměti. Dodnes budí obdiv a úctu důmyslná zavlažovací zařízení starých kulturních národů například na řekách Eufrat a Tigris nebo na Nilu. I na území Moravy se můžeme obdivovat víceúčelovým rybníčním soustavám, hamrům a mlýnům, svědčícím o pozoruhodném stupni rozvoje vodního hospodářství v dřívějších dobách. Následkem intenzivního rozvoje průmyslu a zemědělské výroby na území jižní Moravy se vodní hospodářství dále rozvíjelo. K výstavbě významných vodních zdrojů, zvláště pak povrchových, došlo především ve dvacátém století, kdy začaly v moravské části povodí Dyje vznikat základy víceúčelové Dyjsko – svratecké vodohospodářské soustavy (dále jen DSVS) a také lokální nádrže v povodí řeky Moravy – Moravní soustava (dále jen MS).

Klíčová slova: vodní nádrž; manipulace

Abstract

The man deals with water supply issues from everlasting. Up today ingenious irrigating systems which were established by old cultural nations, for example on the rivers Euphrates and Tigris or on the river Nil, arouses admiration and respect. Also on Morava region we can admire multipurpose systems of ponds, hammer mills and mills, which show remarkable level of water management development in previous times. As a consequence of industry and agriculture development on the South Morava region, water management continued in its development. Building of significant water sources, especially surface water sources, was mainly done in 20. century. In that time in Moravian part of Dyje river basin started to arise foundations of multipurpose Dyje-Svratka water resources system – see picture No. 1 and also there started arise local reservoirs in Morava river basin – Morava water resources system.

Key words: water reservoir, manipulation

Úvod

Na území ve správě Povodí Moravy, s.p. se dá hovořit o dvou vodohospodářských soustavách. Jednou z nich je Dyjsko – svratecká soustava, která je tvořena 21 nádržemi ležící v povodí řeky Dyje. Nádrže v této soustavě jsou především víceúčelové s významem i pro širší území a pro přeshraničí. Druhou „soustavu“ tvoří nádrže nacházející se v povodí řeky Moravy tzv. Moravní soustava. Zde jsou nádrže menší, spíše lokálního významu, celkem se jedná o 9 nádrží. Samozřejmě Dyjsko – svratecká soustava má daleko větší význam a možnost manipulace než na nádržích v Moravní soustavě. Celkem je to 30 významných vodních nádrží. Od 1.1.2011 převzalo Povodí Moravy, s.p., po zrušení Zemědělské vodohospodářské správy, dalších 124 nádrží a rybníků.

Manipulace jsou prováděny dle platných manipulačních řádů, které zpracovává vodohospodářský dispečink v Brně. Dispečink také přímo řídí hospodaření s vodou na jednotlivých nádržích a fungování nádrží v soustavě.

Dyjsko – svratecká vodohospodářská soustava

V povodí řeky Dyje jsou to víceúčelové vodohospodářské uzly: Znojenský, Ivančicko-Pohořelický, Brněnský, Vířský a Břeclavský.

Nejvýznamnější vodní díla Dyjsko – svratecké vodohospodářské soustavy:

V povodí Moravské Dyje je provozována od roku 1985 vodárenská nádrž **Nová Říše** na Olšanském potoce sloužící převážně pro skupinový vodovod Telč – Třešť. Nádrž je tvořena kamenitou hrází se středním jílovým těsněním.

Na Pstruhovci je od roku 1973 vodárenská nádrž **Landštejn** na Pstruhovci sloužící převážně pro zásobování vodárenské skupiny Staré Město pod Landštejnem – Slavonice – Dačice. Je vytvořena zemní hrází s návodní těsnicí fólií.

Nejvýznamnějším VD na řece Dyji je vodní dílo **Vranov** (obr. č. 1). VD Vranov bylo vybudováno v letech 1930–1934 jako betonová gravitační hráz z litého betonu, délky v koruně 290,4 m a výšky nade dnem 47 m. Celkový objem nádrže je

132,696 mil. m³ a zatopená plocha 761,3 ha. Hlavní účely: zajištění trvalého min. průtoku v toku pod jezem ve Vranově, nadlepení průtoků pro zajištění trvalého minimálního průtoku v Dyji v bilančním profilu jezu Krhovice, odběr pro skupinový vodovod Znojmo a pro skupinový vodovod Vranov – Moravské Budějovice – Dukovany, zajištění průtoků v Dyjsko – mlýnském náhonu od Krhovického jezu (dle mezistátních dohod s Rakouskem), výroba špičkové elektrické energie, odběry pro závlahy převážně pod VD, ochranu před velkými vodami (snížení kulminací velkých vod), rekreace, vodní sporty, sportovní rybolov a plavba.

Cca 40 ř. km pod VD Vranov provozuje PM od roku 1966 VD **Znojmo** sloužící převážně k týdennímu vyrovnání nerovnoměr-

ných průtoků v Dyji způsobených špičkovým provozem vodní elektrárny Vranov a pro vodárenský odběr. Jedná se o sypanou kamenitou hráz se středním sprašovým těsněním. Celkový objem nádrže je 4,290 mil. m³ a zatopená plocha 53,3 ha.

V horním toku Jevišovky je provozována nejstarší přehrada na Moravě **Jevišovice** sloužící ke snížení povodňových průtoků, pro trvalé zajištění minimálního průtoku, rekreaci. Tíží zděná hráz z kamene byla uvedena do provozu v roce 1896.

K dominantním povrchovým zdrojům patří nádrže **Nové Mlýny** na Dyji sloužící mimo jiné k trvalému zajištění minimálních průtoků, snížení povodňových průtoků, zajištění závlah rybářství, zlepšení hygieny, čistoty vody a likvidaci komářích kalamit



Obr. 1. – VD Vranov na Dyji při převádění povodně na jaře 2006



Obr. 2. – VD Nové Mlýny – dolní na Dyji

v oblasti. **Horní nádrž Nové Mlýny** je provozována od roku 1978. Dále slouží pro akumulaci vody pro zajištění závlahových odběrů, rekreace a vodní sporty. Celkový objem horní nádrže je 14,313 mil. m³ a zatopená plocha 575 ha. **Střední nádrž Nové Mlýny** je provozována od roku 1981. Již od počátku výstavby byla přednostně vyhrazena pro účely ochrany přírody. Celkový objem střední nádrže je 32,062 mil. m³ a zatopená plocha 1 033 ha. **Dolní nádrž Nové Mlýny** (obr. č. 2) je ve funkci od roku 1989. Slouží mimo výše uvedeného pro akumulaci vody pro zemědělské závlahy, průmysl a zajištění odběrů pro Rakousko, zajištění minimálních průtoků v Dyji a v síti drobných vodních toků a kanálů pod VD, povodňování lužních lesů, rekreace, energetické využití. Hlavní hráz tvoří zemní sypaná část se středním těsnícím jádrem. Celkový objem dolní nádrže je 83,961 mil. m³ a zatopená plocha 1 668 ha.

V horním povodí Jihlavy, západně nedaleko města Jihlavy, je vodárenská nádrž **Hubenov** na Maršovském potoce sloužící pro vodárenský odběr pro zásobení Jihlavy, akumulaci vody pro trvalé zajištění minimálního průtoku a ke snížení povodňových průtoků. Výsledný efekt této nádrže zvyšují převody ze sousedních povodí, a to Jedlovského a Jiřínského potoka. Tvoří ji kamenitá sypaná hráz se středním zemním jádrem.

Na středním toku Jihlavy je od roku 1978 nádrž **Dalešice** sloužící především k výrobě elektrické energie v přečerpávací vodní elektrárně, akumulaci vody pro trvalé zajištění minimálního průtoku pod nádrží Mohelno, zajištění odběru vody pro jadernou elektrárnu Dukovany z nádrže Mohelno, zajištění odběru pro závlahy a průmysl pod nádrží Mohelno a ke snížení povodňových průtoků. Tvoří ji kamenitá sypaná hráz se středním jílovým těsněním.

Navazující na Dalešice je nádrž **Mohelno**. Jedná se o vyrovnávací nádrž přečerpávací vodní elektrárny Dalešice sloužící dále

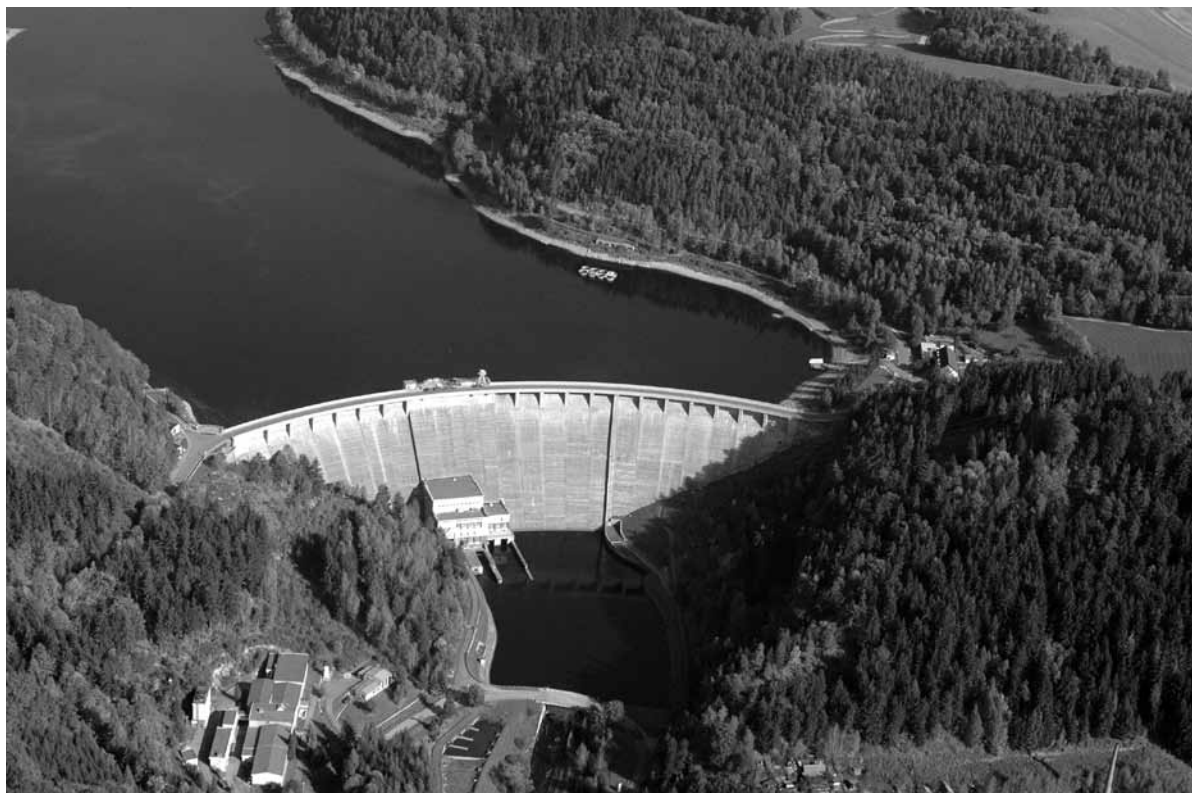
k akumulaci vody pro zajištění odběru vody pro jadernou elektrárnu Dukovany. Vyrovnanými odtoky je zajištěn minimálního průtoku pod VD. Nádrž také slouží ke snížení povodňových průtoků. Nádrž vytváří betonová gravitační hráz.

Na řece Oslavě je vodárenská nádrž **Mostišť** sloužící k akumulaci vody pro vodárenský odběr skupinového vodovodu Velké Meziříčí - Třebíč, k trvalému zajištění minimálního průtoku pod VD, ke snížení povodňových průtoků a energetickému využití v MVE. Tvoří ji kamenitá sypaná hráz s návodním sprašovým těsněním, která byla uvedena do provozu od roku 1960.

Nejvýznamnějším VD Svratecké soustavy je přehrada **Vír I.** (obr. č. 3). Vodárenská nádrž slouží především ke snížení povodňových průtoků a akumulaci vody pro vodárenský odběr pro skupinové vodovody Bystřice n. Pernštejnem a Žďár n. Sázavou, vodárenský odběr pro Vířský oblastní vodovod, zajištění trvalého minimálního průtoku, nadlepšení průtoků pro energetické využití ve špičkové vodní elektrárně Vír I.

Záložním zdrojem pro potřeby Brna a okolí je **Brněnská nádrž** na řece Svratce, provozovaná PM, sloužící k akumulaci vody pro trvalé zajištění minimálního průtoku, výrobu elektrické energie ve špičkové vodní elektrárně, snížení povodňových průtoků, rekreaci a vodní sporty, plavbu, rybářství. Nádrž má celkový objem 17,702 mil. m³ a zatopenou plochu 231 ha. Tvoří ji betonová gravitační hráz uvedená do provozu od roku 1940.

V západní části horního povodí Svitavy na toku Křetinka je od roku 1976 nádrž **Letovice** sloužící především ke kompenzačnímu nadlepšení průtoků ve Svitavě, trvalému zajištění minimálního průtoku pod VD, energetickému využití v MVE a ke snížení povodňových průtoků. Tvoří ji kamenohlinitá sypaná hráz se středním jílovým těsněním. Ve východní části horního povodí Svitavy na toku Bělá je od roku 1990 provozována vodárenská nádrž **Boskovice**.



Obr. 3. – VD Vír I. na Svratce



Obr. 4. – VD Slušovice na Dřevnici

Nejvýchodnější nádrží je od vodárenská nádrž **Koryčany** na řece Kyjovce. Nádrž slouží především k akumulaci vody pro vodárenský odběr skupinového vodovodu Kyjov.

Moravní soustava

Nádrže patřící do Moravní soustavy se nachází v povodí řeky Moravy.

Mezi tyto nádrže patří:

V povodí Dřevnice je provozována od roku 1939 nádrž **Fryšták** na Fryštáckém potoce původně zbudována jako vodárenská nádrž. Nádrž je tvořena homogenní sypanou hrází z jílovitých hlín. Nádrž má celkový objem 2,950 mil. m³ a zatopenou plochu 62,2 ha.

Na horním úseku Dřevnice bylo vybudováno a v roce 1976 uvedeno do funkce VD **Slušovice** pro zabezpečení vodárenského odběru pro skupinový vodovod, zajištění minimálního průtoku, snížení povodňových průtoků a výroba el.energie v malé vodní elektrárně. Nádrž má celkový objem 9,949 mil. m³ a zatopenou plochu 78,4 ha.

V povodí řeky Bečvy se nachází tři vodní díla. Na Rožnovské Bečvě je to VD **Horní Bečva**. Účelem této nádrže je výroba el.energie, zajištění min.průtoku. Vodní dílo bylo uvedeno do provozu v roce 1944 s objemem 0,665 mil. m³. Na toku Bystřička je nejstarší vodní dílo v Moravní soustavě VD **Bystřička** z roku 1912. Nádrž byla vybudována především pro snížení povodňových průtoků. Jedná se o gravitační zděnou z kamenného zdiva. Další nádrží je vodárenská nádrž **Karolínka** na toku Stanovnice, jejíž účelem je především zabezpečení vodárenského odběru. Vodní dílo bylo uvedeno do provozu v roce 1985 s objemem 7,395 mil. m³. Hráz je kamenitá sypaná se středním hlinitým těsněním.

Za lokální vodohospodářskou soustavu je možno považovat tři nádrže v povodí Olšavy. První z nich je VD **Ludkovice** sloužící

k akumulaci vody pro vodárenský odběr skupinového vodovodu, k trvalému zajištění minimálního průtoku pod VD. Tvoří ji hráze sypaná z pískovce a hlinitoštěrkového materiálu s návodním jílovým těsněním, která byla uvedena do provozu od roku 1968. Dále na Luhačovickém potoce je od roku 1930 v provozu VD **Luhačovice**. Jejím hlavním účelem je snížení povodňových průtoků. Nádrž má objem 2,680 mil. m³. Třetí nádrží je VD **Bojkovice** na Kolelači. Jedná se o vodárenskou nádrž o objemu 0,965 mil. m³ a zatopenou plochou 15,45 ha. Vodní dílo bylo uvedeno do provozu v roce 1966.

Poslední významnou nádrží v povodí řeky Moravy je VD **Plumlov** na Hloučele. Nádrž byla uvedena do provozu v roce 1932. Jejím hlavním posláním je snížení povodňových průtoků, zajištění min.průtoků. Objem nádrže je 5,566 mil. m³.

Manipulace na vodních nádržích a vodohospodářský dispečink

Manipulace na vodních nádržích ve správě Povodí Moravy, s.p. řídí a kontroluje vodohospodářský dispečink. Manipulace jsou prováděny dle platných manipulačních řádů, které se na vodohospodářském dispečinku zpracovávají. Ročně vodohospodářský dispečink zpracuje cca 50 manipulačních řádů.

V případě, že je nutné provést manipulace nad rámec manipulačního řádu, musí být vodoprávně projednány. Za povodní tyto manipulace nad rámec manipulačního řádu nařizuje příslušný povodňový orgán.

Manipulační řád je zpracováván dle platného povolení k nakládání s vodami, platné právní legislativy ve vodním hospodářství, zejména Vyhlášky 216/2011 Sb. Je zpracováván tak, aby obsluha vodního díla byla schopna manipulovat sama v případě výpadku spojení s vodohospodářským dispečinkem.

Vodohospodářský dispečink je informační, organizační a řídicí centrum pro soubory činností:

- manipulace, hospodaření vodou v nádržích, bilanční vyhodnocování,
- manipulace na pohyblivých jezech,
- operativní řádné a mimořádné manipulace,
- řešení nedostatku vody v suchých obdobích regulačními opatřeními,
- sledování a vyhodnocování měření automatických monitorovacích stanic,
- ochrana před povodněmi,
- zajištění havarijní a povodňové služby,
- trvalá služba pro veřejnost,
- hydrologie,
- poskytování informací (odborné firmy, média, veřejnost),
- vyjadřovací činnost pro podporu státní správy,
- manipulační řády, havarijní plán, plán krizové připravenosti,
- zvláštní povodně atd.
- servis a údržba monitorovací sítě

Vodohospodářské řešení nádrže – podklad pro manipulace

Vodohospodářské řešení nádrže je jedním z podkladů, které jsou zohledňovány při návrhu hospodaření s vodou v nádrži k zabezpečení účelů, ke kterým má vodní nádrž sloužit. Vodohospodářským řešením se simuluje provoz nádrže za určitá období. Různými na-

vrženými variantami řešení je vypočítávána nejčastěji zabezpečení podle trvání a testuje se, za jaké období dojde k selhání nádrže. Zabezpečení dle trvání se vyjadřuje v procentech.

Zabezpečení je definována jako délka období, po které je zaručena stanovená dodávka vody, vyjádřená v procentech z délky celého posuzovaného období. Toto kritérium vychází z ČSN 75 24 05 Vodohospodářská řešení vodních nádrží. Zabezpečení účelů nádrže podle trvání by neměla klesnout pod 95 %, u nejvýznamnějších účelů pod 99,5 %.

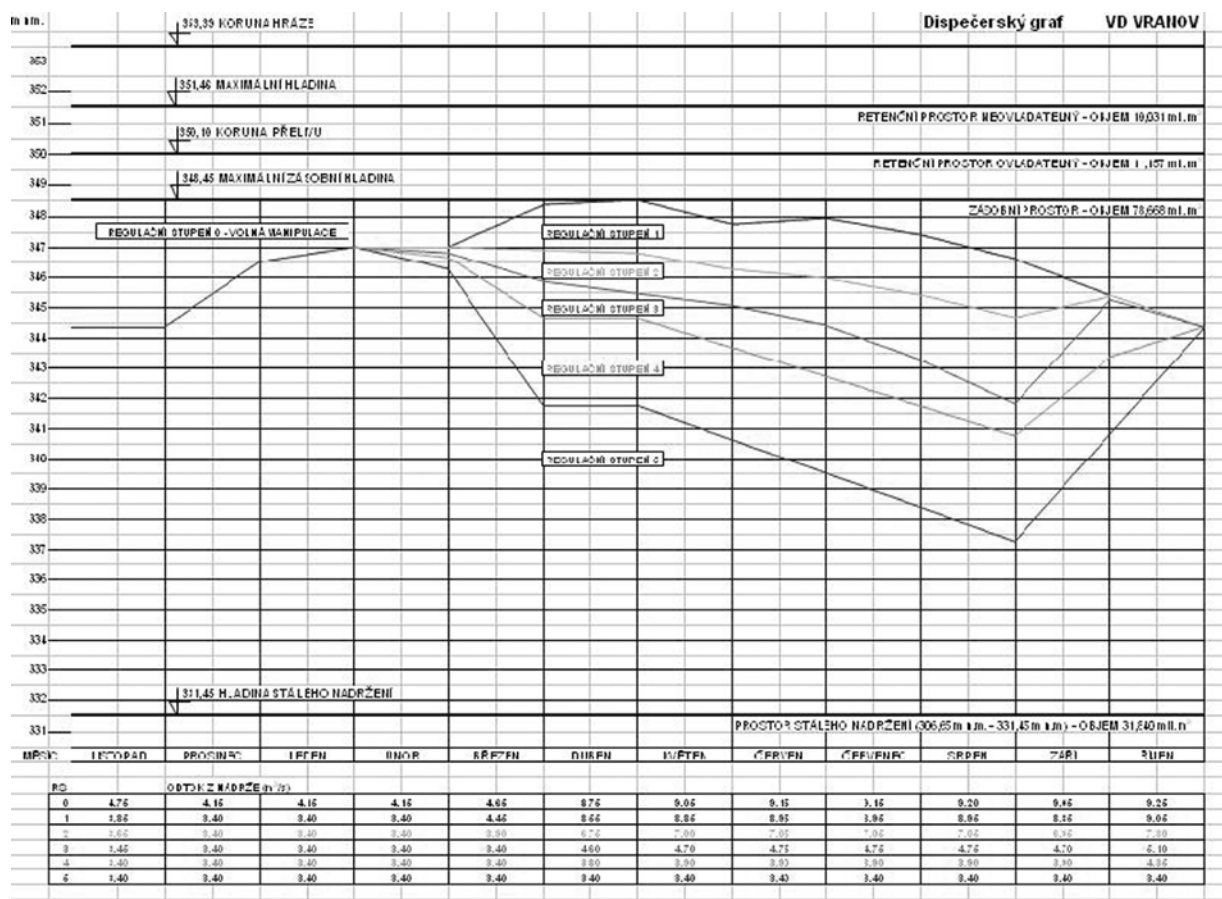
Pro řešení se na Povodí Moravy, s.p. používá matematický simulací model „Vodohospodářské řešení nádrží“. Tento speciální SW produkt byl sestaven a naprogramován pro vodohospodářský dispečink Povodí Moravy a v principu umožňuje přímé bilanční řešení zásobní funkce nádrže v chronologické průtokové řadě, kde se krok za krokem sledují změny v nádrži v závislosti na přítoku, odtoku a odběru.

Pro potřeby vyjádření účinků nádrže se tyto známé průtokové poměry chápou tak, že se budou vyskytovat i v budoucnu (simulační řešení).

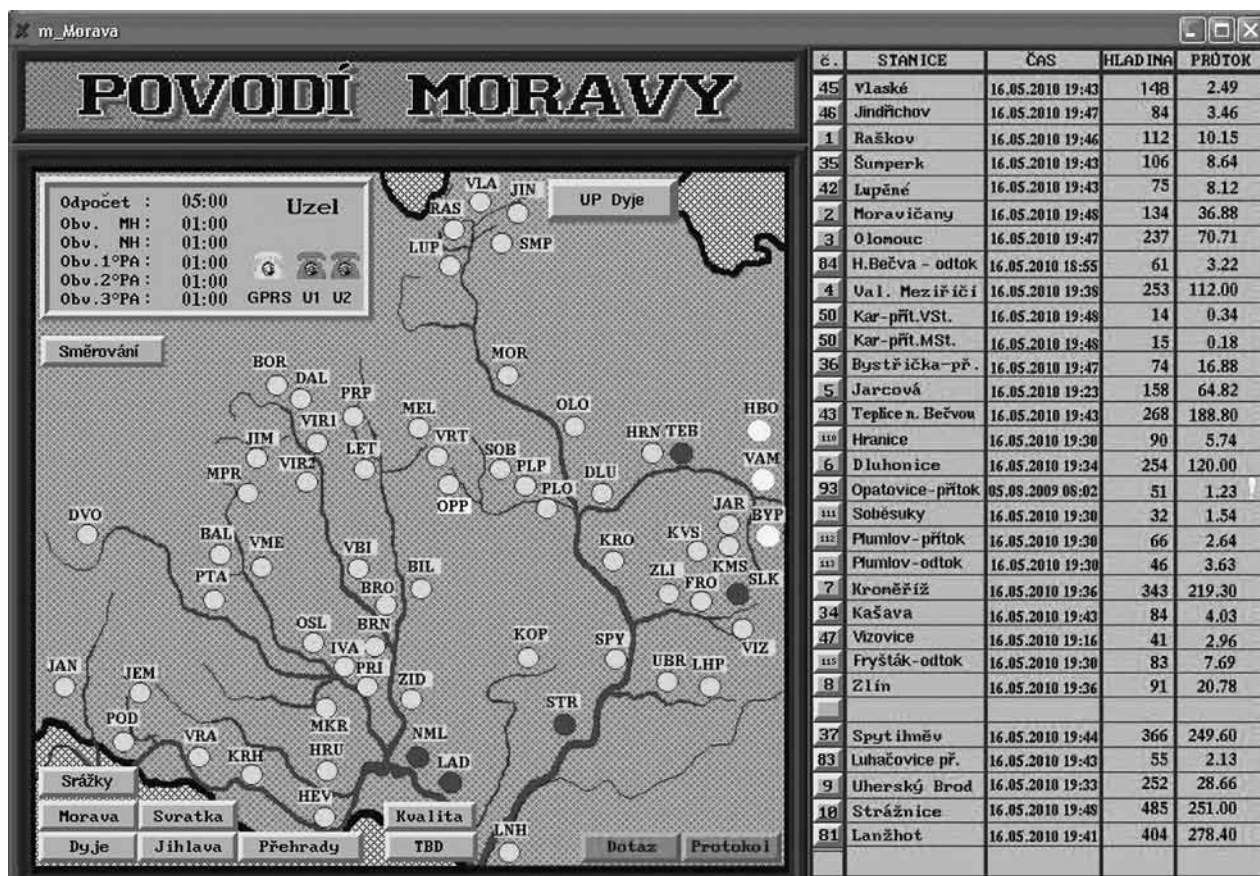
V případě selhání nádrže, kdy hladina klesne až na stálé nadřžení, se předpokládá zastavení všech odběrů a do toku se bude vypouštět pouze přitékající množství vody.

Procento selhání nádrže je jedním z hlavních kritérií při vyhodnocování všech variant vodohospodářského řešení.

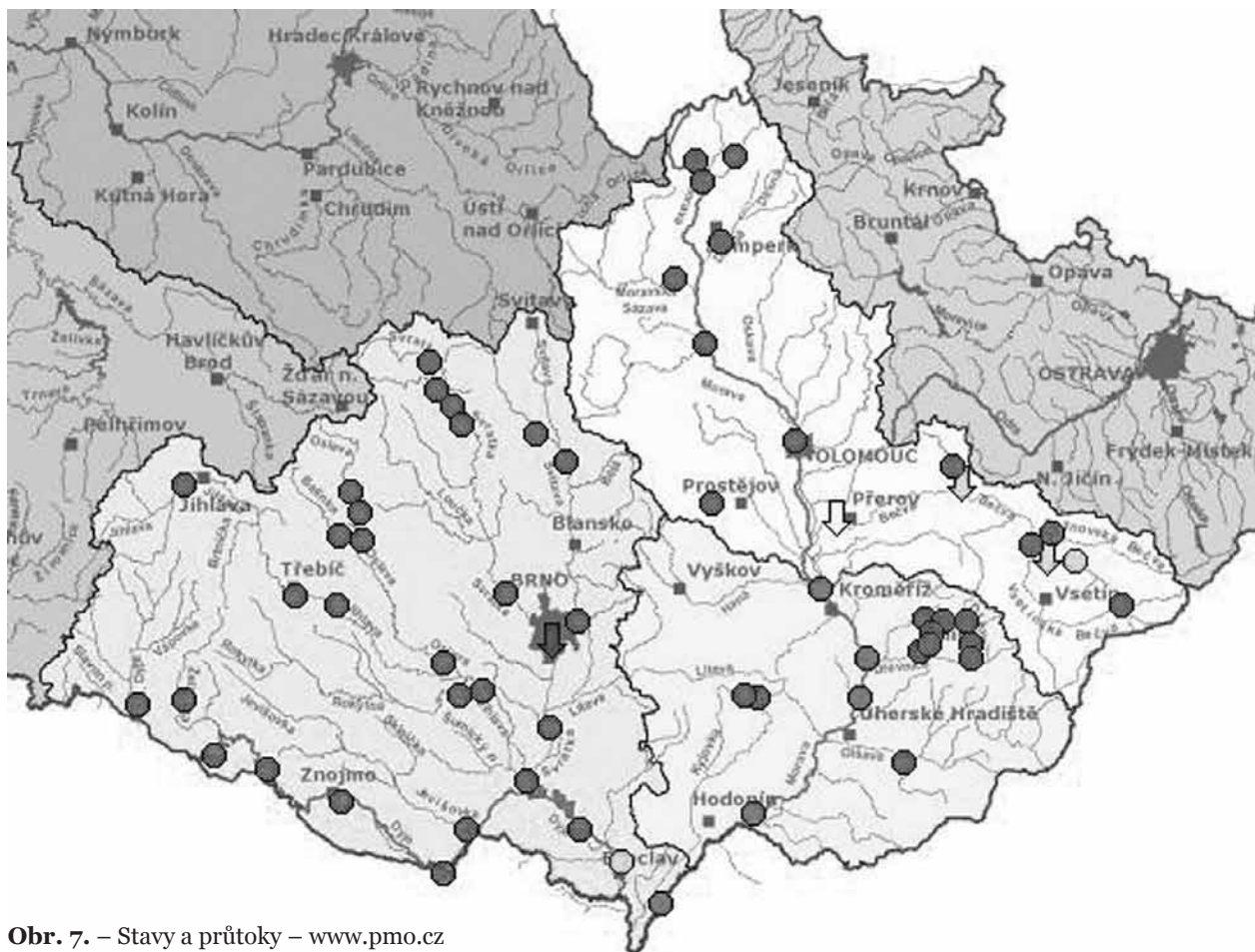
Vodohospodářské řešení nádrže je přešetřováno např. v rámci zpracování manipulačních řádů vodních nádrží, posouzení výše povolených odběrů apod.



Obr. 5. – dispečerský graf VD Vranov



Obr. 6. – monitorovací systém SAE



Obr. 7. – Stavy a průtoky – www.pmo.cz

Výsledkem vodohospodářské řešení nádrže je dispečerský graf, který je jedním z hlavních podkladů pro manipulaci na vodní nádrži.

Příklad: Na VD Vranov se postupuje dle dispečerského grafu s 5-ti regulačními stupni. Minimální nadlepšený průtok je $3,4 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$. Minimální průtok pod VD Vranov je $2,4 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$.

Dle úrovně hladiny v nádrži jsou postupně omezovány povolené odběry (např. závlahy, vodárenské odběry apod.). Dalším podkladem pro řízení manipulací na vodních dílech je automatický monitoring Povodí Moravy, s.p.

Jak získáváme naměřená data z terénu?

Povodí Moravy, s.p. provozuje síť automatického monitoringu na vodních tocích, vodních dílech a srážkoměrech. V provozu:

- 126 měřicích stanic na vodních tocích
- 34 měřicích stanic na vodních dílech
- 50 srážkoměrných stanic

Data jsou přenášena pomocí GPRS spojení přímo na vodohospodářský dispečink se záložní komunikací přes pevné linky a mobilní spojení. Údaje jsou využívány např. pro manipulace na vodních dílech, pro účely ochrany před povodněmi, pro vnitřní účely podniku, pro zajištění bezpečnosti vodního díla (TBD), pro bilanční účely apod.

Aktuální stavy a průtoky na vodních tocích, stavy na vodních dílech a srážky jsou průběžně zveřejňovány na internetových stránkách:

- Povodí Moravy, s.p.: www.pmo.cz,
- Vodohospodářský portál: voda.gov.cz.

Závěr

Vodní nádrže již mnohokrát v minulosti potvrdily svoji nezastupitelnou roli. Za povodňových situací významně přispěly k transformaci povodňových vln a tím ke snížení povodňových škod, ale také v obdobích sucha dlouhodobě zlepšují situaci na vodních tocích a i pro jednotlivé odběratele.

Literatura

- [1] STANISLAV NOVOTNÝ A KOLEKTIV Moravské vodohospodářské soustavy. Povodí Moravy 1987.
JOSEF MATĚJČEK Hospodaření s vodou v povodí. Povodí Moravy a.s. 1996.

České technické normy:

Vodní hospodářství – Základní terminologie

Manipulační řady vodních děl Dyjsko – svratecké soustavy

ANALÝZA NEJISTOT STANOVENÍ PRŮTOKŮ VE SLOŽITÉ VODOHOSPODÁŘSKÉ SOUSTAVĚ

Karel Drbal¹

¹Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Mojžírovo nám. 16, Brno,
tel.: 541 126 300, karel_drbal@vuv.cz

Abstrakt

Hydrologické údaje, pozorované i návrhové, jsou vždy zatíženy určitou chybou a je nezbytné s touto skutečností při práci s daty počítat. Významnými vstupními daty, která slouží ke kalibraci simulačních modelů, bývají řady průměrných denních průtoků a řady denních úhrnů srážek. Cílem příspěvku je přiblížit postupy analýzy nejistot zaměřené na odhad vlivu chyb primárních dat či jejich pořizování na velikost chyb výsledných hodnot průtoků ve složité vodohospodářské soustavě. Problém byl dekomponován na posouzení vlivu chyb v subsystému pozorovaných vodoměrných stanic a průtoků vypočtených srážko-odtokovými modely. Kvantifikovány byly složky náhodných chyb, které jsou obecně identifikovatelné: náhodná chyba průměrného denního průtoku složená z chyby měrné křivky a z chyby odečtu vodního stavu a chyba průměrného denního průtoku vypočteného srážko-odtokovým vztahem. V rámci hodnocení tolerancí kulminačních průtoků byly stanoveny změny průtoku nádrží v zájmových povodích v závislosti na jednotlivých diferencích úrovně hladiny. Příklady hodnocení propagace chyb jsou přiblíženy v povodích Vltavy, dolního Labe a Dyje.

Klíčová slova: nejistoty; kvantifikace chyb; soustava vodních nádrží; průtok; srážky

Abstract

Observed and design hydrological data are always loaded with certain errors. This fact should be kept in mind when we work with this data. Among important input data belong very often daily discharges and daily precipitation amounts. This article deals with analysis of uncertainties which is focused on error influence estimation of input data on final discharges in complex water management system. There was considered the error influence in system of gauging station and discharges calculated by rainfall-runoff models. Random error components were quantified which can be generally identified: the random error of daily mean discharge compounds from error of discharge rating curve and water level reading and from error of daily mean discharge calculated by

rainfall-runoff model. Tolerances of peak flow were evaluated: the dependence of reservoir flow changes on differences of reservoir water level was determined in pilot river basins. Error propagation examples are demonstrated in Vltava River basin, Lower Elbe River basin and Dyje River basin.

Key words: uncertainties; error quantification; water management system; discharge; precipitation

1. Úvod

Obecně je ochranný účinek nádrží závislý na poměru velikosti retenčního prostoru nádrže k objemu transformované povodňové vlny. Za menších povodňových situací je ochranný účinek větší, protože v ochranném prostoru je zachycena podstatná část objemu povodňové vlny. Nicméně při extrémních povodních obvykle bývá retenční prostor zaplněn již ve fázi vzestupu povodně a již nedojde k podstatnému snížení kulminace povodně. Ochranný účinek nádrží se projevuje nejvíce v úseku toku bezprostředně pod nádrží. Naopak klesá s narůstající vzdáleností od nádrže a vlivem příspěvku neregulovaného přítoku z mezipovodí. Posouzení vlivu a dalších možností využití ochranné funkce nádrží ve složité vodohospodářské soustavě vyžaduje dlouhé homogenní řady maximálních průtoků k odvození nezbytných hydrologických charakteristik.

Hydrologické údaje, pozorované i návrhové, jsou vždy zatíženy určitou chybou a je vhodné s touto skutečností při zpracování a využití dat počítat. Kvantifikace chyb je však obtížná a nelze očekávat, že je možné vždy získat vysoce spolehlivé odhady charakteristických chyb. Významnými složkami vstupních dat, na jejichž podkladě jsou mnohdy kalibrovány simulační modely, bývají řady průměrných denních průtoků v systému vodoměrných stanic a řady denních úhrnů srážek. Pokud primární údaje ne vždy pokrývají celý časový interval potřebných simulací nebo nevyhovují z hlediska diskretizace (např. denní, hodinový krok atd.), je nutné odvozovat další potřebné údaje. Odvozená data jsou také zdrojem chyb v průbězích příslušné veličiny, nicméně míru chyby lze jen obtížně odhadnout.

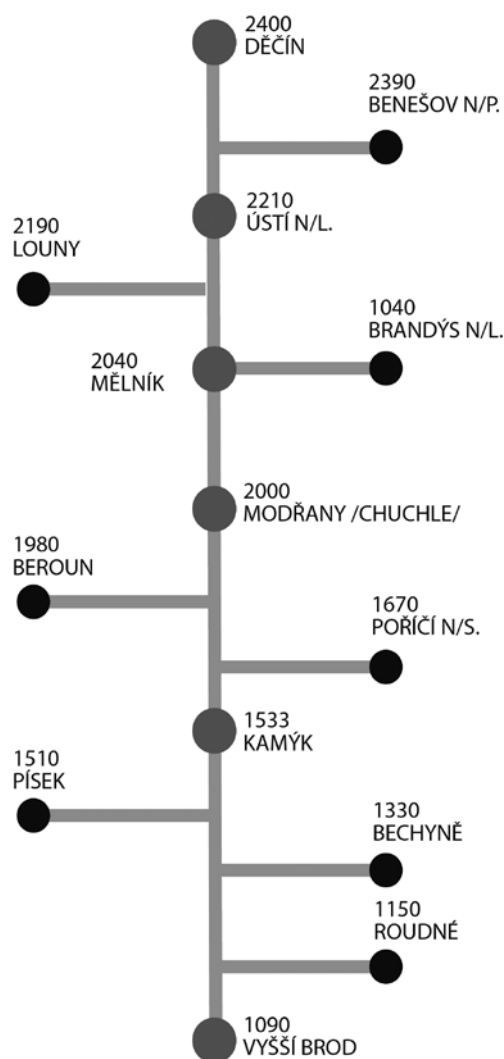
V textu uváděné příklady a příklady vznikly v rámci projektů Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002 [1], [2] a zejména

Vliv, analýza a možnosti využití ochranné funkce údolních nádrží pro ochranu před povodněmi v povodí Labe [3], [4].

2. Metody řešení

Postup vhodného vyjádření míry přesnosti výsledků projektu [2] korespondoval se sledovaným cílem, tj. posoudit vliv údolních nádrží na povodňové průtoky v povodí Labe po profil Děčín. Nicméně přístupy vyjádření míry přesnosti výsledků byly v průběhu řešení modifikovány ve vazbě na charakter a rozsah použitých vstupních dat (časové řady 1890–2002), použité postupy řešení, míru schematizace jednotlivých fází řešení, apod. Vhodným se ukázal být přístup, který posuzuje vliv náhodných chyb vstupních relevantních veličin na výsledné hodnoty průtoků ve zvolených klíčových profilech v zájmovém povodí.

Významnými složkami vstupních dat, na jejichž podkladě byly kalibrovány simulační modely, byly řady průměrných denních průtoků v systému vodoměrných stanic a řady denních úhrnů srážek. Na podkladě primárních údajů, které ne vždy pokrývaly celý časový interval simulací nebo nevyhovovaly z hlediska diskretizace (denní krok), byly odvozovány další potřebné údaje. Pro řešení byla interpolována data v šestihodinovém kroku. Vzniklá chyba nebyla posuzována.



Obrázek 1. – Schéma subsystému vodoměrných stanic pro období 1890–2002

Problém byl dále dekomponován na posouzení vlivu chyb v subsystému vodoměrných stanic (obr. 1) pro výpočetní stav bez ovlivnění manipulacemi na nádržích (situace před výstavbou nádrží). Identifikovatelné složky náhodných chyb jsou: náhodná chyba průměrného denního průtoku (řady primárních dat) δ_q ; náhodná chyba stanovení příspěvku mezipovodí podle srážko-odtokového vztahu δ_{so} . V případě podílu nádrží na propagaci náhodných chyb byl proveden odhad vlivu chyby odečtu hladiny celkem pro osm nejvýznamnějších nádrží.

2.1 Výpočet celkové náhodné chyby hodnoty funkce z chyb nezávisle proměnných

Z teorie pravděpodobnosti pro stanovení chyby veličiny $V = f(x, y, z, \dots)$, kde x, y, z, \dots jsou nezávisle proměnné a $\delta(x), \delta(y), \delta(z), \dots$ jsou chyby jednotlivých měřených veličin, platí (1):

$$\delta(V) = \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 [\delta(x)]^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 [\delta(y)]^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z} \right)^2 [\delta(z)]^2 + \dots \right]^{0.5}$$

Vztah (1) je znám jako zákon hromadění (šíření) chyb. V případě zkoumaného říčního systému je možné celkovou náhodnou chybu průtoku v závěrovém profilu vyjádřit na základě vztahu (2):

$$\delta_{qc} = \left[\delta_{q1}^2 + \delta_{q2}^2 + \delta_{q3}^2 + \dots + \delta_{so1}^2 + \delta_{so2}^2 + \delta_{so3}^2 + \dots \right]^{0.5},$$

kde:

δ_{qc} – celková náhodná chyba průtoku (závislá veličina),

δ_{qi} – náhodná chyba průtoku v přítokovém i -tém profilu (nezávislá veličina)

δ_{soj} – náhodná chyba stanovení příspěvku mezipovodí podle srážko-odtokového vztahu.

2.2 Výpočet celkové náhodné chyby průměrného denního průtoku

Zahrnutí problematiky posouzení chyb průměrných denních (příp. odvozených hodnot) do úlohy souvisí s předpoklady vlastní konstrukce simulačního modelu zkoumané soustavy a na použití uvedených typů dat.

Za předpokladu, že chyba průtoku, která odpovídá chybě určení vodního stavu, je jen velmi málo závislá na chybě průtoků, která vyplývá z měrné křivky, je možné celkovou náhodnou chybu průtoku δ_{qi} určit podle vztahu (3):

$$E_Q = \left[E_{QH}^2 + E_{MK}^2 \right]^{0.5},$$

kde značí:

E_Q – výsledná střední kvadratická chyba průtoku,

E_{QH} – komponenta chyby, která vyplývá z chyby určení vodního stavu,

E_{MK} – komponenta chyby, která vyplývá z nepřesnosti měrné křivky průtoku.

Základní postup stanovení výsledné střední kvadratické chyby průtoku je uveden v [5].

V případě odhadu chyby určení vodního stavu E_{QH} je významné připomenout předpoklad, který vyplývá z publikovaných zkušeností s provozem pozorovacích stanic v dobrém technickém stavu a se spolehlivou obsluhou: i při nízkých vodních stavech se střední kvadratická chyba pohybuje v rozmezí 0,5–1 cm. S rostoucím vodním stavem se zvyšuje rychlost proudění v toku. Vlivem vlnění hladiny za vyšších rychlostí toku se zhoršují podmínky pro přesný odečet vodního stavu. Limnigrafický záznam osciluje v pásu amplitudy vlnění. Za těchto podmínek vysokých vodních stavů a rychlostí ve vodoměrných profilech je třeba uvažovat hodnoty E_{QH} v intervalu 3–6 cm, průměrná chyba 5 cm a mezní 10 cm [5]. Pro další řešení byla zvolena průměrná chyba 5 cm.

K výpočtu chyby průtoku, která odpovídá chybě vodního stavu, je možné dále využít vztah $D(H)$ z derivace rovnice měrné křivky nebo použít odpovídající numerický výpočet diferencí. I když ve většině případů není obtížné určit derivaci příslušné rovnice, byla z důvodu většího zobecnění (empirické křivky) pro další řešení využita druhá možnost.

Stanovení komponenty chyby průtoku, která vychází z měrné křivky, bylo nezbytné řešit jako úlohu aproximace měrné křivky vhodnými modely. Soubory vstupních dat obsahovaly údaje hydrometrických měření nebo jednotlivé číselné hodnoty měrných křivek (příp. jejich části) s definovanou dobou platnosti pro příslušný vodoměrný profil. Při analýze dat byla značná pozornost věnována řešení otázek vychýlených bodů, tj. jejich identifikaci a samozřejmě také extrémům s využitím robustních metod [6]. Vytvoření škály šesti modelů posloužilo dále k upřesnění postupů pro stanovení výsledné střední kvadratické chyby průtoku. K vysvětlení extrémně vysokých hodnot průtoku v příslušných vodoměrných profilech se ukázaly jako vhodné modely (4):

$$\begin{aligned} M1 \quad Q &= a \cdot (H - b)^c & M3 \quad Q &= a \cdot H^b \text{ robustní regrese} \\ M1 \quad Q &= a \cdot H^b & M4 \quad Q &= a + b \cdot H + c \cdot H^2 + d \cdot H^3 \end{aligned}$$

2.3 Odhad vlivu chyby odečtu hladiny v nádržích

Změny hladiny v nádrži, které jsou základním podkladem pro stanovení kolísání objemu a změny průtoku nádrží, se obvykle odečítají na celé centimetry. Změna hladiny o jeden centimetr představuje, v závislosti na velikosti celkového prostoru nádrže, změnu objemu i o několik desítek tisíc m³, což, převedeno v hodinovém kroku na průtok, reprezentuje řádově významné hodnoty průtoku. Významným je vliv četnosti odečítání stavu hladin v nádrži (ve vazbě na velikosti průměrné chyby odečtu vodního stavu) na hodnoty celkového odtoku z nádrže. Řešením byly sledovány modelové případy pro tolerance odečtu hladiny 1cm, 5 cm a 9 cm. Dále se vycházelo z předpokladu, že odečty změn hladin v nádržích jsou prováděny v kroku 1, 6, 24 hodin. Pro jednotlivé difference úrovně hladiny byly v uvedených časových krocích stanoveny změny průtoku nádrží.

Obecně platí, že vstupní údaje, na jejichž základě je zkoumán ochranný účinek opatření, bývají zatíženy značnou mírou neurčitosti. Proto je nezbytné provádět prověření věrohodnosti jednotlivých datových sad. Ze zkušeností s rekonstrukcí hydrogramů za katastrofálních povodňových situací [1], [7] vyplývá, že mnohdy přibližná kvantifikace příslušné fáze jevu je jedinou indicií. K ově-

ření věrohodnosti vstupních veličin transformace povodňových průtoků nádrží byl vytvořen model nádrže, kterým je možné definovat výpočet tzv. inverzní úlohy. Obecný model nádrže vychází z řešení základní rovnice nádrže (5):

$$\frac{dV(t)}{dt} = Q_p(t) - O(V(t)) \quad ,$$

kde znamená:

$V(t)$ – objem vody v nádrži,

$Q_p(t)$ – přítok do nádrže,

$O(V(t))$ – odtok z nádrže jako funkce objemu.

Při řešení uvedené diferenciální rovnice, kde objem $V(t)$ je stavovou veličinou, je změny stavu dosahováno regulací pomocí výpustných zařízení.

V inverzní úloze je pak řešena rovnice (6) optimalizací.

$$Q_p(t) = O(V(t)) + \frac{dV(t)}{dt} \quad .$$

Splněním předepsaného kombinovaného kriteria: (i) minimalizace diferencí objemového průtoku; (ii) minimalizace difference kulminačního průtoku, jsou korigovány hodnoty plnění nádrže. Podle známé hodnoty odtoku je vypočtena upravená hodnota přítoku do nádrže. Předpoklady řešení inverzní úlohy jsou známé průběhy průtoků na odtoku z nádrže (hodnoty průtoků na základě měrných křivek výpustných zařízení, příp. odhad přítoku do nádrže na základě bilančního řešení; záznam hladin v nejbližším profilu pod nádrží) a záznamy kolísání hladin v nádrži (odečty úrovně plnění v čase).

3. VÝSLEDKY A DISKUSE

Výpočet celkové náhodné chyby průtoku v zájmovém povodí

Hodnoty střední kvadratické chyby průtoků E_Q v systému stanic povodí Vltavy a dolního Labe byly po stanovení obou určujících komponent E_{MK} a E_{QH} vyčísleny podle vztahu (3). V případě stanic, kde pro sledované období bylo k dispozici více měrných křivek průtoků, byly komponenty chyb váženy podle délky období platnosti příslušné křivky. Vlivy chyb, které vyplývají z nepřesností měrných křivek, jsou přehledně vyjádřeny pro čtrnáct stanic v relativních a absolutních hodnotách (Tab. 1, 2).

Tabulka 1. – Střední kvadratické chyby průtoků v systému stanic – část 1

		2400	2210	2190	2040	1040	2390	2000
		DĚČÍN	ÚSTÍ	LOUNY	MĚLNÍK	BRANDÝS	BENEŠOV	MODŘANY
E_{MK}	%	3,620	6,780	1,124	4,738	6,459	13,066	6,176
E_{QH}	%	0,392	0,329	0,426	0,662	0,347	3,501	0,605
E_Q	%	3,641	6,788	1,202	4,784	6,468	13,527	6,208
E_{MK}	[m ³ /s]	47,519	23,226	9,297	52,251	31,131	3,455	46,630
E_{QH}	[m ³ /s]	2,745	9,249	8,823	12,248	14,398	9,192	11,105
E_Q	[m ³ /s]	47,599	25,000	12,817	53,667	34,299	9,820	47,934

Tabulka 2. – Střední kvadratické chyby průtoků v systému stanic – část 2

		1980	1670	1533	1510	1330	1150	1090
		BEROUN	POŘÍČÍ	KAMÝK	PÍSEK	BECHYNĚ	ROUDNÉ	VYŠŠÍ BROD
E_{MK}	%	10,304	12,969	2,348	10,090	14,591	11,740	15,976
E_{QH}	%	0,823	1,372	1,032	2,048	4,675	1,413	0,519
E_Q	%	10,366	13,042	2,565	10,296	14,591	11,824	15,985
E_{MK}	[m ³ /s]	20,664	23,794	15,146	11,454	3,126	2,411	3,264
E_{QH}	[m ³ /s]	4,530	1,109	2,270	2,158	1,002	2,035	2,319
E_Q	[m ³ /s]	21,154	23,820	15,316	11,655	3,282	3,155	4,004

Z výsledků vyplývá, že pro uvedené vodoměrné profily a posuzované měrné křivky podíly chyby na hodnotě určeného průtoku kolísají. Je zřejmé, že vhodně navržený tvar vztahu $Q=f(H)$ zásadně ovlivňuje odhad chyby průtoku. V případě stanice Louny, kde procento E_Q je značně nízké, byly k dispozici omezené sady hydrometrických měření. Procento E_Q pro tuto stanici je možné uvažovat cca 8–10 %.

Celkové náhodné chyby příspěvku odtoku ze srážek v mezipovodí, jako komponenty celkové chyby průtoku, byly stanoveny bilančním výpočtem na podkladu primárních řad průměrných denních průtoků vstupujících do subsystému (obr. 1). Příslušná střední kvadratická chyba srážko-odtokových procesů byla stanovena na základě rozboru výsledků simulací ve výši 17 %.

Tabulka 3. – Celková náhodná chyba průtoku v zájmovém povodí

		1890–1950			1951–2002		
		E_Q	E_{SO}	E_1	E_{SO}	E_2	
		[m ³ /s ⁻¹]	[m ³ /s ⁻¹]	[m ³ /s ⁻¹]	[m ³ /s ⁻¹]	[m ³ /s ⁻¹]	
1090	Vyšší Brod	4,00					
	<i>Mezipovodí</i>	–	2,06				
1150	Roudné	3,15					
1330	Bechyně	3,28					
1510	Písek	11,66					
1533	Kamýk	15,32		20,28			
	<i>mezipovodí</i>	–	1,80		3,52		
1670	Poříčí	23,82					
1980	Beroun	21,15					
2000	Modřany	47,93		61,05		59,14	
	<i>mezipovodí</i>	–	3,33		2,05		
1040	Brandýs	34,30					
2040	Mělník	53,67				86,94	
	<i>mezipovodí</i>	–			1,01		
2190	Louny	12,82					
2210	Ústí	25,00				91,37	
	<i>mezipovodí</i>	–			1,45		
2390	Benešov	9,82					
2400	Děčín	47,60		104,62		103,50	

Dosažením všech vyčíslených hlavních komponent celkové náhodné chyby průtoku v zájmovém povodí do vztahu (2), kde náhodné chyby δ reprezentují hodnoty středních kvadratických chyb E příslušných veličin, byly stanoveny hodnoty složky náhodné chyby průtoku v závěrovém profilu. Výpočet byl proveden pro období 1890–1950 a 1951–2002. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3.

Za předpokladu, že pro rozdělení četnosti náhodných chyb platí normální statistické rozdělení, vyplývá z výsledků, že např. pro vyjádření hodnoty kulminačního průtoku ve stanici Děčín platí:

$$(7) \quad Q_{DC} = Q_{max} \pm 2\sigma,$$

při pravděpodobnosti 0,955, kde $\sigma=E_{1/2}$.

$$(8) \quad Q_{DC} = Q_{max} \pm 200 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1},$$

Odhad vlivu chyby odečtu hladiny v nádržích

Postupem uvedeným v kap. 2 byly v zájmovém území vyčísleny změny průtoků nádržemi pro osm vodních děl. Pozornost byla zaměřena na ochranné prostory nádrží nebo prostory, které byly využívány v průběhu povodňové situace v srpnu 2002.

Postup je demonstrován na příkladu nádrže Lipno I, kde v průběhu povodňové situace v srpnu 2002 byl využíván prostor nádrže v rozmezí kót hladin 724,65 m n. m. až 725,67 m n. m., tj. max. hladina nádrže 725,60 m n. m. byla překročena o 0,07 m). Výsledné hodnoty změny průtoku uvedené v souhrnné tabulce 4 jsou porovnány s hodnotami $Q_a = 13,1 \text{ m}^3/\text{s}$ a N-letých průtoků s dobou opakování 1, 5 a 20 let (68, 140, 215 m³/s).

Tabulka 4. – Nádrž Lipno

Časový krok [hodina]	1			6			24		
Diference hladiny [cm]	1	5	9	1	5	9	1	5	9
Změna průtoku Q_R [m ³ /s ⁻¹]	127,2	635,8	1144,5	21,2	106,0	190,8	5,3	26,5	47,7
Q_R/Q_a	9,7	48,5	87,4	1,6	8,1	14,6	0,4	2,0	3,6
Q_R/Q_1	1,87	9,35	16,83	0,31	1,56	2,81	0,08	0,39	0,70
Q_R/Q_5	0,91	4,54	8,18	0,15	0,76	1,36	0,04	0,19	0,34
Q_R/Q_{20}	0,59	2,96	5,32	0,10	0,49	0,89	0,02	0,12	0,22

Z výsledků vyplývá, že například pro střední chybu v odečtu hladiny v nádrži 5 cm je průměrná chyba průtoku cca 106 m³/s i při frekvenci sledování stavu hladiny po šesti hodinách. Vliv tohoto typu chyb na průtoky převáděné nádrží je snížen na rozumnou úroveň např. při bilančním výpočtu v denním kroku. Nicméně v relaci s hodnotami povodňových průtoků se jedná o přijatelnou míru nepřesnosti.

V tabulce 5 jsou pro osm nádrží v zájmovém povodí přehledně uvedeny průměrné chyby průtoku pro střední chybu v odečtu hladiny v nádrži 5 cm při frekvenci sledování stavu hladiny po šesti hodinách.

Tabulka 5. – Přehled průměrných chyb průtoku pro střední chybu v odečtu hladiny v nádrži 5 cm při frekvenci sledování stavu hladiny po šesti hodinách

Nádrž	Změna průtoku Q_R [m^3/s]	Q_R/Q_a
Lipno	106,0	8,09
Hněvkovice	5,1	0,17
Orlík	56,9	0,68
Kamýk	4,3	0,05
Slapy	19,3	0,23
Štěchovice	2,1	0,02
Vrané	5,8	0,05
Nechranice	29,4	0,95

Na obrázku 2 je na příkladu nádrže Vranov na Dyji uveden výsledek přešetření věrohodnosti odhadu dat přítokového hydrogramu povodňové situace z konce března a začátku dubna 2006.

Algoritmus optimalizační inverzní úlohy řešení nádrže (6) je postaven na předpokladu, že průběhy hladin v nádrži jsou z objektivních příčin zatíženy určitou nepřesností. Při splnění předepsaného kritéria (viz výše) jsou korigovány hodnoty plnění nádrže. Podle známé hodnoty odtoku je vypočtena upravená spojitá hodnota přítoku do nádrže. Hledaným výsledkem výpočtu je vektor parametrů korekce plnění nádrže. V uvedeném případě povodňové epizody na nádrži Vranov byly dosaženy výsledné korekce hladiny (primár-

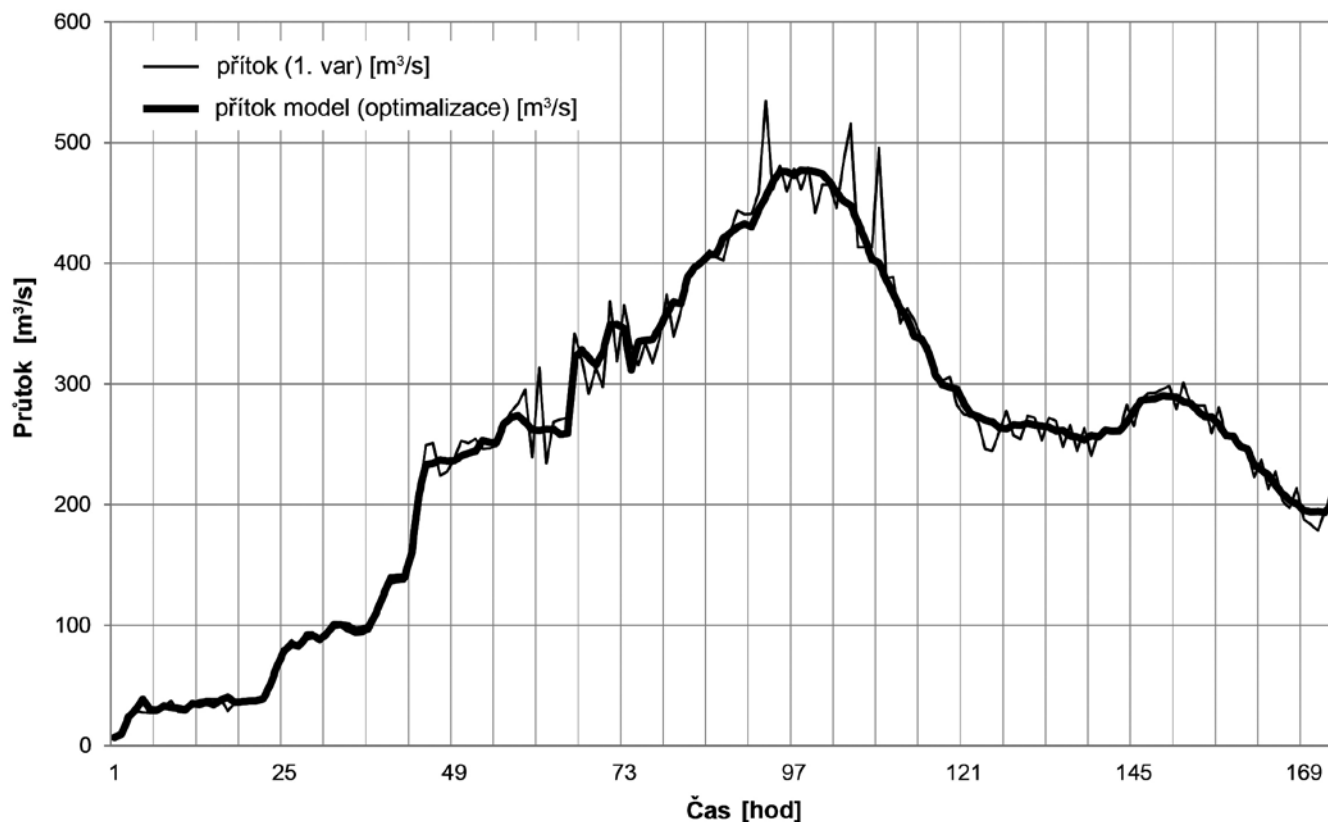
ní data – odečty hladin za povodně) v intervalu od -5,1 do 1,4 cm, což odpovídá přijatým předpokladům.

4. Závěr

Základem řešení problematiky ochrany před negativními dopady povodní je odvození hydrologických charakteristik, které vyžaduje dlouhé homogenní řady maximálních průtoků. Nejdelsí souvislé řady průtoků vykazují znaky nehomogenity, což je výsledek postupného ovlivňování hydrologického režimu toků lidskou činností zejména výstavbou údolních nádrží a jejich manipulacemi.

Na příkladu rekonstrukcí vstupních dat pro nezbytné simulace povodňových stavů v zájmovém povodí Labe byly ukázány postupy analýz chyb použitých měrných křivek, chyb odpovídajících nepřesností odečtu povodňových vodních stavů a chyb průtoků vypočtených srážko-odtokovým modelem. Cenným výsledkem je posouzení propagace náhodných chyb do závěrečného profilu Děčín. Pozornost byla věnována stanovení přesnosti hodnot přítoku a odtoku z nádrží v reálných podmínkách.

Výsledky potvrdily, že náhodné chyby průměrných denních průtoků vyhodnocené ve vodoměrných stanicích se pohybují v rozmezí do 16 % a pro polovinu hodnocených stanic jsou vyšší než 10 %. Pokud jsou tyto výsledky porovnány s údaji ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod, je možné konstatovat, že výsledky rámcově odpovídají I. třídě dat (pro $Q_1 - Q_{10}$ chyba 10 %, pro $Q_{20} - Q_{100}$ chyba 15 %). Kvalita rekonstruovaných historických řad průtoků v rámci projektu [3] se tedy zřejmě podstatně neliší od standardní úrovně [4].



Obrázek 2. – Nádrž Vranov – výsledný průběh korigovaného hydrogramu přítoku (hodinový krok) při dodržení shody objemového průtoku a hodnoty kulminačního průtoku (data: jaro 2006)

Vyšších hodnot dosahují chyby průtoků vypočtené srážko-odtokovými vztahy. Nicméně vzhledem ke skutečnosti, že příspěvek z části povodí, kde bylo nezbytné takto průtoky určovat, je relativně malý, nevybočily ani chyby průtoků v závěrových profilech složené z chyb pozorovaných průtoků a průtoků vypočtených srážko-odtokovými modely z rozmezí do 20 % [4].

Literatura:

- [1] BOUČEK, J., aj. Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002 a návrhu úpravy systému prevence před povodněmi. Výsledná zpráva o projektu, Praha: VÚV TGM, 2003. Dostupné na World Wide Web: http://www.vuv.cz/fileadmin/user_upload/pdf/Povodne/Povoden-2002_Zaverecna_zprava.pdf.
- [2] HLADNÝ, J., KAŠPÁREK, L., KRÁTKÁ, M. KNĚŽEK, M., MARTÍNKOVÁ, M. Katastrofální povodeň v České republice v srpnu 2002. Praha: VÚV TGM, 2003. 67 s. ISBN 80-7212-350-5.
- [3] KAŠPÁREK, L., aj. Vliv, analýza a možnosti využití ochranné funkce údolních nádrží pro ochranu před povodněmi v povodí Labe. Závěrečná zpráva projektu VaV/650/6/03, Praha: VÚV TGM, 2003.
- [4] KAŠPÁREK, L., aj. Vliv velkých údolních nádrží v povodí Labe na snížení povodňových průtoků. Praha: VÚV TGM, 2005. 44 s. ISBN 80-85900-56-4.
- [5] Odhad směrodatné chyby průtoků a jejich základních charakteristik, ČHMÚ, prosinec 1989. 46 s.
- [6] ROUSSEEUW, P. J., PEROU, A. M. Robust Regression and Outlier Detection. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1987. 329 p.
- [7] DRBAL, K., HLAVÍNEK, J., OŠLEJŠKOVÁ, J. Posouzení vlivu vodních děl na průběh povodně. Zpráva dílčího úkolu projektu Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002, Praha: VÚV TGM, 2003. Dostupné na World Wide Web: http://www.vuv.cz/fileadmin/user_upload/pdf/Povodne/Povoden-002_Posouzeni_vlivu_vodnich_del.pdf. nebo http://voda.chmi.cz/povo2/3etapa/vliv_nadrzi/zprava.pdf.

VLIV NEJISTOT ČLENŮ REÁLNÉ PRŮTOKOVÉ ŘADY PRŮMĚRNÝCH MĚSÍČNÍCH PRŮTOKŮ NA VYPOČTENÉ HODNOTY ZÁSOBNÍHO OBJEMU NÁDRŽE

Daniel Marton¹, Miloš Starý²

¹ VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny, Žižkova 17, 602 00 Brno, tel.: 54114 7773, e-mail: marton.d@fce.vutbr.cz

² VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny, Žižkova 17, 602 00 Brno, tel.: 54114 7770, e-mail: stary.m@fce.vutbr.cz

Abstrakt česky

Text článku popisuje možný postup odhadu míry nejistot zatěžujících členy reálné průtokové řady průměrných měsíčních průtoků, následné začlenění uvedené řady do výpočtů zásobního objemu vodní nádrže. Základem generování nejistotou ovlivněných průtoků, vodních stavů a členů reálné průtokové řady průměrných měsíčních průtoků bylo použití metody Monte Carlo. Dále začlenění vlivu nejistot členů průtokových řad ve spojení s generátory umělých průtokových řad průměrných měsíčních průtoků. Vliv takto vytvořených umělých průtokových řad opět prokázat ve výpočtech vodohospodářského řešení zásobního objemu nádrže.

Klíčová slova česky: Nejistoty; Monte Carlo; zásobní objem nádrže.

Abstrakt anglicky

Article describe the suggestion of a possible approach to estimating the level of uncertainties affecting the elements of mean monthly discharge series. These discharge series was subsequently integrated into water reservoir storage capacity calculations. The basis of generating the uncertainty affected discharges, water stages and members of the real discharge series of mean monthly discharges was using the Monte Carlo method. As well as intergration of influence of uncertainties of members of discharge series in conect with generators of synthetic discharge series mean monthly discharges. The influence of these synthetic discharge series should be prove in calculations of water – management reservoir storage.

Klíčová slova anglicky: Uncertainty; Monte Carlo; water – management reservoir storage.

Úvod

V současné době se stále více dostávají do popředí otázky související s poklesem vydatnosti a jakosti povrchových vod. Budoucí problémy spojené se zásobou a kvalitou vody v říční síti jsou převážně spjaty se změnou klimatického systému. Změny srážkových úhrnů, teploty a vlhkosti vzduchu povedou ke změnám hydrologického režimu v povodí. Následek bude možno pozorovat v podobě zvýšených výskytů suchých období střídajících se s obdobím přívalových dešťů. Kombinace uvedených extrémů může zapříčinit výrazný pokles průtoků v říční síti. Hodnota dlouhodobého průměrného průtoků v našich tocích tak může klesnout až na hodnoty $0.8Q_a$ resp. $0.6Q_a$ vis Kašpárek [1]. Vzniklé výpadky v zásobování vodou bude možno řešit výstavbou nových vodních nádrží, resp. přerozdělením funkčních objemů u dnes již provozovaných nádrží. Proto úlohy směřující ke zdokonalení výpočtů a upřesnění hodnot zásobních objemů nádrží mají své opodstatnění.

Stanovení hodnot členů reálných průtokových řad vychází z měření v měrných profilech toku. Postupná ratifikace evropských směrnic do české legislativy vede k obměně stávajících postupů a názvosloví v mnoha technických odvětvích. V oboru metrologie byl jedním z uplatněných evropských dokumentů dokument WECC 19/90 a jeho další navazující předpisy. Tyto předpisy definovaly nový pohled na chyby vzniklé v průběhu obecného procesu měření. Z usnesení vyplývalo nové pojetí chyby měření, které bylo nahrazeno zcela novým pojmem tzv. nejistotou měření. V kontex-

tu uvedeného textu je v současné době jakákoliv informace o veličině vycházející z měření bez udání velikosti nejistoty neúplná a nedostatečná.

Metoda

Vodní stavy jsou měřeny pomocí plováku umístěného v limnigrafické stanici nebo pomocí tlakových sond a bublinkových přístrojů. Předpokládáme, že každý bod měrné křivky průtoku (dále jen MKP) je v měrném profilu toku získán na základě hydrometrického měření a následně jeho vyhodnocení programem HYDROS Starý [2]. Všechny měřené body MKP jsou vyneseny do pravoúhlého souřadnicového systému Q, h (Q – průtok, h – vodní stav) a vytváří empirické body měrné křivky. Množinou uvedených bodů se následně prokládá empirická měrná křivka jako regresní křivka.

Pokud uvažujeme při proložení MKP nejistoty vstupních dat, tj. hodnot veličin, které určují polohu bodu v souřadnicovém systému Q, h je zřejmé, že kolem každého bodu, jehož poloha je dána naměřenými údaji, existuje okolí, ve kterém se tyto body mohly nezávisle na sobě vyskytnout. Intervaly možného výskytu vymezují zvolená normální rozdělení veličiny Q a veličiny h . Zadávané nejistoty jsou brány jako nejistoty typu B. Kdy za střední hodnotu je považován měřený údaj h a odpovídající Q . Standardní nejistotu u_h je možno stanovit odborným odhadem. Nejistotu u_Q udává při hydrometrování přímo program HYDROS.

Náhodné polohy bodů v okolí měřených bodů jsou určovány pomocí metody Monte Carlo. Za použití příslušných distribučních křivek normálního rozdělení pravděpodobnosti a generátoru pseudonáhodných čísel jsou opakovaně generovány náhodné souřadnice (Q, h) bodů pro všechny body MKP. Výsledkem generování jsou tzv. náhodné polohy Q, h bodů MKP. Sestavou náhodných bodů pak byla proložena empirická MKP.

U vzorkované realizace měřeného vodního stavu měřeného např. pomocí limnigrafu je v každém kroku měření uvedeným postupem vymezen pravděpodobný interval, ve kterém se vodní stav mohl rovněž vyskytnout. Zadávané nejistoty vzorkovaného vodního stavu jsou opět typu B. Střední hodnota příslušného normálního rozdělení je považována jako hodnota h měřená pomocí plováku v příslušném časovém kroku. Standardní nejistotu měření v tomto případě udává výrobce měřicího zařízení. Postup řešení opět vychází z metody Monte Carlo. Výsledkem generování jsou tzv. náhodné řady vzorkovaných vodních stavů.

Pro členy náhodně generované řady vodních stavů jsou postupně odečteny příslušné hodnoty odpovídajících průtoků z náhodně generovaných průběhů MKP. Vznikne tak náhodná řada okamžitých průtoků, která je zpracována vždy v příslušném měsíci do průměrného měsíčního průtoků Q_m . Naznačený postup je automaticky opakován, až vznikne soubor náhodně generovaných průměrných měsíčních průtoků. Statistickým vyhodnocením daného souboru je pak možno v každém měsíci stanovit standardní nejistotu příslušného průměrného měsíčního průtoku.

Úlohy vodohospodářského řešení zásobní funkce nádrže používají jako vstup pro svá řešení reálné nebo umělé průtokové řady průměrných měsíčních průtoků. K sestavení nejistotou zatížených reálných průtokových řad průměrných měsíčních průtoků je opět použita metoda Monte Carlo. Výsledkem použití metody je vznik náhodných průběhů reálných průtokových řad tzv. náhodných re-

álných průtokových řad průměrných měsíčních průtoků ovlivněných nejistotami naměřených vstupů.

Náhodné řady průměrných měsíčních průtoků pak opakovaně vstupují do vodohospodářského řešení zásobní funkce nádrže. Z opakovaného řešení zásobní funkce nádrže, kdy kromě vstupní průtokové řady je zadán nalepšený odtok vody z nádrže a zabezpečení nalepšeného odtoku je 100%. Je vypočten soubor zásobních objemů, který je statisticky vyhodnocen. Vyhodnocení umožní posouzení vlivu velikosti zadaných nejistot na vstupech řešení na hodnoty základních statistických charakteristik vypočtených zásobních objemů.

Výpočet zásobního objemu nádrže je možno provést i pomocí umělých průtokových řad průměrných měsíčních průtoků. Pro generování umělých průtokových řad z řad náhodných lze použít AR a ARMA modely vis Hirsch [3], které následně zpracoval Pilař [4]. Dále je možné použít i český generátor zpracovaný na základě lineárního regresního modelu LRM vis Kos, Zeman [5], který zpracoval Růža [6]. Umělé průtokové řady jsou opět použity k výpočtu zásobního objemu nádrže. Výsledkem výpočtů je soubor zásobních objemů, který je pomocí odpovídajících statistických metod vyhodnocen. Dosažené výsledky umožní posouzení vlivu velikosti zadaných nejistot na rozšířených vstupech do řešení zásobního objemu nádrže na základní statistické charakteristiky zásobního objemu nádrže.

Praktická aplikace a výsledky

Popsaný postup byl aplikován na stanovení nejistot průměrných měsíčních průtoků ve třech profilech P1, P2 a P3, které se liší svojí vodností. Při čemž profily jsou anonymní a měřená data z profilů bezplatně poskytl Český hydrometeorologický ústav. Soubor vstupních dat obsahoval. Roční řadu vzorkovaných vodních stavů, měřených ve vodoměrné stanici pomocí plovákového zařízení s časovým krokem jedna hodina. Souřadnice (Q, h) bodů, získaných vyhodnocením hydrometrických měření, kterými je následně prokládána MKP.

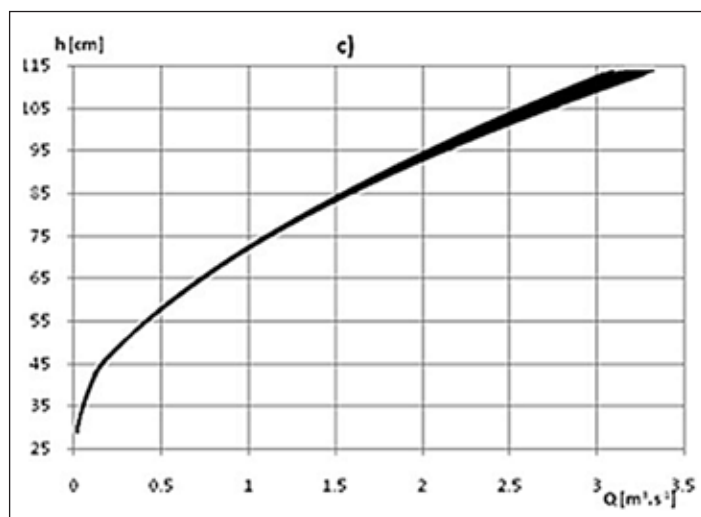
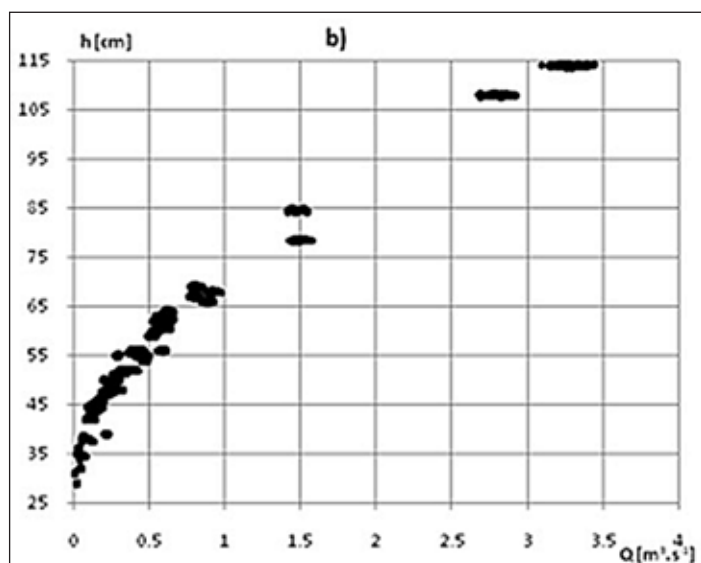
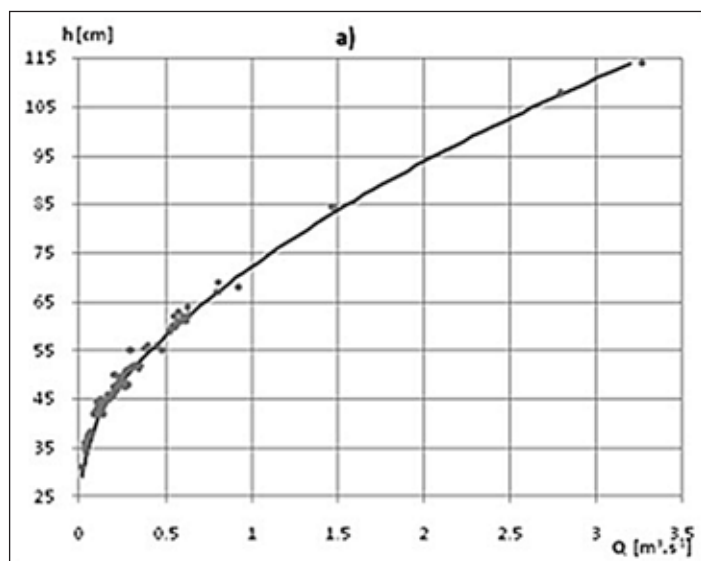
Standardní nejistoty vstupních veličin typu B byly stanoveny následujícími hodnotami. Nejistota na plovákovém měřicím zařízení $u_{B,hp} = \pm 0.133$ % měřené hodnoty, nejistota odečtu na vodoměrné latí $u_{B,h} = \pm 0.166$ cm měřené hodnoty, nejistota hodnot průtoků získaných vyhodnocením hydrometrických měření $u_{B,Q} = \pm 2.0$ %. Pro Metodu Monte Carlo byl zvolen počet opakování roven 100. Ukázka výsledků zpracování měřených bodů MKP pro profilu P1, včetně grafického zpracování náhodných poloh empirických měřených bodů MKP a jejich následného proložení měrnou křivkou je uvedena na obr. 1 na následující straně.

Obr. 1 ukazuje následující grafické znázornění:

- Empirických bodů MKP včetně proložení empirickou MKP v profilu P1.
- Graf znázorňující polohy náhodně generovaných (Q, h) bodů v profilu P1 metodou Monte Carlo pro opakování PO = 100, polohy generovaných bodů leží v okolí měřených bodů uvedených v grafu a).
- Proložené měrné křivky profilu P1 odpovídající náhodně generovaným sestavám bodů (Q, h), pro PO = 100.

Výsledek výpočtu nejistot v podobě statistických charakteristik průměrných měsíčních průtoků Q_m v profilu P1 je ukázán v tab. 1.

Obr. 1. – MKP vytvořená z reálných naměřených hodnot a svazek MKP při – uvažování nejistot (Q, h) bodů v profilu P1.



Tabulka 1. – Statistické charakteristiky průměrných měsíčních průtoků Q_m zatížených nejistotou měření v profil P1.

	leden	únor	březen	duben	květen	červen
$m(Q_m)$ [m³/s]	0.105	0.246	0.944	0.179	0.102	0.45
$u_{Q_m} = s(Q_m)$ [m³/s]	0.0014	0.0008	0.006	0.0007	0.0009	0.0014
uQ [%]	1.333	0.325	0.636	0.391	0.882	0.311
	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
$m(Q_m)$ [m³/s]	1.914	0.153	0.073	0.089	0.206	0.258
$u_{Q_m} = s(Q_m)$ [m³/s]	0.043	0.0005	0.0008	0.0012	0.0021	0.0022
uQ [%]	2.247	0.327	1.096	1.348	1.019	0.853

Pomocí výše uvedených výsledků je možno odhadnout míru nejistot průměrných měsíčních průtoků Q_m . Získaná informace umožní dále zpracovat nejistoty do výpočtů zásobního objemu nádrže. Vstupním podkladem pro výpočet zásobního objemu nádrže jsou řady průměrných měsíčních průtoků. Řešený objem byl stanoven v závislosti na zadaném nalepšeném odtoku O_p a jeho zabezpečení $P = 100$ %.

Generování reálných a umělých průtokových řad průměrných měsíčních průtoků zatížených nejistotou měření včetně výpočtů zásobního objemu nádrže, bylo provedeno pomocí autory naprogramovaného softwaru UNCE – V. Pro generování umělých průtokových řad byl vybrán generátor LRM. Výsledné statistické charakteristiky (velikosti standardní a rozšířené nejistoty) náhodných zásobních objemů vypočtených z náhodných reálných a umělých průtokových řad pro profil P1 jsou uvedeny v tab. 2 a 3.

Tabulka 2. – Statistické charakteristiky (velikosti standardní a rozšířené nejistoty) náhodných zásobních objemů NV_z vypočtených z náhodných reálných průtokových řad.

α	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
O_p [m³ s⁻¹]	0.0784	0.1176	0.1568	0.196	0.2352	0.2744	0.3136	0.3528
$\mu(V_z)$ [m³]	274239	720826	1325336	1943912	2562489	4052732	8829990	16993508
$\sigma(V_z) = \pm uV_z$ [m³]	1947	4966	5438	5438	5438	31588	68628	68628
$\pm Ua, V_z$ [m³]	5841	14898	16314	16314	16314	94764	205884	205884
$Cv(V_z) = \pm uV_z$ [%]	0.71	0.689	0.41	0.28	0.212	0.779	0.777	0.404
$\pm Ua, V_z$ [%]	2.13	2.067	1.23	0.84	0.636	2.337	2.331	1.212

Tabulka 3. – Statistické charakteristiky (velikosti standardní a rozšířené nejistoty) náhodných zásobních objemů NV_z vypočtených z náhodných umělých průtokových řad.

α	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
$O_p [m^3 s^{-1}]$	0.0784	0.1176	0.1568	0.196	0.2352	0.2744	0.3136	0.3528
$m(V_z) [m^3]$	277217	796238	1417910	2210774	4359267	6598342	13119407	31482152
$s(V_z) = \pm u_{V_z} [m^3]$	2467	7402	7402	13433	24499	28245	166507	290511
$\pm U_{a,V_z} [m^3]$	7401	22206	22206	40299	73497	84735	499521	871533
$C_r(V_z) = \pm u_{V_z} [\%]$	0.889	1.063	0.522	0.608	0.562	0.428	1.269	0.923
$\pm U_{a,V_z} [\%]$	2.670	3.189	1.566	1.823	1.686	1.284	3.807	2.768

Výsledné hodnoty nejistot měření stanovené v jednotlivých profilech P1, P2 a P3 jsou vyjádřeny velikostí okolí kolem naměřených hodnot, ve kterém se měřená veličina mohla vyskytnout. Uvedené okolí je reprezentováno směrodatnou odchylkou (standardní nejistotou u) kolem naměřené hodnoty, která je považována za střední hodnotu. Rozšířené nejistoty U_a jsou odvozeny jako trojnásobek standardní nejistoty u .

V profilu P1 jsou výsledné hodnoty následující. Průměrný roční průtok $Q_r = 0,393 m^3 s^{-1}$ a průměrné hodnoty standardní a rozšířené nejistoty $u_{Q_m} = \pm 0,897 \%$, resp. $U_{a,Q_m} = \pm 2,693 \%$. V profilu P2 je hodnota $Q_r = 1,836 m^3 s^{-1}$ a hodnoty standardní a rozšířené nejistoty $u_{Q_m} = \pm 0,549 \%$, resp. $U_{a,Q_m} = \pm 1,647 \%$. V profilu P3 je hodnota $Q_r = 10,11 m^3 s^{-1}$ a průměrné hodnoty standardní a rozšířené nejistoty odpovídají $u_{Q_m} = \pm 0,505 \%$, resp. $U_{a,Q_m} = \pm 1,515 \%$.

Dále v P1 dosahovaly výsledné hodnoty zásobního objemu vypočtené z náhodných reálných průtokových řad následující velikosti. Maximální relativní nejistota byla vyčíslena pro hodnotu koeficientu nalepšení $a = 0,8$. Zásobní objem dosahoval $m(V_z) = 8,83 \cdot 10^6 m^3$ a rozšířená nejistota byla $U_{a,V_z} = \pm 206 000 m^3 (\pm 2,33 \%)$. Průměr ze všech hodnot U_{a,V_z} pro měnící se a činil $U_{a,V_z} = \pm 1,59 \%$. Hodnoty zásobního objemu vypočtené z náhodných umělých průtokových řad byly pro $a = 0,8$ následující zásobní objem $m(V_z) = 13,12 \cdot 10^6 m^3$ s rozšířenou nejistotou $U_{a,V_z} = \pm 500 000 m^3 (\pm 3,8 \%)$. Průměr ze všech hodnot U_{a,V_z} pro měnící se a činil $U_{a,V_z} = \pm 2,35 \%$.

V P2 dosahovaly výsledné hodnoty zásobního objemu vypočtené z náhodných reálných průtokových řad následující velikosti. Maximální relativní nejistota pro $a = 0,8$, $m(V_z) = 40,68 \cdot 10^6 m^3$ a $U_{a,V_z} = \pm 718 000 m^3 (\pm 1,76 \%)$. Průměr ze všech hodnot U_{a,V_z} pro měnící se a $U_{a,V_z} = \pm 0,81 \%$. Výsledné hodnoty zásobního objemu vypočtené z náhodných umělých průtokových řad byly následující. Pro $a = 0,8$, $m(V_z) = 61,24 \cdot 10^6 m^3$ a $U_{a,V_z} = \pm 1,41 \cdot 10^6 m^3 (\pm 2,3 \%)$. Průměr ze všech hodnot U_{a,V_z} pro měnící se a činil $U_{a,V_z} = \pm 1,41 \%$.

V P3 dosahovaly výsledné hodnoty zásobního objemu vypočtené z náhodných reálných průtokových řad následující velikosti. Pro $a = 0,8$ byl $m(V_z) = 225,2 \cdot 10^6 m^3$ a $U_{a,V_z} = \pm 3,83 \cdot 10^6 m^3 (\pm 1,7 \%)$. Průměr ze všech hodnot U_{a,V_z} pro měnící se a $U_{a,V_z} = \pm 0,8 \%$. Z náhodných umělých průtokových řad byl pro $a = 0,8$ vypočten $m(V_z)$

$= 338,86 \cdot 10^6 m^3$ s $U_{a,V_z} = \pm 7,23 \cdot 10^6 m^3 (\pm 2,13 \%)$. Průměr ze všech U_{a,V_z} pro měnící se a byl $U_{a,V_z} = \pm 1,2 \%$.

Závěr

V současné době nejsou v běžné praxi nejistoty členů reálných průtokových řad udávány, není ani odhadnuta jejich velikost. Není ani známo jakým způsobem by zavedení nejistot členů řad průměrných měsíčních průtoků mohlo ovlivnit navazující aplikace využívající řady průměrných měsíčních průtoků jako vstupy do řešení.

Z dosažených výsledků je zřejmé, že vliv nejistot členů reálné a umělé průtokové řady na dosažené hodnoty zásobního objemu není zanedbatelný. Tak jak jsou do řešení metodou Monte Carlo zavedeny jednotlivé vstupní řady nikoliv jedinou hodnotou, ale spektrem náhodně vygenerovaných vstupních řad, je i vypočtený zásobní objem popsán spektrem zásobních objemů, jejichž rozptyl je nezanedbatelný (pro nižší vodnost toků vyšel relativně vyšší, než pro vyšší vodnost). Uvědomíme-li si, že v současnosti užívaná hydrologická spolehlivost řešení (zabezpečení nalepšeného odtoku vody z nádrže) se dle doporučených norem uvažuje hodnotami 99.5% – třída A, 98.5% – třída B, 97.5% – třída C a 95% – třída D (dle významu uživatele vody pro společnost), je zřejmé, že naznačený postup bude silně deformovat skutečně dosaženou hydrologickou spolehlivost řešení. Vyhnout by se uvedenému problému dalo tím, že by se ze spektra zásobních objemů uvažoval nejvyšší zásobní objem odpovídající nejistotě U_{a,V_z} , tj. byl by uvažován hodnotou $m(V_z) + U_{a,V_z}$. Přesným řešením samozřejmě je zavedení nejistot primárních vstupů přímo do řešení a různé typy úloh vodohospodářského řešení zásobní funkce nádrže při uvažování zabezpečení menším než 100% řešit v práci naznačeným postupem. Podrobnější popis uvedených postupů a výsledků jsou vypracovány v disertační práci Marton [7].

Poděkování

Článek je výsledkem specifického výzkumu FAST-S-12-19 „Zásobní a hydroenergetická funkce soustavy nádrží v podmínkách nejistotou zatížených členů vstupních hydrologických řad“.

Literatura

- [1] KAŠPÁREK, L. *Odhad objemu nádrží potřebného pro kompenzaci poklesu odtoku vlivem klimatické změny*. VÚV Praha, 2005, Praha.
- [2] STARÝ M. *HYDROS, Software pro vyhodnocování hydrometrických měření v toku*, Brno, 1991 – 2011.
- [3] HIRSCH, R. M. *Synthetic Hydrology and Watert Supply Reliability*, Water Resources Research No.6, 1979, American Geophysical.
- [4] PILAŘ, L. *Užití generátoru LN a LT pro generování umělých průtokových řad průměrných měsíčních průtoků*. Diplomová práce. VUT FAST v Brně, 1988, Brno.
- [5] KOS Z., ZEMAN V. *Vodohospodářské soustavy ve směrném vodohospodářském plánu*. Státní zemědělské nakladatelství Praha, 1976, Praha.
- [6] RŮŽA P. *Řešení zásobního objemu nádrže v umělých hydrologických řadách*. Diplomová práce. VUT FAST v Brně, 1976, Brno.
- [7] MARTON D. *Vliv nejistot při stanovení členů reálné průtokové řady průměrných měsíčních průtoků na vypočtené hodnoty zásobního objemu nádrže*. Disertační práce. VUT FAST v Brně, 2012, Brno.

VODOHOSPODÁŘSKÉ A ENVIRONMENTÁLNÍ FUNKCE VODNÍCH NÁDRŽÍ

Vojtěch Broža¹

¹Katedra hydrotechniky Fakulty stavební, ČVUT v Praze, tel.: 224 353 879, 224 354 616, e-mail milecova@fsv.cvut.cz

Vodní nádrže jako účinný prostředek hospodaření s vodou jsou nenahraditelné. V přírodních podmínkách ČR s omezeným vodním bohatstvím je zejména v obdobích sucha regulování přirozeného odtoku nezbytné. Nádrže navíc plní i další pozitivní funkce v prostředí, přispívají k hodnotám krajiny. Zároveň však závažným způsobem zasahují do původního prostředí, narušují biologickou kontinuitu vodního toku, zasahují do sociálních vztahů a do zájmů četných subjektů. Proto jejich výstavbu provázají závažné konflikty. Výchozí diskem je realizace opatření minimalizujících negativní účinky výstavby nádrží v prostředí, kompenzace vzniklých omezení a zejména zájem najít přijatelný kompromis pro uspokojení protichůdných zájmů.

Za 20 let existence samostatné ČR byla na rozdíl od minulosti výstavba nádrží zásadně omezena. Nové projekty se až na jedinou výjimku nepřipravují. Narůstá tak disproporce mezi potřebami vody pro společnost i rehabilitaci prostředí a možnostmi je uspokojit.

Významný rozvoj v oblasti hospodaření s vodou v nádržích u nás pokračuje, i když nová výstavba prodělává dlouhodobý útlum. Prokazují to zejména významné přínosy výzkumu v oblasti operativního řízení povodňového odtoku z povodí, opírající se o náročné modely zahrnující funkci nádrží v rámci říční sítě se zahrnutím dalších existujících prvků retence vody v povodí, práce zaměřené na aspekty neurčitosti v budoucím vývoji odtokových poměrů a jejich nestacionarity, studie potenciálních důsledků pro efekty nádrží v případě realizace některého ze scénářů klimatické změny atd.

Tu je na místě připomenout si významný rozvoj metodologie hospodaření s vodou v nádržích u nás, často podnícený nutností řešit nové náročné problémy vodohospodářské praxe.

V sedmdesátých letech minulého století to byla problematika zabezpečení dodávky vody z nádrží, citlivá zejména u nově budovaných nádrží s víceletým řízením odtoku. Později na ni navázaly metodické postupy při zvládání předpokládaných poruchových situací v extrémně málovodných obdobích. Tyto práce se opíraly o rozvoj modelování průtokových řad na bázi stochastické hydrologie.

Nově se rozvinula i problematika spolupráce nádrží v rámci soustavy, popř. spolupráce s podzemními zdroji vody. Řešily se i možnosti soustav v případě selhání či havárie některého prvku. Tu již bylo nutno do řešení zahrnout technické aspekty, např. kapacity přivaděčů, rozmístění a kapacity úpraven vody atd.

Problematické vodohospodářských soustav byly věnovány samostatné odborné konference s významnou mezinárodní účastí.

Postupně se práce v teorii nádrží zaměřily též na problematiku optimalizace řízení reálného vodohospodářského provozu. Rozvíjely se komplexní stochastické modely, systémové přístupy a později aplikace z oblasti umělé inteligence - ve vztahu k potřebám i reálným možnostem vodohospodářské praxe.

Vývoj v oblasti výstavby vodních nádrží v posledních zhruba 60 letech je pro ČR specifický vcelku rychlým přechodem od převážně energetických vodních děl k nádržím pro zásobování vodou, převážně pitnou. Po druhé světové válce, stejně jako v řadě dalších evropských států, byly v rámci obnovy budovány významné hydroenergetické zdroje. Ke cti našich vodohospodářů je třeba zdůraznit snahu o víceúčelové využití nádrží tohoto typu. Např. na VD Orlík se sledovalo nadlepšení minimálních průtoků Vltavy v úseku mezi Prahou a soutokem s Labem pro závlahy a hlavně výrazné zvýšení min. průtoků v Praze (na více než čtvrtinu průměrného průtoku).

Od 60. let 20. stol. se staly dominantní nádrže pro zásobování vodou, hlavně jako zdroj pitné vody pro vodárenské soustavy. K prvním patřila Klíčava pro Kladensko a Kružberk pro Ostravsko. Pak následovaly další vodárenské nádrže v rychlém sledu, docházelo k dodatečnému vodárenskému využívání již vybudovaných nádrží. Pro posílení kapacity se sledovaly i převody vody ze sousedních povodí.

V souvislosti s vodárenskými nádržemi se objevily, resp. nabyly na váze některé vodohospodářské problémy. V důsledku odvedení vody z nádrže do vzdálených míst byl fakticky ochuzen průtok vodního toku pod nádrží. Respektovala se zásada dodržet minimální zůstatkový průtok (většinou 355 - denní průtok), ověřovaly se bilanční dopady dále po toku. O kompenzačních opatřeních se však neuvažovalo.

Na rozdíl od dřívějších nádrží se velmi aktuální stala otázka jakosti vody ve vodárenských nádržích. V počátečním období se uvažovalo o nezbytnosti z prostoru nádrže odstranit prakticky všechny materiály organického původu, záhy se však pozornost soustředila na rizika povodí nádrže. Řešení se hledalo ve zřizování záchytných nádrží na významných přítocích, zřizování souvislého záchytného pásu lučních a lesních porostů po obvodě nádrží a zřízení pásem hygienické ochrany, zahrnujících celé povodí nádrže.

Rozvinul se výzkum prostředí vodních nádrží, zejména vlastností vody – fyzikálních, chemických i biologických a jejich proměny v průběhu roku i delším období. Prováděly se pokusy zaměřené na cílené ovlivnění resp. zlepšení vlastností vody. Přikročilo se též k budování nádrží na přítocích, které měly omezit eutrofizaci vodárenských nádrží.

Program výstavby nádrží byl již v 80. letech 20. stol omezen nedostatkem prostředků v plánovaném hospodářství, po roce 1990 výrazným poklesem odběrů vody v rámci procesu zásadní transformace celého ekonomického systému a také zásadním odporem ochránců přírody a dalších subjektů proti výstavbě dalších nádrží.

Velmi zásadní proměna proběhla v oblasti řízení vodohospodářského provozu nádrží. Náročné požadavky na nádrže resp. soustavy i potřeby zvládat náročné situace v reálném provozu si vynutily postupné budování vodohospodářských dispečinků v rámci správy ucelených povodí – postupně dovedených k dnešnímu stavu, který obecně hodnotíme velmi kladně. Přitom funkce dispečinků jsou podstatně širší, než byl původní záměr. Manipulační řády vodních děl přitom zůstaly základem celého systému, i s ohledem na jejich závažnost z hlediska státní správy.

Zejména v počátečním období intenzivní výstavby nádrží, zřejmě v návaznosti na zásady komplexního pojetí hospodaření s vodou ve státě s velmi omezeným vodním bohatstvím uplatňované v původním SVP, byla při přípravě výstavby nádrží respektována hlediska rozvoje oblastí, zájmy ochrany krajiny a jejich hodnot přírodních i kulturních a realizována opatření pro minimalizaci negativních účinků nových vodních děl. Tyto zásady bohužel v dalším vývoji většinou nebyly respektovány.

V průběhu let intenzivní výstavby vodních nádrží byly environmentální požadavky na ně explicitně formulovány jen výjimečně, pomineme-li velký význam dopadů zvýšení minimálních průtoků i omezení povodňových průtoků v dotčeném prostředí podél vodních toků.

Přitom z environmentálního hlediska ve vazbě na vybudované nádrže se dosahovaly četné pozitivní účinky. Nádrže se staly impulsem k rozvoji rekreace, začlenily se jako významné součásti městských aglomerací, a zejména se v logické symbióze s nimi rozvíjely oblasti zvláště cenné z hlediska ochrany přírody a krajiny. Příkladem může být význam nádrže Vranov pro Podýjí. Rovněž nemůže být pochyb o zásadním přínosu soustavy nádrží v povodí Ohře spolu s dalšími vodohospodářskými opatřeními pro dlouhodobé udržení přijatelného stavu Bíliny. Bylo by možno uvést další konkrétní příklady snah o environmentální přínosy a minimalizaci negativních dopadů na prostředí při výstavbě vodních nádrží z dob, kdy se o životním prostředí a jeho ochraně ještě nevedla celosvětová diskuse. Vyskytly se i různé konflikty se zájmy ochrany

přírody, z nichž je možno uvést např. dosud nerealizovanou nádrž Křivoklát na Berounce a zejména Nové Mlýny na Dyji, kde zásadní rozpory a rozdílné názory se nedaří sladit po desetiletí.

Vodní nádrže jsou zejména v déle trvajícím období sucha – často víceletém – jedinou reálnou možností zmírnit závažné negativní dopady v jejich dosahu. Jsou zároveň významným objektem, zasahujícím do životního prostředí, ovlivňujícím přirozené poměry režimu vodních toků, poříčních zón, popř. zasahujícím do zájmů různých subjektů.

V dnešní společnosti, na rozdíl od minulého autoritativního režimu, logicky dochází ke střetům zájmů při přípravě i předběžném plánování nové výstavby nádrží. Proces, v němž se často střetávají i protichůdné veřejné zájmy, je náročný a vyžaduje zdolnou hledání přijatelných kompromisů. Závažným způsobem ho komplikují politické, někdy až ideologické aspekty. Významnou roli přitom mají media a jejich nedostatek sympatií k technologickému rozvoji. Tu stačí připomenout průběh projednávání hájení vybraných lokalit pro eventuální výstavbu nádrží v budoucnu.

Pokud se budeme pohybovat na odborné úrovni, je nutno respektovat vodohospodářské potřeby s výhledem na desítky let a na stejné úrovni požadavky prostředí a principy environmentální přiměřenosti (kompatibility), shrnované do principů zachování dynamické rovnováhy prostředí, kontinuity vývoje a existujících limitů zdrojů.

Významný problém vzniká již při formulaci vodohospodářských potřeb. Je skutečností, že dnes se zásadně prodloužilo období přípravy, možná na víc než čtvrt století, navíc je třeba mít na zřeteli, že nádrže se budují na dobu překračující staletí. Tu výtka, že vodohospodáři nejsou schopni jednoznačně formulovat své požadavky, jsou převážně účelové. Jsme soustavně životem poučováni o nezbytných změnách ve využívání nádrží, respektování požadavků pružné adaptability ostatně patří k zásadám environmentálně koncipovaných řešení.

Priority společnosti se v průběhu let mohou výrazně měnit. Dnes jsme svědky růstu závažnosti povodňové prevence, kdežto před dvaceti roky o tyto otázky nebyl zájem apod.

Konkrétním dopadům existence nádrží v prostředí a jejich vzájemnému ovlivňování se celosvětově věnuje značná pozornost.

Především jde o problematiku zanášení nádrží a možnosti, jak omezit postupnou ztrátu efektu nádrží v důsledku úbytku na jejich využitelném objemu. Proces usazování v nádržích přitom negativně ovlivňuje přirozený vývoj koryt vodních toků, a proto se hledají cesty, jak splaveniny přes nádrže převádět. Pozornost se věnuje též vlastnostem usazenin. Již před více než 20 roky na konferencích o vodárenských nádržích byl vysloven názor o potenciální hrozbě postupné akumulace škodlivých látek v nádržním prostoru z hlediska dlouhodobého vodárenského využití. Tato problematika zřejmě souvisí s pro nás nejzávažnějším problémem rozvoje procesů eutrofizace vodních nádrží, jejich konkrétních projevů v průběhu let v závislosti na intenzitě hlavních iniciačních faktorů. Tu jde hlavně o ohrožení plánovaných funkcí nádrží, velmi závažné jsou často dopady na působení nádrží v krajinném prostředí, omezení obecného užívání atd. Hledání východisek a uplatnění účinných nápravných opatření je obtížné, jde o procesy, na nichž má podíl celé povodí nádrže. Má být pro nás povzbuzením, že efekt významných nádr-

ží na jakost odtékající vody níže do toku je často výrazně příznivý, nebo to pro nás má být další varování případného ohrožení někdy v budoucnu?

Je skutečností, že naše vodárenské soustavy v oblasti zdrojů fungují prakticky bez rezerv. Výrazně se to prokázalo v souvislosti s vynucenou rekonstrukcí nádrže Mostiště na Oslavě, obdobně je tomu v případě uvažované rekonstrukce nádrže Landštejn. Nejde jen o nutnost použít náročné a nákladné technologické postupy, ale zejména o varovný signál pro případ vyřazení významného zdroje vody. Mluvíme často o soustavách, je to ale oprávněné, pokud fungují bez rezerv?

K dalším závažným vlivům, jimž je věnována pozornost, patří vliv nádrží na teplotní režim vodních toků pod přehradou. Za pozornost stojí i ovlivnění ledových jevů, kde vhodnými manipulacemi je možno podstatně zmírnit škodlivé projevy. Poněkud zapomenuta je dnes možnost obohacovat odtok z nádrží kyslíkem pomocí úprav výpusti, jak se uskutečnily např. na VD Sedlice, Hněvkovice a dalších. Málo se oceňuje zachycování spláví v prostoru nádrží, což výrazně snižuje ničivé účinky povodní; pro provozovatele nádrže však vždy jde o významnou komplikaci – i po odeznění povodňového stavu.

Za pozornost stojí i studie zaměřené na ocenění ekologického potenciálu nádrží. V této oblasti by měly být vždy respektovány hlavní funkce nádrže, které vždy vedou ke změnám polohy hladiny v nádrži závislým na vývoji odtokových poměrů v povodí, obnažování údolních svahů a zejména oblasti konce vzdutí.

Environmentální problematika se často zužuje na účinky v přírodním prostředí, popř. ve vazbě na hospodářské využití území, sociální aspekty ustupují do pozadí. Z nich je možno upozornit na některé specifické problémy při aplikaci platných zákonů. Je skutečností, že zákon na ochranu přírody byl po léta chápán jako do jisté míry nadřazený ostatním zákonům, včetně zákona o vodách. Tento stav se postupně upravuje. Provozovatelé vodních nádrží se však přesto setkávají se snahou postihovat je jako viníky nedostatečné ochrany vzácných druhů, a to i v případech, kdy postupují přesně v souladu s vodním zákonem při manipulacích na nádržích. Takové problémy zřejmě život přináší, zákony jsou jen nedokonalou snahou o nastolení harmonického právního stavu.

Příprava výstavby nových nádrží, často i pouhé úvahy o ní, se setkávají často s velmi negativním postojem místních autorit. Ten bývá nejčastěji zdůvodňován rizikem narušení dalšího rozvoje

popř. atraktivnosti dotčené oblasti. Je to nepochybně velká změna proti stavu po druhé světové válce (i před ní), kdy z politické sféry většinou byly do těchto staveb vkládány naděje na výrazný ekonomický a sociální rozvoj oblastí. Jen malou útěchou nám může být, že takové negativní postoje se dnes týkají mnoha dalších rozvojových projektů.

Za dvacet let trvání Československé republiky po roce 1918 bylo do provozu uvedeno 14 vodních děl s nádržemi, přestože se stát musel soustředit na opatření pro zvýšení obranyschopnosti po nástupu fašismu. Za dvacet let existence České republiky od roku 1993 přibyla jen dvě významná vodní díla, jejichž projekty však pocházejí z období dávno před rokem 1990. V současné době se nestaví žádná další vodní nádrž s významným přínosem z hlediska hospodaření s vodou. V počátečním stadiu projektové přípravy je jediné vodní dílo.

Přitom stejně jako před desítkami let jde o vodu, její rozhodující význam v sociálním a přírodním prostředí. Trvají hrozby z nedostatku i přebytku vody, přibyla závažnost ohrožení z hlediska jakosti vody.

Skutečnost, že po desítky let je další výstavba vodních nádrží utlumena, znamená postupné vyčerpávání rezerv z minulých let, naštěstí zmírněné výrazným poklesem nároků na odběry vody. Bylo by naivní se domnívat, že v blízké budoucnosti se klima ve prospěch nádrží ve společnosti výrazně změní, asi ani v případě výskytu výrazně suchého víceletého sucha se všemi negativními dopady.

Přesto je s vědomím odpovědnosti do budoucna, v duchu nejlepších vodohospodářských tradic, potřeba usilovat o změnu, např. prosazením potřeby akumulace vody do rozvíjejícího se programu další etapy retence v krajině.

Správcové povodí převzali do své péče množství malých zemědělských vodních nádrží. Po zhodnocení tohoto administrativního aktu bude zřejmě nutné zabývat se otázkami bezpečnosti a provozuschopnosti těchto objektů. Při aktivním přístupu by popř. bylo možno vybrat některé nádrže, u nichž lze rozšířit popř. posílit vodohospodářské využití s významným lokálním přínosem. Možná, že prověrky možností intenzifikace dříve vybudovaných nádrží, posouzení proveditelnosti případného zvětšení objemu nádrže, posílení hydrologického potenciálu nádrže převodem vody popř. další opatření by stála za studie, které by se postupně realizovaly nebo byly připraveny pro vhodnou dobu.

JAK STANOVIT KRITÉRIA DOBRÉHO EKOLOGICKÉHO POTENCIÁLU PRO VODNÍ NÁDRŽE Z POHLEDU EUTROFIZACE?

Pavel Rosendorf¹, Jindřich Duras², Josef Hejzlar³

¹Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Podbabská 2582/30, Praha 6, 160 00,
tel.: 220 197 413, rosendorf@vuvv.cz

²Povodí Vltavy, státní podnik, Denisovo nábřeží 14, Plzeň, 304 20, tel.: 377 307 352, Jindrich.Duras@pvl.cz

³Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, Na Sádkách 7, České Budějovice, 370 05,
tel.: 387 775 876, hejzlar@hbu.cas.cz

Abstrakt

Na vzorku 75 vodních nádrží byl aplikován nový postup stanovení cílových koncentrací celkového fosforu, který byl vybrán jako vhodný ukazatel reprezentující eutrofizaci nádrží. Princip hodnocení spočívá v odvození cílových koncentrací fosforu v nádrži na základě typově specifických hodnot, charakterizujících velmi dobrý a dobrý ekologický stav útvarů povrchových tekoucích vod a retence fosforu v nádržích s použitím upraveného OECD modelu podle Hejzlara et al. (2006).

Z výsledků vyplývá, že rozsah cílových hodnot pro hranici mezi maximálním a dobrým ekologickým potenciálem se ve všech hodnocených nádržích pohybuje v rozmezí 0,011–0,040 mg/l a pro hranici mezi dobrým a středním ekologickým potenciálem v rozmezí 0,018–0,054 mg/l. Při srovnání navržených cílových hodnot se skutečně měřenými koncentracemi v nádržích plyne, že pouze 36,5 % nádrží dosahuje dobrého ekologického potenciálu z hlediska eutrofizace. Při srovnání nového postupu s hodnocením podle NV 61/2003 Sb. vyplynulo, že lépe popisuje skutečný stav eutrofizace nádrží v ČR a také dobře naplňuje normativní definici dobrého ekologického potenciálu podle Rámcové směrnice o vodě.

Klíčová slova česky: vodní nádrž, eutrofizace, fosfor, ekologický potenciál, Rámcová směrnice o vodě.

Abstrakt

In a sample of 75 water reservoirs new procedure was applied to the determination of target concentrations of total phosphorus, which was selected as a suitable indicator representing the eutrophication

of reservoirs. Principle of the evaluation is to derive reservoir target phosphorus concentrations on the basis of the type-specific values that characterise the very good and good ecological status of surface water and the retention of phosphorus in reservoir using the modified OECD model according to Hejzlar et al. (2006).

The results indicates that the scope of the target values for the boundary between the maximum and the good ecological potential ranges in all investigated reservoirs from 0.011 to 0.040 mg/l and for the boundary between good and moderate ecological potential from 0.018 to 0.054 mg/l. Comparison the proposed target values with actually measured concentrations in reservoirs shows that only 36.5 % cases reaches good ecological potential in terms of eutrophication. Comparison the new procedure with assessment according government regulation No. 61/2003 Coll. shows that better describes the actual state of reservoirs eutrophication in the Czech Republic and well meets the normative definition of good ecological potential according to the Water Framework Directive.

Klíčová slova anglicky: water reservoir, eutrophication, phosphorus, ecological potential, Water Framework Directive.

Úvod

Ekologický potenciál je termín, který zavedla Rámcová směrnice o vodě (dále jen RSV) [1]. Vyjadřuje ekologický stav útvarů povrchové vody, které byly lidskou činností změněny natolik, že je již není možné považovat za přirozené a také vodních útvarů, které byly vytvořeny zcela uměle. Tyto útvary mohou být označeny jako silně ovlivněné nebo umělé pouze tehdy, když není možné hydro-morfologické změny zvrátit z důvodu využití vodního útvaru pro

celospolečensky významné rozvojové činnosti, jako je zásobování pitnou vodou, plavba, výroba elektrické energie, ochrana před povodněmi apod. (čl. 4, odst. 3 RSV).

V tomto článku se budeme dále zabývat jen útvary stojatých vod, mezi které vodní nádrže patří. RSV na vnitrozemské útvary stojatých vod nahlíží v podstatě dvojím způsobem. V první řadě jako na přirozené útvary, tedy jezera, která vznikla působením ledovců, sopečnou činností, posuny zemské kůry nebo jinými změnami reliéfu. A teprve v druhé řadě jako na útvary, které lidskými zásahy byly upraveny natolik, že změnily původní, přirozený charakter nebo byly dokonce člověkem uměle vytvořeny. Jak už bylo zmíněno výše, hovoří RSV v druhém případě o silně ovlivněných resp. o umělých vodních útvarech a může jít jak o změněná přirozená jezera, tak zejména v hustě osídlených částech Evropy o různé druhy uměle vytvořených vodních nádrží.

V České republice nenajdeme až na výjimky malých ledovcových jezer, rašeliništních jezírek a jedné vodní plochy, která vznikla přirozeným přehrazením toku (Mladotické jezero), vodní plochy přirozeného původu. Většina vodních nádrží vznikla uměle přehrazením vodních toků, přeměnou mokřadů nebo v důsledku těžby nerostů. Pro takové vodní útvary v krajině předepisuje RSV dosažení dobrého ekologického potenciálu. Ten má být odvozen podle kategorie útvaru povrchové vody, který se svým charakterem nejvíce blíží hodnocenému útvaru. Pro vodní nádrže jsou logicky nejbližší kategorií jezera. Pro ty by měly být nalezeny referenční typy a na základě nich by měl být odvozen velmi dobrý ekologický stav a potažmo také maximální ekologický potenciál. V České republice však tento jednoduchý a logický postup nelze aplikovat. Důvodem je absence referenčních „jezer“ jak v ČR tak i v širším regionu střední Evropy a také velká variabilita hodnocených vodních nádrží. Jak se tedy s touto situací vypořádat a naplnit požadavky RSV?

Tím, že RSV nahlíží na všechny vody v povodí velmi komplexně, můžeme využít tento princip i při posuzování vodních nádrží. Ekologický potenciál nádrží nelze totiž posuzovat izolovaně bez znalosti přirozených podmínek a celkového stavu povodí a míry antropogenního ovlivnění souvisejících útvarů povrchových tekoucích vod. Jestliže tedy RSV definuje různé typově specifické podmínky pro tekoucí vody, měly by být v návaznosti na tyto cíle definovány také environmentální cíle vodních nádrží.

Protože se tento článek zabývá z hodnocení ekologického potenciálu jen fenoménem eutrofizace, budeme se v dalším textu zabývat jen tou částí hodnocení, která je pro posouzení eutrofizace rozhodující.

Pokud se řekne eutrofizace vnitrozemských vod, téměř automaticky by se každému mělo vybavovat zvyšování koncentrací fosforu. Pokud mluvíme o eutrofizaci jezer a vodních nádrží, platí to dvojnásob. Důkazy o rozhodujícím významu fosforu pro eutrofizaci jezer jsou letité a jejich exaktní podobu najdeme např. v pracích Schindlera [2, 3, 4] a jeho následovníků z kanadské oblasti Experimental Lake Area. Eutrofizace je však mimo vědeckou komunitu více než s fosforem spojována se změnami v oživení vod. Významně se projevuje zejména ve vodních nádržích, kde má za následek časté vegetační zákaly řas a především v letním období rozvoj vodních květů sinic. I přesto tyto markantní projevy je však role

fosforu při eutrofizaci vnitrozemských vod klíčová a příměji než biologické složky dokumentuje skutečnou trofii vody. Fosfor by tedy měl být používán pro hodnocení eutrofizace nádrží jako primární indikátor a případné další ukazatele, včetně biologických, jen doplňkově při vysoké variabilitě dat fosforu.

Míra závažnosti eutrofizace je v České republice posuzována rozdílně pro různé typy využití nádrží. Zatímco přísnější požadavky jsou uplatňovány zejména v případě vodárenských nebo rekreačních nádrží, pro rybářsky využívané nádrže nebo dočišťovací rybníky platí mnohem mírnější pravidla. V současné době definuje požadovaný stav vod v nádržích v ČR nařízení vlády č. 61/2003 Sb. v platném znění [5] a nově také vyhláška č. 98/2011 Sb. [6], která při hodnocení již zohledňuje principy Rámcové směrnice o vodě [1].

Přesto, že pro hodnocení jakosti a stavu vod jsou v platnosti dva výše uvedené legislativní předpisy, z úzce zaměřeného pohledu hodnocení eutrofizaci vod nejsou dosud v ČR kritéria zcela jednoznačně definována. Ve vědeckých kruzích se pro jezera a vodní nádrže obvykle používá léty prověřený princip hodnocení eutrofizace v závislosti na koncentracích fosforu a jeho retence v jezerech a nádržích, který již na konci 60. a na začátku 70. let 20. století definovali Volenweider [7] a Dillon s Riglerem [8]. Tyto principy byly později rozpracovány a publikovány v materiálu OECD [9]. Ten popisuje míru eutrofizace jezer a nádrží na škále ultra-oligotrofní až hypertrofní a pro zařazení využívá ukazatele celkový fosfor, chlorofyl-*a* a průhlednost. Ačkoliv je tento princip hojně používán, není v něm zohledněna různorodost přírodních podmínek povodí nad hodnocenými jezery a nádržemi, které mohou ovlivnit požadované koncentrace živin (fosforu a dusíku) a tím i přirozený stupeň trofie vody. Není z něj tedy zřejmé, jestli je hodnocená nádrž v přirozeném stavu nebo na ni působí antropogenní tlaky. Uplatňuje se zde princip absolutní klasifikace.

Tuto logickou mezeru ve způsobu nazírání na přirozenou míru trofie nádrží mění svým přístupem RSV. Tím, že zavádí typově specifické hodnocení vodních útvarů umožňuje hodnocení míry eutrofizace (ale i dalších stresorů) relativizovat a upravit podle přirozených podmínek jednotlivých oblastí.

S implementací RSV se objevily různé postupy, jak definovat dobrý ekologický stav, případně maximální ekologický potenciál jezer a nádrží. V mezinárodním projektu REBECA [10] se autoři zabývali využitím morfoedafického indexu [11], přesněji řečeno vztahu mezi koncentrací fosforu, alkalitou v povodí a charakteristikami nádrží, pro definování referenčních podmínek evropských jezer. Těsnější vztah mezi koncentrací fosforu a alkalitou se jim podařilo nalézt jen v případě skandinávských jezer. Věrohodnost výsledku však snižoval výběr referenčních lokalit, které nebyly voleny striktně podle pojetí RSV. Pro ostatní oblasti Evropy se jim nepodařilo nalézt dostatečné množství referenčních jezer a výsledky proto nejsou pro naše podmínky příliš použitelné.

Zajímavé výsledky hodnocení ekologického stavu přináší studie dánských jezer [12]. V ní se autoři pokoušeli klasifikovat jezera do pěti kategorií stavu, předepsaných RSV. Pro hodnocení klasifikovali jezera podle alkality a průměrné hloubky do typologických skupin. K dalšímu hodnocení ekologického stavu a vybraných indikátorů využili kategorizaci podle koncentrací celkového fosforu. Ačkoliv našli relativně těsný vztah mezi vzrůstem koncentrací

fosforu a indikátory eutrofizace, nebyly rozdíly mezi jezery s různou alkalitou významné a podobné to bylo i v případě skupin hlubokých a mělkých jezer. V závěru autoři konstatují, že bude obtížné jezera hodnotit podle odstupňované klasifikace jak ji požaduje RSV, protože variabilita uvnitř vymezených kategorií je značná a nelze nalézt zcela jednoznačné hranice pro dobrý stav a více indikátorů současně.

Z výše uvedeného tedy plyne, že ani v členských státech, kde lze nalézt přirozená jezera a jsou dispozici data pro jednotlivé složky ekologického stavu, není snadné navrhnout spolehlivý systém hodnocení. Je tedy nutné použít jiné, alternativní postupy, které umožní vybrané nádrže – vodní útvary – spolehlivě klasifikovat. Jak už bylo zmíněno, většina vodních nádrží v ČR vznikla vzdutím vodního toku, který jako útvar tekoucí vody musí mít podle RSV stanoveny typově specifické referenční podmínky. Ty mimo jiné určují také cílové koncentrace fosforu, charakterizující hranice mezi velmi dobrým a dobrým ekologickým stavem a dobrým a středním ekologickým stavem. Jestliže tedy vtéká do nádrže vodní tok s parametry dobrého nebo lepšího stavu, určuje tak nepřímou (podle charakteristik nádrže) i dobrý ekologický potenciál nádrže.

V praxi by to mělo fungovat tak, že hraniční koncentrace celkového fosforu mezi dobrým a středním stavem útvaru tekoucích vod by měla být zároveň nejvyšší přípustnou koncentrací fosforu v přítoku do nádrže pro dosažení dobrého ekologického potenciálu. Podle charakteru nádrže, především pak celkového objemu, průměrné hloubky a průtočnosti, by cílová míra trofie nádrže byla nastavována individuálně, nikoliv typově specificky. Logickým výsledkem by bylo, že v oblastech s přirozeně nízkými koncentracemi fosforu v povodí by pro dosažení dobrého ekologického potenciálu musela být nádrž oligotrofní, maximálně mezotrofní, zatímco v oblastech přirozeně fosforem bohatších by některé nádrže mohly být s dobrým ekologickým potenciálem i eutrofní.

Tento celkem jednoduchý, ale velmi univerzální princip, byl aplikován již v prvních plánech povodí [13]. Byl však silně limitován mírným nastavením cílových hodnot koncentrací celkového fosforu pro útvary tekoucích vod (hranice mezi dobrým a středním stavem pro všechny typy 0,15 mg/l jako medián) [14]. Výsledky hodnocení vodních nádrží proto příliš neodpovídaly normativní definici dobrého ekologického potenciálu podle RSV (přílohy V).

Od schválení prvních plánů oblastí povodí již uplynuly téměř tři roky a od té doby došlo k některým změnám. Byly dokončeny nebo jsou rozpracovány některé dokumenty [15, 16], s jejichž pomocí bude možné lépe hodnotit ekologický stav vodních útvarů. Došlo také ke změnám vymezení vodních útvarů a změnám typologie útvarů kategorie řeka. Na propracovanější systém hodnocení stále čekají útvary stojatých vod a silně ovlivněné a umělé vodní útvary. Tento příspěvek by proto měl být určitým myšlenkovým návodem, jak hodnotit ekologický potenciál vodních nádrží v ČR z úzce zaměřeného pohledu eutrofizace. Je to princip jednoduchý, prakticky proveditelný a především univerzální. Nevyžaduje složité doplňování dat a stanovení referenčních podmínek, jen snad drobné úpravy v systému sledování některých nádrží.

Materiál a metody

Zdroji dat a výchozími podklady pro návrh hodnocení ekologického potenciálu vodních nádrží použitými v tomto článku byly platné plány oblastí povodí schválené koncem roku 2009 [17–24] a také detailní informace o způsobu a výsledcích hodnocení jednotlivých vodních nádrží, předané státními podniky Povodí pro řešení projektu NAZV č. QI102265 [25, 26].

Pro hodnocení byly vybrány všechny nádrže, které byly označeny jako útvary stojatých povrchových vod v prvních plánech oblastí povodí (celkem 71). Doplněny byly po konzultacích se správci povodí o další nádrže, ve kterých byly zjištěny problémy s eutrofizací (celkem 4). Celkem bylo tedy hodnoceno 75 nádrží na území ČR. Seznam hodnocených nádrží je uveden v tabulce 2.

Charakteristiky jednotlivých nádrží potřebné pro hodnocení (průměrný dlouhodobý průtok, celkový objem nádrže, nadmořskou výšku hladiny a měřené koncentrace celkového fosforu u hráze nádrže případně na odtoku z nádrže) byly převzaty z plánů oblastí povodí, internetových stránek jednotlivých podniků Povodí a z doplňujících podkladů předaných státními podniky Povodí pro potřeby řešení projektu NAZV č. QI102265.

Data o měřených koncentracích fosforu v nádržích reprezentují období 2006–2010. V některých případech data reprezentují pouze vegetační sezónu (Povodí Moravy, s.p.) nebo jsou sledována v jiném než měsíčním intervalu (Povodí Labe, státní podnik). Pro některé nádrže nebyly k dispozici údaje za celé období, hodnoty jsou k dispozici jen pro odtok z nádrže nebo údaje zcela chybějí. V takových případech byly využity výsledky monitoringu přítoku do nádrží a stav nádrže byl hodnocen nepřímou podle plnění limitu celkového fosforu na přítoku (viz dále).

Princip hodnocení je založen na předpokladu, že pokud jsou všechny přítoky do nádrže v dobrém nebo lepším ekologickém stavu podle koncentrací celkového fosforu a v samotné nádrži nepůsobí žádné další antropogenní vlivy, které by stav zhoršovaly, musí být výsledný ekologický potenciál nádrže nejméně dobrý. Pro hodnocení je tedy nutné mít k dispozici typově specifické hodnoty koncentrací celkového fosforu pro přítoky do nádrže a vhodný model retence a transformace fosforu v nádrži, ze kterého je možné odvodit průměrné roční koncentrace celkového fosforu u hráze nádrže.

Jak už bylo zmíněno v úvodu, původní typově specifické hodnoty útvarů tekoucích povrchových vod, použité v prvních plánech povodí, byly nastaveny pro ukazatel celkový fosfor velmi mírně. Pro nové hodnocení byly proto použity typově specifické hodnoty zpracované v Metodice hodnocení všeobecných fyzikálně–chemických složek ekologického stavu **útvary** povrchových vod tekoucích v rámci projektu SFŽP [16]. Ačkoliv není tato metodika dosud oficiálně schválena MŽP, navržené hodnoty jsou v souladu s RSV odvozeny z referenčních lokalit na území celé ČR a z pohledu eutrofizace vod splňují přísné normativní definice RSV pro hodnocení velmi dobrého a dobrého ekologického stavu vod. Zjednodušený přehled limitních hodnot celkového fosforu pro typy útvarů povrchových tekoucích vod je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1. – Limitní hodnoty klasifikace ekologického stavu útvarů povrchových tekoucích vod pro ukazatel celkový fosfor (podle [16], zjednodušeno).

Ukazatel (charakteristická hodnota)	jednotka	hranice stavu
Celkový fosfor (medián)	mg/l	VD/D
		D/S

Ukazatel (charakteristická hodnota)	typ vodního útvaru podle nadmořské výšky (m n. m.)			
	≤ 200	200–500	500–800	> 800
Celkový fosfor (medián)	0,05	0,035	0,025	0,02
	0,07	0,05	0,045	0,03

Vysvětlivky: VD/D – hranice mezi velmi dobrým a dobrým stavem podle RSV

D/S – hranice mezi dobrým a středním stavem podle RSV

Pro odvození cílových koncentrací celkového fosforu v nádržích byl použit upravený model retence fosforu v jezerech a nádržích podle OECD [9], který na základě dat z více než 200 jezer a nádrží mírného pásu modifikovali Hejzlar et al. [27]. Výsledná podoba modelu má tvar:

$$P = P_{in} \cdot \left(1 - \left(1 - \frac{1,43}{P_{in}} \right) \cdot \left(\frac{P_{in}}{1 + \sqrt{T}} \right)^{0,88} \right)$$

kde:

P je průměrná roční koncentrace celkového fosforu v nádrži (μg/l),

P_{in} je průměrná roční koncentrace celkového fosforu v přítoku (μg/l),

T je teoretická doba zdržení (roky).

Tento model byl zvolen proto, že při srovnání modelovaných hodnot s reálně měřenými daty byla chyba predikce pro vodní nádrže ve srovnání s dalšími modely nejmenší [27]. Místo průměrné roční koncentrace celkového fosforu na přítoku byly při výpočtu v modelu použity hodnoty mediánu z tabulky 1. Cílové hodnoty pro maximální a dobrý ekologický potenciál a jednotlivé nádrže odvozené modelem jsou uvedeny v tabulce 2.

Celkový výsledek hodnocení jednotlivých nádrží spočívá v porovnání cílových hodnot pro maximální a dobrý ekologický potenciál a průměrných hodnot měřených u hráze nádrže nebo na odtoku z nádrže.

Aby bylo možné srovnat navrhovaný způsob hodnocení s hodnocením podle platné legislativy, bylo provedeno srovnání koncentrací celkového fosforu v nádržích s normou environmentální kvality a limity pro specifické užívání vod (vodárenské účely a koupání) podle nařízení vlády 61/2003 Sb. v platném znění [5].

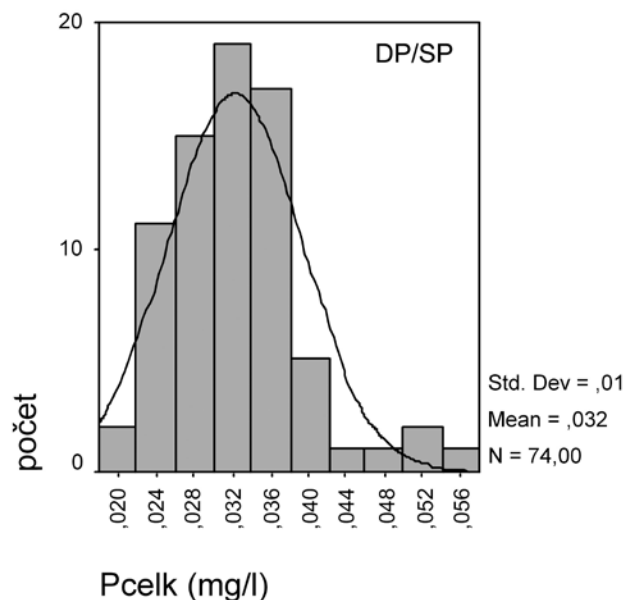
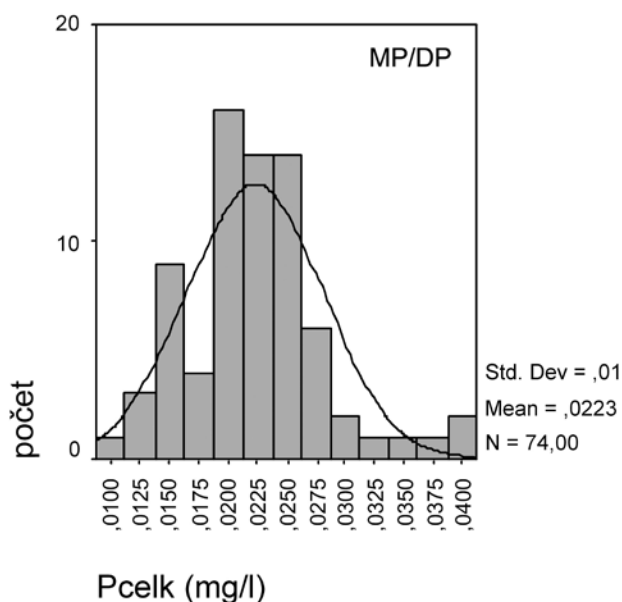
Výsledky a diskuse

První zajímavé výsledky přináší použití nového hodnocení již při nastavení hraničních hodnot maximálního a dobrého a dobrého a středního ekologického potenciálu pro 74 vybraných vodních

nádrží (jedna nádrž není hodnocena). Aplikací limitních hodnot z metodiky [16] pro tekoucí vody se cílové průměrné roční koncentrace celkového fosforu ve všech nádržích pohybují v rozmezí 0,011–0,040 mg/l pro hranici mezi maximálním a dobrým ekologickým potenciálem (MP/DP) a v rozmezí 0,018–0,054 mg/l pro hranici mezi dobrým a středním ekologickým potenciálem (DP/SP). Rozdělení hodnot pro všechny hodnocené nádrže a obě hranice hodnocení (MP/DP a DP/SP) v histogramech, dokumentují grafy na obrázku 1. Pokud bychom hodnotili cílové hodnoty nádrží na absolutní škále podle klasifikace OECD [9], bylo by pro hranici MP/DP 71 nádrží mezotrofních a pouze 3 nádrže eutrofní, a všechny ve spodní části rozsahu pro tuto kategorii. Pro hranici DP/SP jsou cílové hodnoty posunuty více do eutrofní oblasti, přičemž 53 nádrže by byly klasifikovány jako mezotrofní a 21 nádrží jako eutrofních. Navíc by pouze tři nádrže v průměrné koncentraci fosforu překročily hodnotu 0,05 mg/l (všechny tři Novomlýnské nádrže). Z uvedeného je zřejmé, že jak kritéria pro tekoucí vody, tak zejména odvozená kritéria pro nádrže dobře naplňují požadavky normativní definice RSV pro hodnocení ekologického potenciálu a až na malé výjimky tři zmíněných nádrží plní i přísnější požadavky na specifické užívání vody (vodárenské využití a koupání), definované v nařízení vlády č. 61/2003 Sb. v platném znění [5].

Vyhodnocení reálně monitorovaných hodnot v nádržích a jejich srovnání s navrženými cílovými hodnotami přináší následující souhrnné výsledky. Z celkového počtu 74 hodnocených nádrží dosahuje maximálního ekologického potenciálu jen 14 nádrží (19 %). Jedná se především o nádrže ve vyšších nadmořských výškách, častěji jsou zastoupeny vodárenské nádrže, nebo nádrže, kde je provozováno koupání. Překvapivě mezi nimi najdeme i nádrže Hracholusky a Nechanice, které z této skupiny svým charakterem vybočují. Nejvyšší průměrná roční koncentrace celkového fosforu v této skupině je 0,024 mg/l a pět nádrží má hodnotu 0,01 mg/l nebo nižší a jsou tedy hodnoceny jako oligotrofní. Pokud hodnotíme nádrže podle dosažení dobrého ekologického potenciálu, rozšíří se skupina kladně hodnocených na 27 (36,5 %). Nejvyšší průměrná roční koncentrace celkového fosforu v této skupině je 0,033 mg/l a je tedy zřejmé, že všechny nádrže jsou podle klasifikace OECD [9] buď oligotrofní nebo mezotrofní. Podrobné výsledky hodnocení jednotlivých nádrží včetně důležitých charakteristik použitých pro výpočty jsou uvedeny v tabulce 2. Na tomto místě je nutné poznamenat, že v případě některých hodnocených nádrží nejsou data o koncentracích celkového fosforu zcela reprezentativní (neúplné roční sledování nebo nekompletní sada dat). Výsledky se proto mohou mírně změnit poté co bude sledování všech nádrží sjednoceno.

Zcela jinak vypadá hodnocení, jestliže použijeme současné limity podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb. v platném znění [5] – viz tabulka 2. Pokud provedeme hodnocení podle obecné normy environmentální kvality pro celkový fosfor (NEK-RP = 0,15 mg/l), splní kritéria celkem 62 nádrží z celkového počtu 71 hodnocených (další 4 nádrže bez údajů o koncentraci fosforu). Ze 62 nádrží, které splnily mírně nastavená kritéria, je celkem 20 klasifikováno podle kritérií OECD [9] jako eutrofních a 6 nádrží dokonce jako hypertrofních!



Obrázek 1. – Histogramy cílových hodnot průměrných ročních koncentrací celkového fosforu u hráze nádrží pro hranici mezi maximálním a dobrým ekologickým potenciálem (vlevo) a dobrým a středním ekologickým potenciálem (vpravo). Křivkou vyznačeno normální rozdělení; Std. Dev = směrodatná odchylka; Mean = aritmetický průměr

Nařízení vlády č. 61/2003 Sb. umožňuje některé vodní nádrže, které jsou užívány pro vodárenské účely nebo pro koupání, hodnotit přednostně podle přísnějších kritérií průměrných ročních koncentrací celkového fosforu (limit = 0,05 mg/l). Při zohlednění tohoto kritéria se počet příznivě hodnocených nádrží sice sníží na 50, nicméně stále 13 vodárenských nebo koupacích nádrží kritéria nesplňuje a je klasifikováno převážně jako mírně až silně eutrofních.

Ze srovnání obou přístupů je zřejmé, že nově navržený postup hodnocení ekologického potenciálu nádrží z pohledu eutrofizace lépe zohledňuje požadavky RSV a současně umožňuje relativizovat hodnocení podle přirozených koncentrací fosforu v povodí a v závislosti na hydromorfologických charakteristikách nádrže (hloubka, průtočnost apod.). Přísnější kritéria a tím i lepší jakost vody vyžaduje v horských a podhorských oblastech, kde je lokalizována většina vodních nádrží využívaných pro vodárenské účely. Dobrou vizitkou navrženého hodnocení je také to, že jen minimum nádrží klasifikovaných dobrým ekologickým potenciálem je eutrofních.

Navržený postup hodnocení i nejvyšší koncentrace celkového fosforu pro mělké i hluboké nádrže v souboru dobře korespondují s limity navrženými ve studii Sødergaard et al. [12]. Limity pro klasifikaci ekologického stavu pro italská jezera podle studie Premazzi et al. [29] jsou dokonce ještě přísnější.

Závěr

Z provedeného hodnocení je zřejmé, že navržený postup je přísnější ve srovnání s přístupem použitým při hodnocení eutrofizace vodních nádrží v prvních plánech oblastí povodí i s hodnocením podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb. v platném znění [5].

Zatímco při použití obecné normy environmentální kvality pro fosfor podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb. plní stanovené cíle převážná většina hodnocených nádrží (87 %) a řada z nich je klasifikována jako eutrofní nebo hypertrofní, nově navržený postup je výrazně přísnější a kritéria dobrého ekologického potenciálu plní

jen 36,5 % nádrží. To lépe odpovídá skutečnému stavu nádrží v ČR i míře jejich eutrofizace.

V celé skupině hodnocených nádrží se navržené cílové hodnoty dobrého ekologického potenciálu pro celkový fosfor pohybují v rozmezí 0,018–0,054 mg/l a pouze 21 nádrží přesahuje limit pro eutrofii 0,035 mg/l podle kritérií OECD [9]. Jen tři vodní nádrže – shodou okolností všechny tři Novomlýnské nádrže – cílovými hodnotami přesahují limit 0,05 mg/l, který je v nařízení vlády č. 61/2003 Sb. stanoven jako limitní pro nádrže vodárenské a koupací.

Výhodou navrženého postupu je, že proti dřívějšímu hodnocení výsledky lépe odpovídají normativní klasifikaci používané v RSV (příloha V) pro hodnocení dobrého ekologického potenciálu s nízkou mírou ovlivnění vodních útvarů antropogenními vlivy. Nespornou výhodou použitého způsobu hodnocení je také to, že umožňuje provázat hodnocení tekoucích i stojatých vod a činí tak celý systém hodnocení útvarů v povodí konzistentní. Poslední výhodou navrženého způsobu hodnocení je bezesporu jeho univerzálnost, která spočívá v možnosti hodnocení libovolné vodní nádrže nebo útvaru stojaté vody bez nutnosti hledat odpovídající typově specifické „jezero“. Tato poslední výhoda se projeví zejména v případě, že dojde ke zvýšení počtu útvarů stojatých vod nebo ke změnám, úpravám nebo přehodnocení typově referenčních podmínek útvarů tekoucích povrchových vod. V navrženém postupu dojde v případě nádrží pouze k jednoduchému přepočtu cílových hodnot pro jednotlivé nádrže a následnému vyhodnocení vůči naměřeným hodnotám.

Nový systém také celý postup hodnocení eutrofizace nádrží více relativizuje a připouští při vyšších přirozených koncentracích fosforu v povodí výskyt eutrofních nádrží klasifikovaných dobrým ekologickým potenciálem. A tento princip funguje i opačně zejména v horských oblastech, kde ani mezotrofie nemusí stačit pro plnění environmentálních cílů.

Kromě výše zmíněných výhod přináší zvolený postup také určité nejistoty, na které je třeba upozornit. Pro stanovení referenčních

Tabulka 2. – Výsledky hodnocení ekologického potenciálu vodních nádrží pro ukazatel celkový fosfor a jejich srovnání s výsledky hodnocení stavu vody se zohledněním požadavků na užívání vody podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb. v platném znění [5].

Díleč povodí [28]	Název nádrže	nadmořská výška hladiny (m n. m.)	teoretická doba zdržení (dny)	limit pro P_{celk} na přítoku do nádrže podle [16] (mg/l)		limit pro P_{celk} v nádrži vypočítaný modelem opti OECD podle [27] (mg/l)		koncentrace P_{celk} v nádrži nebo v odtoku (mg/l)	vyhodnocení ekologického potenciálu pro P_{celk} v nádrži modelem opti OECD podle [27]		vodárenské účely/koupání (VO/KO) [5]	vyhodnocení NEK-RP podle NV 61/2003 Sb. [5]	vyhodnocení NEK-RP podle NV 61/2003 Sb. + VO/KO [5]
				VD/D	D/S	MP/DP	DP/SP		MP/DP	DP/SP			
LA	Hamry	600,1	39,30	0,025	0,045	0,019	0,032	0,034	nesplňuje	nesplňuje	VO	splňuje	splňuje
LA	Hvězda	419,8	34,72	0,035	0,050	0,026	0,035	0,102	nesplňuje	nesplňuje		splňuje	splňuje
LA	Josefův Důl	732,2	315,37	0,025	0,045	0,014	0,023	0,010	splňuje	splňuje	VO	splňuje	splňuje
LA	Les Království	323,4	11,10	0,035	0,050	0,028	0,039	0,096	nesplňuje	nesplňuje		splňuje	splňuje
LA	Pastviny I	470,2	28,20	0,035	0,050	0,026	0,036	0,020	splňuje	splňuje	KO	splňuje	splňuje
LA	Rozkoš	282,6	138,15	0,035	0,050	0,021	0,029	0,065	nesplňuje	nesplňuje	KO	splňuje	nesplňuje
LA	Seč I	488,6	96,45	0,035	0,050	0,023	0,031	0,039	nesplňuje	nesplňuje	KO	splňuje	splňuje
LA	Souš	768,2	144,70	0,025	0,045	0,016	0,027	0,010	splňuje	splňuje	VO	splňuje	splňuje
LA	Vavřínecký ryb.	384,7	31,80	0,035	0,050	0,026	0,036	0,255	nesplňuje	nesplňuje		nesplňuje	nesplňuje
LA	Vrchlice	323,8	224,00	0,035	0,050	0,020	0,027	0,034	nesplňuje	nesplňuje	VO	splňuje	splňuje
LA	Žehuňský ryb.	203,1	15,43	0,035	0,050	0,028	0,038	0,157	nesplňuje	nesplňuje		nesplňuje	nesplňuje
VH	Bezdv	381,1	50,88	0,035	0,050	0,025	0,034	0,134	nesplňuje	nesplňuje		splňuje	splňuje
VH	Dehtář	406,0	180,00	0,035	0,050	0,020	0,028	0,215	nesplňuje	nesplňuje		nesplňuje	nesplňuje
VH	Hejtman (Hamerský potok)	534,2	19,80	0,025	0,045	0,020	0,034	0,033	nesplňuje	splňuje		splňuje	splňuje
VH	Hejtman (Koštěnický potok)	464,0	17,80	0,035	0,050	0,027	0,038	0,154	nesplňuje	nesplňuje	KO	nesplňuje	nesplňuje
VH	Hněvkovice	370,1	7,98	0,035	0,050	0,029	0,040	0,059	nesplňuje	nesplňuje		splňuje	splňuje
VH	Husinec	528,3	11,45	0,025	0,045	0,021	0,035	0,032	nesplňuje	splňuje	VO	splňuje	splňuje
VH	Kořensko	352,6	0,59	0,035	0,050	0,032	0,043	0,108	nesplňuje	nesplňuje		splňuje	splňuje
VH	Lipno I	726,0	271,38	0,025	0,045	0,014	0,024	0,022	nesplňuje	splňuje	KO	splňuje	splňuje
VH	Orlík I - Vltava po soutoku s Otavou	352,0	23,00	0,030	0,050	0,023	0,037	0,059	nesplňuje	nesplňuje	KO	splňuje	nesplňuje
VH	Orlík II - Otava po ústí do Vltavy	352,0	20,00	0,030	0,050	0,024	0,037	0,057	nesplňuje	nesplňuje	KO	splňuje	nesplňuje
VH	Ratmírovský rybník	524,0	9,36	0,025	0,045	0,021	0,036	0,178	nesplňuje	nesplňuje	–	nesplňuje	nesplňuje
VH	Rožmberk	427,2	31,11	0,035	0,050	0,026	0,036	0,236	nesplňuje	nesplňuje	–	nesplňuje	nesplňuje
VH	Římov	470,7	86,52	0,035	0,050	0,023	0,032	0,023	splňuje	splňuje	VO	splňuje	splňuje
VH	Staňkovský rybník	470,3	106,58	0,035	0,050	0,022	0,031	0,033	nesplňuje	nesplňuje	KO	splňuje	splňuje
VH	Svět	434,5	83,66	0,035	0,050	0,023	0,032	0,092	nesplňuje	nesplňuje	–	splňuje	splňuje
BE	České údolí	314,0	6,92	0,035	0,050	0,029	0,040	0,145	nesplňuje	nesplňuje	KO	splňuje	nesplňuje
BE	Hracholusky	355,1	54,30	0,035	0,050	0,025	0,034	0,024	splňuje	splňuje	KO	splňuje	splňuje
BE	Klíčava	294,6	379,80	0,035	0,050	0,018	0,024	0,024	nesplňuje	splňuje	VO	splňuje	splňuje
BE	Lučina	532,1	25,37	0,025	0,045	0,020	0,033	0,028	nesplňuje	splňuje	VO	splňuje	splňuje
BE	Nýrsko	523,0	147,77	0,025	0,045	0,016	0,026	0,008	splňuje	splňuje	VO	splňuje	splňuje
BE	Žlutice	508,3	134,68	0,025	0,045	0,016	0,027	0,024	nesplňuje	splňuje	VO	splňuje	splňuje
VD	Hostivař	250,0	99,17	0,035	0,050	0,023	0,031	bez dat	nesplňuje*	nesplňuje*	KO	–	–
VD	Orlík III - od soutoku Vltavy s Otavou	351,6	91,83	0,035	0,050	0,023	0,031	0,034	nesplňuje	nesplňuje	KO	splňuje	splňuje
VD	Slapy	271,0	34,38	0,035	0,050	0,026	0,035	0,039	nesplňuje	nesplňuje	KO	splňuje	splňuje
VD	Švihov	377,0	427,35	0,035	0,050	0,017	0,023	0,010	splňuje	splňuje	VO	splňuje	splňuje
VD	Želiv	413,0	23,66	0,035	0,050	0,027	0,037	0,027	nesplňuje	splňuje	KO	splňuje	splňuje
OH	Barbora	248,0		0,035	0,050			bez dat	–	–	KO	–	–

Tabulka 2. – Pokračování

Dílčí povodí [28]	Název nádrže	nadmořská výška hladiny (m n. m.)	teoretická doba zdržení (dnů)	limit pro P_{celk} na přítoku do nádrže podle [16] (mg/l)		limit pro P_{celk} v nádrži vypočítaný modelem opti OECD podle [27] (mg/l)		koncentrace P_{celk} v nádrži nebo v odtoku (mg/l)	vyhodnocení ekologického potenciálu pro P_{celk} v nádrži modelem opti OECD podle [27]		vodárenské účely/koupání (VO/KO) [5]	vyhodnocení NEK-RP podle NV 61/2003 Sb. [5]	vyhodnocení NEK-RP podle NV 61/2003 Sb. + VO/KO [5]
				VD/D	D/S	MP/DP	DP/SP		MP/DP	DP/SP			
OH	Břežňanský rybník	274,3	23,10	0,035	0,050	0,027	0,037	0,020	splňuje	splňuje	–	splňuje	splňuje
OH	Fláje	737,1	390,60	0,025	0,045	0,013	0,022	0,011	splňuje	splňuje	VO	splňuje	splňuje
OH	Horka	504,7	342,40	0,025	0,045	0,013	0,022	0,010	splňuje	splňuje	VO	splňuje	splňuje
OH	Jesenice	439,2	171,00	0,035	0,050	0,021	0,028	0,030	nesplňuje	nesplňuje	KO	splňuje	splňuje
OH	Lenešický rybník	186,0	49,50	0,050	0,070	0,034	0,046	bez dat	splňuje*	splňuje*	–	–	–
OH	Máchovo jezero	266,0	129,76	0,035	0,050	0,022	0,030	bez dat	nesplňuje*	nesplňuje*	KO	–	–
OH	Nechranice	271,9	102,37	0,035	0,050	0,022	0,031	0,020	splňuje	splňuje	KO	splňuje	splňuje
OH	Přísečnice	732,8	898,00	0,025	0,045	0,011	0,018	0,011	splňuje	splňuje	VO	splňuje	splňuje
OH	Skalka	442,2	29,62	0,035	0,050	0,026	0,036	0,054	nesplňuje	nesplňuje	KO	splňuje	nesplňuje
OH	Stanovice	513,4	483,30	0,025	0,045	0,012	0,021	0,019	nesplňuje	splňuje	VO	splňuje	splňuje
OD	Heřmanický rybník	203,0	72,34	0,035	0,050	0,024	0,032	0,327	nesplňuje	nesplňuje	–	nesplňuje	nesplňuje
OD	Kružberk	431,1	69,10	0,035	0,050	0,024	0,033	0,035	nesplňuje	nesplňuje	VO	splňuje	splňuje
OD	Morávka	516,9	74,30	0,025	0,045	0,018	0,029	0,022	nesplňuje	splňuje	VO	splňuje	splňuje
OD	Olešná	304,4	93,20	0,035	0,050	0,023	0,031	0,065	nesplňuje	nesplňuje	KO	splňuje	nesplňuje
OD	Slezská Harta	498,8	425,20	0,035	0,050	0,017	0,023	0,032	nesplňuje	nesplňuje	KO	splňuje	splňuje
OD	Šance	506,9	230,00	0,025	0,045	0,015	0,024	0,020	nesplňuje	splňuje	VO	splňuje	splňuje
OD	Těřlicko	277,4	276,20	0,035	0,050	0,019	0,026	0,057	nesplňuje	nesplňuje	KO	splňuje	nesplňuje
OD	Žermanice	293,6	254,60	0,035	0,050	0,019	0,026	0,075	nesplňuje	nesplňuje	KO	splňuje	nesplňuje
DY	Boskovice	430,0	230,70	0,035	0,050	0,020	0,027	0,051	nesplňuje	nesplňuje	VO	splňuje	nesplňuje
DY	Brno	229,1	22,80	0,035	0,050	0,027	0,037	0,058	nesplňuje	nesplňuje	KO	splňuje	nesplňuje
DY	Dalešice	380,5	224,10	0,035	0,050	0,020	0,027	0,092	nesplňuje	nesplňuje	–	splňuje	splňuje
DY	Hubenov	522,1	264,70	0,025	0,045	0,014	0,024	0,022	nesplňuje	splňuje	VO	splňuje	splňuje
DY	Letovice	360,1	190,10	0,035	0,050	0,020	0,028	0,029	nesplňuje	nesplňuje	KO	splňuje	splňuje
DY	Mohelno	303,2	30,80	0,035	0,050	0,026	0,036	0,131	nesplňuje	nesplňuje	–	splňuje	splňuje
DY	Mostišťe	476,9	86,50	0,035	0,050	0,023	0,032	0,035	nesplňuje	nesplňuje	VO	splňuje	splňuje
DY	Nová Říše	554,6	280,00	0,025	0,045	0,014	0,023	0,018	nesplňuje	splňuje	VO	splňuje	splňuje
DY	Nové Mlýny I	171,4	11,90	0,050	0,070	0,039	0,052	0,147	nesplňuje	nesplňuje	–	splňuje	splňuje
DY	Nové Mlýny II	170,4	5,97	0,050	0,070	0,040	0,054	0,234	nesplňuje	nesplňuje	–	nesplňuje	nesplňuje
DY	Nové Mlýny III	170,4	19,70	0,050	0,070	0,037	0,050	0,220	nesplňuje	nesplňuje	–	nesplňuje	nesplňuje
DY	Vír I	464,5	152,20	0,035	0,050	0,021	0,029	0,047	nesplňuje	nesplňuje	VO	splňuje	splňuje
DY	Vranov	348,5	132,50	0,035	0,050	0,022	0,030	0,033	nesplňuje	nesplňuje	KO	splňuje	splňuje
MO	Fryšták	246,9	113,80	0,035	0,050	0,022	0,030	0,085	nesplňuje	nesplňuje	VO	splňuje	nesplňuje
MO	Ludkovice	284,2	73,34	0,035	0,050	0,024	0,032	0,060	nesplňuje	nesplňuje	VO	splňuje	nesplňuje
MO	Luhačovice	283,3	80,90	0,035	0,050	0,023	0,032	0,084	nesplňuje	nesplňuje	–	splňuje	splňuje
MO	Opatovice	333,4	571,64	0,035	0,050	0,016	0,022	0,021	nesplňuje	splňuje	VO	splňuje	splňuje
MO	Plumlov	273,6	61,46	0,035	0,050	0,024	0,033	0,079	nesplňuje	nesplňuje	–	splňuje	splňuje
MO	Slušovice	316,4	203,98	0,035	0,050	0,020	0,027	0,016	splňuje	splňuje	VO	splňuje	splňuje

Vysvětlivky:

* – hodnocení podle dat na přítoku do nádrže

LA – dílčí povodí Horního a středního Labe, VH – dílčí povodí Horní Vltavy, BE – dílčí povodí Berounky, VD – dílčí povodí Dolní Vltavy, OH – dílčí povodí Ohře, Dolního Labe a ostatních přítoků Labe, OD – dílčí povodí Horní Odry, DY – dílčí povodí Dyje, MO – dílčí povodí Moravy a přítoků Váhu, opti OECD – optimalizovaný model retence fosforu v jezerech a nádržích OECD podle Hejzlara et al. [27], VD/D – hranice mezi velmi dobrým a dobrým stavem podle RSV, D/S – hranice mezi dobrým a středním stavem podle RSV, MP/DP – hranice mezi maximálním a dobrým potenciálem podle RSV, DP/SP – hranice mezi dobrým a středním potenciálem podle RSV, VO – využití nádrže pro vodárenské účely, KO – využití nádrže pro koupání, NEK-RP – norma environmentální kvality – roční průměr podle [5]

hodnot pro každou nádrž je individuálně používána teoretická doba zdržení, která je odvozena z celkového ovladatelného objemu nádrže a průměrného ročního průtoku. V případě, že se v jednotlivých letech výrazně mění jedna nebo obě z těchto charakteristik, mohou být výsledky hodnocení v jednotlivých letech dosti rozdílné. Tento problém by bylo možné vyřešit nastavením určitého intervalu cílových hodnot, ve kterých se může nádrž pohybovat, aby dosáhla dobrého ekologického potenciálu. Způsob nastavení rozmezí cílových hodnot koncentrací fosforu pro každou vodní nádrž by mohlo být předmětem následných detailních studií, které by postihly meziroční variabilitu klimatických podmínek, případně i charakter využívání nádrží.

Určitou míru nejistoty do navrženého hodnocení vnáší také dosud nejednotný způsob sledování koncentrací fosforu v nádržích. Pro srovnatelnost výsledků by mělo být zajištěno, že nádrž bude sledována celoročně, nikoli jen v průběhu vegetační sezóny, a mělo by být určeno, v jakém místě nádrže a jakým postupem má být odebírán standardní vzorek. Za optimální považujeme odběr směsného epilimnetického vzorku v dolní (jezerní) části nádrže, zhruba ze středu příčného profilu. V případě nádrží, které nejsou z nějakého důvodu sledovány, by mohly být využity i výsledky měření na odtoku z nádrže. V takovém případě je však nutné posoudit způsob vypouštění nádrže a eliminovat riziko hodnocení koncentrací fosforu na základě vody vypouštěné z hypolimnia.

Poděkování

Příspěvek vznikl s podporou projektu NAZV č. QI102265 „Určení podílu erozního fosforu na eutrofizaci ohrožených útvarů stojatých povrchových vod“ a na základě dílčích výsledků projektu SFŽP č. 02671012 Metodické řízení monitoringu a hodnocení stavu útvarů povrchových vod tekoucích.

Pro vyhodnocení aktuálních koncentrací celkového fosforu v nádržích byly použity výsledky z monitoringu nádrží provozovaného státními podniky Povodí. Za bezplatné poskytnutí dat o jakosti vody v nádržích a jejich povodí za období 2006–2010 autoři děkují Povodí Vltavy, státní podnik, Povodí Labe, státní podnik a Povodí Ohře, státní podnik.

Literatura

- [1] EUROPEAN UNION. *Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Aktualizovaný pracovní překlad s anglickým originálem. Úplné znění, zahrnující text Přílohy X. (Rozhodnutí č. 2455/2001/ES Evropského parlamentu a Rady ze dne 20. listopadu 2001 ustavující seznam prioritních látek v oblasti vodní politiky a pozměňující směrnici 200/60/ES)*. Praha, Ministerstvo životního prostředí, odbor ochrany vod, srpen 2003, 98 s.
- [2] SCHINDLER, D. W. *Eutrophication and recovery in experimental lakes: Implications for lake management*. Science, 1974, 184: 897–899.
- [3] SCHINDLER, D. W. *Whole-lake fertilization experiments with phosphorus, nitrogen and carbon*. Int Ver Theor Angew Limnol Verh, 1975, 19: 3221–3231.
- [4] SCHINDLER, D. W., HECKY, R. E., FINDLAY, D. L., STAIN-TON, M. P., PARKER, B. R., PATERSON, K. G., BEATY, K.

G., LYNG, M., KASIAN, S. E. M. *Eutrophication of lakes cannot be controlled by reducing nitrogen input: Results of a 37-year whole-ecosystem experiment*. PNAS, 2008, 105 (32): 11254–11258.

- [5] SBÍRKA ZÁKONŮ ČR. Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění pozdějších předpisů. Ročník 2003, částka 24, 898–952.
- [6] SBÍRKA ZÁKONŮ ČR. Vyhláška č. 98/2011 Sb., o způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod, způsobu hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu povrchových vod. Ročník 2011, částka 37, 970–1013.
- [7] VOLLENWEIDER, R. A. *Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication*. OECD, Paris, 1968, 159 p.
- [8] DILLON, P. J., RIGLER, F. H. *The phosphorus-chlorophyll relationship in lakes*. Limnology and Oceanography, 1974, 19 (5): 767–773.
- [9] OECD. *Eutrophication of Waters – Monitoring, Assessment and Control. Final report*. OECD Cooperative Programme on Monitoring of Inland Waters. Vollenweider, R. A. and Kerekes, J (eds.). Organisation for Economic Development and Co-operation. Paris. 1982, 332 p.
- [10] SOLHEIM, A. L. (ed.). *Reference Conditions of European Lakes. Indicators and methods for the Water Framework Directive Assessment of Reference conditions*. Project REBECCA D7, Draft Version 5.0, Dec 30, 2005, 105 pp.
- [11] VIGHI, M., CHIAUDANI, G. *A simple method to estimate lake phosphorus concentrations resulting from natural, background, loadings*. Water Research, 1985, 19 (8): 987–991.
- [12] SØNDERGAARD, M., JEPPESEN, E., JENSEN, J. P., AM-SINCK, S. L. *Water Framework Directive: ecological classification of Danish lakes*. Journal of Applied Ecology, 2005, 42: 616–629.
- [13] DURAS, J., HEJZLAR, J. ET. AL. III. *Metodický postup hodnocení ekologického potenciálu útvarů povrchových vod pro první plány oblastí povodí*. In: Metodické postupy státních podniků povodí pro hodnocení chemického a ekologického stavu a rizikivosti útvarů povrchových vod, ekologického potenciálu útvarů povrchových vod, chemického a kvantitativního stavu útvarů podzemních vod v prvních plánech oblastí povodí. Povodí Labe, státní podnik, Povodí Vltavy, státní podnik, Povodí Ohře, státní podnik, Povodí Moravy, s.p. a Povodí Odry, státní podnik, Praha, září 2007. 14 pp.
- [14] ANONYMOUS. II. *Metodický postup hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod pro první plány oblastí povodí*. In: Metodické postupy státních podniků povodí pro hodnocení chemického a ekologického stavu a rizikivosti útvarů povrchových vod, ekologického potenciálu útvarů povrchových vod, chemického a kvantitativního stavu

- útvárů podzemních vod v prvních plánech oblastí povodí. Povodí Labe, státní podnik, Povodí Vltavy, státní podnik, Povodí Ohře, státní podnik, Povodí Moravy, s.p. a Povodí Odry, státní podnik, Praha, září 2007. 36 pp.
- [15] TUŠIL, P. (ed). Metodické řízení monitoringu a hodnocení stavu útvárů povrchových vod tekoucích. Závěrečná zpráva o realizaci projektu SFŽP č. 02671012. VÚV TGM, v.v.i., Praha, březen 2012, 9 pp, 16 příloh.
- [16] ROSENDORF, P. ET AL. Metodika hodnocení všeobecných fyzikálně-chemických složek ekologického stavu útvárů povrchových vod tekoucích. Závěrečná zpráva dílčí části projektu SFŽP č. 02671012 (MŽP). VÚV TGM, v.v.i., prosinec 2011, 20 pp.
- [17] POVODÍ LABE, STÁTNÍ PODNIK. Plán oblasti povodí Horního a středního Labe [online]. Hradec Králové, prosinec 2009 [cit. 20. srpna 2012]. Dostupné na World Wide Web: <http://www.pla.cz/planet/projects/planovaniou/hlavni.aspx>.
- [18] POVODÍ VLTAVY, STÁTNÍ PODNIK. Plán oblasti povodí Horní Vltavy [online]. Praha, prosinec 2009 [cit. 20. srpna 2012]. Dostupné na World Wide Web: <http://www5.pvl.cz/portal/hydroprojekt/VH/index.html>.
- [19] POVODÍ VLTAVY, STÁTNÍ PODNIK. Plán oblasti povodí Dolní Vltavy [online]. Praha, prosinec 2009 [cit. 20. srpna 2012]. Dostupné na World Wide Web: <http://www5.pvl.cz/portal/hydroprojekt/VD/index.html>.
- [20] POVODÍ VLTAVY, STÁTNÍ PODNIK. Plán oblasti povodí Berounky [online]. Praha, prosinec 2009 [cit. 20. srpna 2012]. Dostupné na World Wide Web: <http://www5.pvl.cz/portal/hydroprojekt/BE/index.html>.
- [21] POVODÍ OHŘE, STÁTNÍ PODNIK. Plán oblasti povodí Ohře a dolního Labe [online]. Chomutov, prosinec 2009 [cit. 20. srpna 2012]. Dostupné na World Wide Web: <http://www.poh.cz/VHP/pop/index.html>.
- [22] POVODÍ MORAVY, S. P. Plán oblasti povodí Moravy [online]. Brno, prosinec 2009 [cit. 20. srpna 2012]. Dostupné na: <http://www.pmo.cz/pop/2009/Morava/End/index.html>.
- [23] POVODÍ MORAVY, S. P. Plán oblasti povodí Dyje [online]. Brno, prosinec 2009 [cit. 20. srpna 2012]. Dostupné na: <http://www.pmo.cz/pop/2009/Dyje/end/index.html>.
- [24] POVODÍ ODRY, STÁTNÍ PODNIK. Plán oblasti povodí Odry [online]. Ostrava, prosinec 2009 [cit. 20. srpna 2012]. Dostupné na World Wide Web: http://www.pod.cz/plano-vani/cz/plan_oblasti_povodi_odry.html.
- [25] KRÁSA, J., ROSENDORF, P., HEJZLAR, J., DURAS, J., ANSORGE, L., DOSTÁL, T., DVOŘÁKOVÁ, T., DAVID, V., KOUDELKA, P., MIKŠÍKOVÁ, K., STROUHAL, L., VRÁNA, K., FIALA, D., BOROVEC, J. Určení podílu erozního fosforu na eutrofizaci ohrožených útvárů stojatých povrchových vod. Dílčí zpráva projektu NAZV ev. č. QI102265 za rok 2010. ČVUT v Praze, 2010, 145 pp.
- [26] KRÁSA, J., ROSENDORF, P., HEJZLAR, J., DURAS, J., DOSTÁL, T., DVOŘÁKOVÁ, T., DAVID, V., KOUDELKA, P., JANOTOVÁ, B., BAUER, M., DEVÁTÝ, J., MIKŠÍKOVÁ, K., KAVKA, P., STROUHAL, L., VRÁNA, K., ANSORGE, L., FIALA, D., BOROVEC, J. Určení podílu erozního fosforu na eutrofizaci ohrožených útvárů stojatých povrchových vod. Dílčí zpráva projektu NAZV ev. č. QI102265 za rok 2011. ČVUT v Praze, 2011, 81 pp.
- [27] HEJZLAR, J., ŠÁMALOVÁ, K., BOERS, P., KRONVANG, B. Modelling phosphorus retention in lakes and reservoirs. Water, Air and Soil Pollution: Focus, 2006, 6: 487–494.
- [28] SBÍRKA ZÁKONŮ ČR. Vyhláška č. 393/2010 Sb. o oblastech povodí. Ročník 2010, částka 141, 5244–5256.
- [29] PREMAZZI, G., DALMIGLIO, A., CARDOSO, A. C., CHIAUDANI, G. Lake management in Italy: the implications of the Water Framework Directive. Lakes and Reservoirs: Research and Management. 2003, 8: 41–59.

HODNOCENÍ EKOLOGICKÉHO POTENCIÁLU NÁDRŽÍ VE DRUHÉM KOLE PLÁNŮ POVODÍ

Josef Hejzlar¹, Jakub Borovec¹, Jan Kubečka¹, Josef Matěna¹, Jindřich Duras²

¹*Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, České Budějovice*

²*Povodí Vltavy, státní podnik, Praha*

Abstrakt

Vodohospodářské řízení nádrží ovlivňuje nádržový vodní ekosystém mnoha způsoby. K hlavním faktorům, které mají velký vliv na ekologii nádrže i toku pod ní, patří zejména hloubka výpustí a kolísání hladiny, jež je nutně spojeno se zásobní a protipovodňovou ochrannou funkcí nádrží. Dopady na vodní ekosystém závažnější především na velikosti a intenzitě využívání pracovního prostoru nádrže a projevují se odlišně v nádržích s různou hloubkou a dobou zdržení. Ovlivněny mohou být prakticky všechny indikátorové ukazatele ekologické kvality, které se používají pro hodnocení ekologického potenciálu v Rámcové vodní směrnici (RVS), tj. hydromorfologický režim, teplotní a kyslíkový režim, chemismus vody, litorální a planktonní společenstva (makrofyta, fytoplankton a dal.), bentos a ryby. Příspěvek diskutuje otázku, jak v druhém kole hodnocení vodních útvarů RVS nastavit systém pro hodnocení ekologického potenciálu nádrží, aby se dokázal skoubit požadavky RVS na kvalitu vodního ekosystému s reálnými možnostmi pro zachování stávajících vodohospodářských funkcí nádrží. Problematika je ukázána na příkladech vybraných nádrží (Lipno, Římov, nádrže Vltavské kaskády).

Klíčová slova: Vodní ekosystém; Rámcová vodní směrnice EU; indikátory ekologického potenciálu; vodohospodářské funkce nádrží.

Abstract

Water management of reservoirs affects the reservoir aquatic ecosystems in many ways. Major factors that largely influence ecology of the reservoir and also downstream reaches of water courses include mainly the depth of outlets and the extent of water level fluctuations that inevitably result from storage and flood-protection reservoir functions. The impacts on aquatic ecosystem are dependent mainly on the intensity of use of reservoir water pool and have different effects in reservoirs of various depths and water residence time. Practically all indicators of ecological quality used in evaluations of ecological potential in the Water Framework Directive (WFD), i.e. hydromorphology, thermal and oxygen regime, water chemistry, littoral and planktonic communities (macrophytes, phytoplankton etc.), benthos, and fish, can be influenced. The topic of contribution is to discuss how the evaluation system for the ecological potential of reservoirs should be adjusted in the second cycle of RMBPs to cope the requirements of WFD on quality of aquatic ecosystems with real possibilities for maintaining current reservoir functions. The problems are presented on examples of selected reservoirs (Lipno, Římov, reservoirs of the Vltava Cascade).

Key words: Aquatic ecosystem; EU Water Framework Directive; indicators of ecological potential; water-management reservoir functions.

SUKCESE RYBÍCH SPOLEČENSTEV Z HLEDISKA EKOLOGICKÉHO POTENCIÁLU ÚDOLNÍCH NÁDRŽÍ

J. Kubečka¹, P. Blabolil¹, M. Říha¹, D. Boukal¹, J. Peterka¹, T. Jůza¹, M. Prchalová¹, M. Čech¹, V. Draštík¹,
J. Frouzová¹, M. Muška¹, M. Kratochvíl¹, J. Matěna¹, M. Tušer¹, M. Vašek¹,

¹*Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, České Budějovice*

Abstrakt

Poslední léta byla ve znamení výrazného zlepšení informací o rybích obsádkách nádrží a jezer. Především se v celoevropském i v národním měřítku standardizovala metodika monitorování ryb, což přispělo k tomu, že jsou údaje z různých nádrží lépe srovnatelné než kdykoliv v historii. Standardizace umožňuje podstatně přesnější srovnávání kvalitativního i kvantitativního složení a vytvoření přesnější typologie rybích společenstev. Většina našich nádrží se vyvíjela směrem k cyprinidním společenstvům, charakterizovaným hustými obsádkami kaprovitých ryb. Tento stav není příliš hodnotný ani z hlediska zachování biologické rozmanitosti ani z hlediska kvality vody. Na opačné straně osy stojí salmonidní systémy (pstruhové obsádky), kterých stále ubývá a zaslouží si maximální ochranu. Zatímco o cyprinidních, případně percidních (okounovitých) společenstvech byly soustředěny rozsáhlé informace, o fungování a způsobech ochrany nejvzácnějších salmonidních systémů je informací překvapivě málo. Příspěvek poukazuje na několik zdokumentovaných případových studií negativního, neutrálního nebo pozitivního vývoje a nastíní hlavní výzvy pro monitoring a management.

Abstract

Information on the fish stock of reservoirs is improving dramatically with the introduction of new and standardized methods. Thus we achieve more accurate comparisons of qualitative and quantitative characteristics of fish communities. Most reservoirs develop towards cyprinid –dominated communities with relatively abundant populations and the dominance of slow growing cyprinid fish. This state cannot be considered valuable both from the view of biodiversity and water quality. Much less frequent are percid and salmonid communities, where much less information is available despite their much higher ecological value. Especially rare are salmonid systems which deserve maximum protection. The lecture will include several case studies with negative and positive scenarios of development.

ZDROJE SPLAVENIN V POVODÍCH A JEJICH EUTROFIZAČNÍ POTENCIÁL

J. Krása¹, B. Janotová¹, M. Bauer¹, T. Dostál¹, P. Rosendorf², J. Hejzlar³, J. Borovec³

¹ Fakulta stavební, ČVUT v Praze, Katedra hydromeliorací a stavebního inženýrství, Praha

² Výzkumný ústav T. G. Masaryka, v.v.i., Praha

³ Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, České Budějovice

Abstrakt česky

V 58 povodích významných nádrží v ČR (s celkovou plochou cca 31 500 km²) bylo modelováno množství splavenin dlouhodobě vstupujících do vodních toků a nádrží ze zemědělské půdy. Retence splavenin ve všech dílčích nádržích povodí byla posouzena na základě teoretické doby zdržení. Pro tisíce menších nádrží byly objemy a průtoky dopočteny na základě analýz map a odvozeného specifického odtoku. Prostorová podrobnost řešení umožnila odhadnout význam konkrétních pozemků pro zanášení toků a sestavit mapy ročního zatížení jednotlivých úseků toků splaveninami.

Pro polovinu nádrží již byl odhadnut bilanční podíl rozpuštěného erozního fosforu v kontextu s ostatními zdroji (zejména splaškovými vodami). Pro všechny řešené nádrže bude tato bilance provedena do konce letošního roku. Ve většině dosud analyzovaných povodí je pro eutrofizaci hodnocených nádrží podíl bodových zdrojů určující, význam erozního fosforu je v tomto kontextu obvykle přeceňován.

Součástí řešení je i odhad zanášení všech (včetně MVN) nádrží v povodích, jeho rychlost je alarmující.

Klíčová slova: Transport splavenin; zanášení nádrží; eutrofizace; vodní eroze; transport fosforu.

Abstract

In 58 large catchments of the Czech Republic (covering ca 35000 km²) the sediment transport processes were assessed. Amount of sediment flux into the streams and reservoirs from agricultural land was estimated. Sediment retention in all reservoirs was considered based on reservoirs' outflow. For thousands of small ponds the volumes and outflow had to be estimated based on reservoir areas and specific flow rates in catchments. The distributed approach allowed considering importance of particular agricultural fields for stream silting. The maps of annual sediment flow in all streams were derived.

Phosphorus flows (based on phosphorus content in soils) are being modelled, for half of the catchments already solved; the results show that point sources are prevailing as a eutrophying element

in most catchments. However, the sediment fluxes cause serious problems not only concerning eutrophication.

Key words: Sediment transport; reservoirs' silting; eutrophication; soil erosion; phosphorus.

Úvod

Jedním z požadavků Rámcové směrnice o vodách EU je zajištění Dobrého stavu vodních útvarů. Dobrý stav je definován celou řadou parametrů včetně eutrofizace. Vodní útvary především stojatých vod v ČR jsou silně ohroženy právě eutrofizací díky vysokému přísunu živin, zejména pak fosforu ve všech jeho podobách. Významným zdrojem fosforu zejména v zemědělské krajině jsou i plošné zdroje znečištění, které zde představuje zejména eroze a transport splavenin, na něž je fosfor ve zvýšené míře vázán.

Cílem projektu NAZV QI102A265 „Určení podílu erozního fosforu na eutrofizaci ohrožených útvarů stojatých povrchových vod“ je v prvním kroku definování vodních útvarů, které jsou podle svých hydrologických a limnologických charakteristik k eutrofizačním procesům citlivé. V uvedených povodích je cílem postihnout všechny bodové i plošné zdroje fosforu jako spouštěcího eutrofizačního prvku. Všechny zdroje s výjimkou erozních lze poměrně věrohodně stanovit na základě monitoringu vodních toků. Erozní fosfor je však možno určit pouze modelově.

V následujícím kroku je proto pro řešení povodí třeba stanovit erozní ohroženost zemědělské půdy. Dalším krokem je modelování transportu uvolněných splavenin povodím do hydrografické sítě a dále do vodních nádrží. Na základě obsahu fosforu v půdách a poměru obohacení splavenin je konečně modelován i transport erozního fosforu v povodích.

Pro popis každého z uvedených procesů v detailním měřítku existuje celá řada metod. Zájmové území prezentované úlohy však svou rozlohou zahrnuje přibližně 40 % rozlohy území ČR. Z tohoto důvodu nelze použít žádnou z výše zmíněných pokročilých metod založených na fyzikálně orientovaném modelování a je nutné pracovat na úrovni implementace jednodušších empirických přístupů na platformě GIS s využitím standardně dostupných datových zdrojů.

Data a metody

Každý z dílčích úkolů řešení předpokládá zapojení značného množství datových zdrojů z oblasti vodohospodářství, veřejné správy, zemědělství i klasického polohopisu. Pokud se nejedná přímo o geodata, jedná se o rozsáhlé databáze, jež jsou ke geodatům připojovány. Zpracování úloh klade nároky nejen na práci s GIS, ale i na statistické vyhodnocení a zpracování uvedených databází a také na terénní měření, odběry vzorků (vody, půdy i sedimentu) i kontinuální monitoring. Výsledkem jsou opět data, pro jejichž zpracování je GIS nezbytností. Rámcově se celý projekt odehrává v následujících fázích.

(1) Stanovení environmentálních cílů pro toky i nádrže (tj. přípustných koncentrací fosforu). (2) Výběr nádrží pro řešení a posouzení základního rizika z hlediska vstupu fosforu z plošných zdrojů, seznam prioritních povodí. (3) Získání všech dostupných údajů z veřejných databází pro půdy a obsah fosforu v nich, zemědělské využití, vodní toky, dílčí nádrže v povodích, sestavení polohopisných i výškopisných modelů území. (4) Modelování eroze a transportu splavenin z povodí, zachycení v nádržích, stanovení zdrojů sedimentu v povodích. (5) Získání údajů o vypouštění splaskových vod a dalších bodových zdrojích fosforu v povodích z dostupných evidencí. (6) Dopočet chybějících údajů a vyhodnocení významnosti zdrojů i vypouštěných množství fosforu, model transportu fosforu z bodových zdrojů. (7) Model transportu neerozního fosforu z plošných zdrojů – zemědělských i nezemědělských ploch. (8) Bilance jednotlivých zdrojů na vstupu do systému toků a nádrží na základě modelových výpočtů. (9) Získání a vyhodnocení dat komplexního monitoringu v dostupných profilech vodních toků, pokus o bilanční oddělení jednotlivých zdrojů na základě informací o vstupech fosforu z údajů získaných monitoringem v malých povodích s jednoznačně separovanými zdroji. (10) Porovnání obou modelů a verifikace modelu transportu splavenin a fosforu z povodí s cílem určení skutečné významnosti jednotlivých zdrojů. (11) Posouzení procesů vazby jednotlivých forem fosforu na částice, jeho ukládání a remobilizace v nádržích, posouzení skutečné ohroženosti řešených nádrží. (12) Scénáře možného vývoje z hlediska zatížení nádrží a toků fosforem z bodových i plošných zdrojů a z hlediska celkové hydrologické bilance daných povodí.

Ještě před samotným řešením (výpočty, zpracováním monitoringu a návrhy opatření) bylo třeba provést výběr řešených nádrží. Z důvodu korespondence projektu s Vodní rámcovou směrnicí bylo řešení zaměřeno především na definované stojaté vodní útvary, nicméně do řešení byly po konzultacích s MZe a podniky povodí zahrnuty i další rizikové nádrže. Prvním krokem byla revize cílů jakosti – nových limitů koncentrací fosforu ve vodách. Na jejím základě bylo vybráno 58 významných ohrožených nádrží ČR (nejen vodních útvarů) pro řešení [1] – tabulka 1.

Kompletní metodika řešení a dílčí výsledky hodnocení neerozních zdrojů fosforu v povodích jsou představeny v návazných příspěvcích tohoto bloku a v řešitelských zprávách [1], [2]. Příspěvek se dále zabývá pouze výpočtem erozního smyvu, transportu splavenin a erozního fosforu v uvedených povodích.

Erozní procesy jsou základním plošným zdrojem fosforu v zemědělsky využívaných povodích. Jejich podíl na celkovém transportovaném množství fosforu v ostatních oblastech nemusí být velký. Navíc, nemusí být přímým spouštěčem eutrofizace, neboť

rozpuštěné ortofosforečnany z bodových zdrojů jsou pro fytoplankton přímo dostupné, a proto významnější.

Tabulka 1. – Seznam nádrží pro řešení.

Povodí horního a středního Labe	Povodí horní Vltavy	Povodí Moravy
Les Království	Lipno I	Plumlov
Rozkoš	Římov	Fryšták
Hvězda	Dehtář	Ludkovice
Hamry	Bezdrov	Luhačovice
Seč I	Hněvkovice	Povodí Dyje
Vrchlice	Staňkovský rybník	Vranov
Žehuňský rybník	Hejtman (Košťenický potok)	Nové Mlýny I
Vavřínecký rybník	Svět	Vír I
Povodí Ohře a dolního Labe	Rožmberk	Brněnská
Skalka	Hejtman (Hamerský potok)	Letovice
Jesenice	Ratmírovský rybník	Boskovice
Stanovice	Kořensko	Hubenov
Máchovo jezero	Husinec	Dalešice
Přísečnice	Orlík I	Mohelno
Fláje	Orlík II	Mostiště
Povodí Berounky	Povodí Odry	Nové Mlýny II
Lučina	Slezská Harta	Nové Mlýny III
České údolí	Kružberk	
Žlutice	Morávka	
Povodí dolní Vltavy	Olešná	
Orlík III	Žermanice	
Slapy	Heřmanický rybník	
Hostivař	Těrlicko	

Eroze a transport splavenin však přináší v povodích řadu dalších problémů, nejen jako eutrofizační zdroj. Splaveniny omezují kvalitu vody zákalem, poškozují splavnost a zejména neúnosně zanáší menší vodní nádrže. Jejich odstraňování je přitom ekonomicky extrémně náročné.

Množství fosforu dodávaného do půdy s hnojivy za posledních dvacet let výrazně pokleslo, hlavní informační databázi o jeho obsahu je sběr agrochemického zkoušení půd (ACHP) a bazální monitoring půd. ACHP je prostorově velmi podrobná databáze, nicméně z pohledu celkového fosforu problematická, neboť tento není u vzorků přímo stanovován a je obtížně odvoditelný ze stanovených hodnot fosforu dostupného pro růst rostlin. Z hlediska vazeb fosforu na erodovanou zeminu je významné též její

chemické složení a tedy matečný substrát (geologické podloží). Už jen vytvoření mapy obsahu celkového fosforu v půdách je proto obtížným úkolem. Nová mapa je kombinací půdní typologie, geologie a bazálního monitoringu půd. Problémem je zde nedostupnost podrobné geologické mapy ČR ve vektorové digitální podobě.

Veškeré dosavadní projekty v ČR řešící podobná měřítka (tedy povodí velikosti tisíců až desítek tisíc km²) postupovaly celistvým přístupem a schéma transportu splavenin sestavovaly z dílčích povodí (v nejpodrobnějším případě IV. řádu č. h. p.). Zde jsme se rozhodli pro distribuovaný přístup, který umožňuje zpětnou identifikaci zdrojů splavenin do úrovně části konkrétního pozemku. Jako modelový nástroj byl vybrán model WATEM/SEDEM [3], umožňující v uvedeném měřítku řešit všechny tři fáze výpočetního schématu: (i) transport splavenin přímo z pozemku (bilanci smyvu a depozice v závislosti na transportní kapacitě daného místa sva-hu), (ii) transport vodními toky (včetně bilance vstupu z pozemků a všech přítoků do všech úseků říční sítě) a (iii) bilanci ve všech průtočných nádržích (ve vazbě na příslušné toky, v závislosti na poměru zachycení splavenin).

Uvedené řešení předpokládá získání veškerých polohopisných údajů v maximální možné podrobnosti, má-li být konektivita drah povrchového odtoku reprezentována alespoň částečně věrohodně a mají-li být ve schématu všechny drobné toky i nádrže v povodích. Erodovatelné pozemky (včetně trvalých travních porostů) byly převzaty z registru zemědělské půdy LPIS a databáze ZABAGED. DMT pro stanovení odtokových drah byl adaptován ze stereoskopicky pořízeného modelu GEODIS DTM v rozlišení 10 m. Toto rozlišení bylo převzato jako bazální pro celé modelování transportu splavenin i fosforu.

Vodní toky byly převzaty z vrstvy „A02 – vodní tok (jemné úseky)“ databáze DIBAVOD, nicméně její adaptace pro zajištění funkční topologie s vyloučením obtokových a slepých ramen, různých převodů a přivaděčů, ošetření minimální délky úseků, aby nevypadly ze systému při převodu do desetimetrového rozlišení rastru, polohopisné navázání na nádrže, to vše byly náročné geoinformační a programovací úlohy. V jednotlivých povodích se jednalo o tisíce až desítky tisíc úseků, k nimž byly posléze namodelovány hodnoty transportu splavenin i fosforu.

Pro určení poměru zachycení (TE) v nádržích je třeba znát jejich objem a dlouhodobý průtok, neboť TE je závislý na teoretické době zdržení [4]. Cílem bylo do schématu zahrnout všechny mapované nádrže identifikované jako průtočné. Databáze nádrží DIBAVOD nicméně disponuje v ČR více než 70 tisíci objekty, přičemž odhadovaný počet nádrží v ČR se pohybuje cca do 30 tisíc. Kromě pojmenovaných nádrží byly proto v celorepublikové databázi ponechány pouze objekty s plochou přesahující 0,25 ha. K nim byly přiřazeny hodnoty objemů a průměrných průtoků ze všech dosažitelných databází, přičemž u objemu se jedná pouze o zlomek celkového počtu (cca 3000 z 20477), u průtoku ještě řádově méně. Zbylé objemy byly dopočteny dle ploch a charakteristických lokalit, průtoky potom na základě celorepublikově odvozené mapy ročního specifického odtoku (podle známých údajů z literatury a hlásných profilů ČHMÚ). Mapa specifického odtoku je dalším samostatným geoinformačním výstupem řešení, který bylo nutno realizovat samostatným výzkumem po zjištění, že nejsou dostupné ani dlouhodobé průtoky v nádržích ani úsekový model průtoků v tocích ani výše uvedená mapa.

Po kombinaci všech výše uvedených získaných nebo vytvořených zdrojů dat byl namodelován dlouhodobý (roční průměrný) transport splavenin až do řešených vodních útvarů. Na základě mapy celkového fosforu v půdách a poměru obohacení [5] byl určen obsah erodovaného fosforu a model WATEM/SEDEM byl adaptován tak, aby bylo možno modelovat přímo transport celkového fosforu v povodí [1].

Vše výše uvedené platí pro části povodí na území ČR. Pro zahraniční části povodí je třeba získat jiná geodata. Následně musí být databáze propojovány, přičemž spojení podrobných DMT nebo navázání sítě vodních toků není triviální automatizovanou operací a vyžaduje značnou geoinformační znalost. Dostupné německé ani rakouské databáze (v obou zemích byla za tím účelem navázána spolupráce) neodpovídají svou datovou přesností, rozlišením, ani polohopisnou přesností databázím českým.

Výsledky

Jako testovací povodí vhodné pro všechny zainteresované pracovní skupiny a odbornosti bylo zvoleno pro rok 2010 povodí VN Římov, které má plochu cca 500 km², je zemědělsky využíváno, je v něm standardní hydrografická síť s průměrným počtem vodních nádrží, v povodí probíhá standardní monitoring kvality vody a na vtoku do nádrže je po řadu let prováděno podrobné sledování kvality vody i transportu splavenin. Zde bylo úspěšně otestováno jak propojení českých a zahraničních databází, tak verifikace modelu transportu splavenin dle monitoringu nerozpuštěných látek (v měsíčním kroku po dobu 10 let) v patnácti profilech povodí.

V roce 2011 pak byl modelován transport splavenin i erozního fosforu v dalších 26 povodích – pro všechny nádrže z povodí horního a středního Labe, povodí Ohře a dolního Labe, povodí Berounky, povodí Odry a povodí Moravy a pro VN Hostivař. Tím byla vyřešena všechna izolovaná povodí s velikostí do 1 300 km² (největší z nich, povodí Českého údolí, má velikost 1 268 km²). Pro všechna povodí byly sestaveny podrobné mapy transportu splavenin všemi úseky toků vrstvy „A02 – vodní tok (jemné úseky)“ databáze DIBAVOD s hodnotami vstupu splavenin z přilehlých pozemků, dále transportovanými splaveninami a množstvými zachycenými ve všech identifikovaných průtočných nádržích. Roky 2010 a 2011 tak byly zároveň kalibračními a testovacími obdobími. Na povodí Českého údolí se ukázala limitní velikost řešeného území pro jednotlivá modelová řešení. Toto povodí muselo být zpracováno ve dvou navazujících celcích samostatně.

V roce 2012 pokračuje řešení pro zbylých 20 určených nádrží (povodí horní Vltavy a povodí Dyje), jež jsou obsaženy ve dvou rozlehlých celcích – jedná se o celé povodí VN Slapy (12 965 km²) a celé povodí VN Nové Mlýny III (11 867 km²). Pro takto rozsáhlá území je výpočet ve zvolené podrobnosti mimořádně náročný a musel být realizován po dílčích úsecích (celkově 22 mezilehlých povodí pro Nové Mlýny a 26 mezilehlých povodí pro Slapy). Transport splavenin páteřními úseky mezilehlých povodí byl následně dopočten včetně poměru zachycení v jednotlivých nádržích.

V roce 2011 byla zpracována povodí zahrnující 1 259 nádrží a transport splavenin a fosforu byl určen pro 7 554 úseků toků (3 126 km říční sítě). V roce 2012 pak část povodí Vltavy a celé povodí Dyje zahrnující 8 631 nádrží v ČR a transport splavenin byl určen pro 82 607 navazujících úseků toků.

Pokud se týká porovnání řešených povodí, lze konstatovat, že variabilita ohroženosti zemědělských pozemků a míry jejich vlivu na zanášení nádrží je v podmínkách ČR velmi vysoká. Erozní smyv na jednotlivých pozemcích v mnoha případech dosahuje řádu desítek tun zeminy ročně z jednoho hektaru a v některých případech je takto vysoký i samotný transport splavenin z pozemku do vodního toku. Naopak v řadě zemědělsky využívaných lokalit je transport minimální (méně než 100 kg zeminy z jednoho hektaru ročně).

I pokud se týká celých řešených 77 celků (průměrná velikost povodí 410 km²), je variabilita transportu splavenin značná. Specifický erozní smyv v daných povodích se pohybuje v rozmezí 0,02 – 8,71 [t.ha⁻¹rok⁻¹] s průměrem 2,36 [t.ha⁻¹rok⁻¹]. Specifický transport splavenin do toků (po odečtení splavenin sedimentujících před vstupem do toku) se pohybuje v rozmezí 0,02 – 3,10 [t.ha⁻¹rok⁻¹] s průměrem 0,60 [t.ha⁻¹rok⁻¹].

Závěr

Ve dvaceti sedmi povodích řešených v roce 2011 bylo dále provedeno porovnání s hodnotami fosforu vstupujícího do toků z ostatních zdrojů. Z hodnocení vyplynulo, že pokud posuzujeme vstupy celkového fosforu z jednotlivých zdrojů v povodí, v převážné většině nádrží výrazně převažuje vnos erozního fosforu. Výjimku tvoří pouze Heřmanický rybník, který se nachází na území města Ostravy a jeho zatížení z bodových zdrojů je absolutně nejvyšší při přepočtu na plochu povodí. Samostatnou skupinu tvoří nádrže s výrazným zastoupením lesních ploch v povodí. V jejich případě je vliv erozního fosforu malý nebo zanedbatelný a na zatížení nádrže se v podobné míře podílejí vstupy z lesních ploch, zemědělsky obhospodařovaných pozemků a bodových zdrojů. Nejvyšší specifický přísun fosforu spojený s erozním smyvem byl zjištěn v povodí nádrží Fryšták, Luhačovice a Vavřínecký rybník.

Pokud přepočítáme vstup celkového fosforu jednotlivých typů zdrojů podle obvyklých podílů rozpuštěného fosforu, obrázek o podílech jednotlivých typů zdrojů se výrazně změní. Ve většině hodnocených povodí se nejvýznamnějšími stávají bodové zdroje. Nejméně v 15 povodích je podíl těchto zdrojů vyšší než 50 %. Zejména v rozlehlejších povodích se projevuje přítomnost středních a velkých zdrojů znečištění, které se při průměrném způsobu

odstraňování fosforu v čistírnách odpadních vod rozhodující měrou podílejí na celkovém zatížení nádrží. Vstupy ze zemědělských ploch za běžných srážko-odtokových událostí tvoří v 11 hodnocených povodích více než čtvrtinu celkových vstupů rozpuštěného fosforu.

Vzhledem k nejistotám spojeným s některými typy vstupů znečištění je však nutné provést doplnění dalších podkladů, případně zjistit skutečný stav v povodí a spolu s nádržemi hodnocenými v roce 2012 provést opakované výpočty s doplněnými daty.

Poděkování

Výzkum je realizován v rámci projektu NAZV QI102A265 „Určení podílu erozního fosforu na eutrofizaci ohrožených útvarů stojatých povrchových vod“ a metodika řešení je aktualizována s podporou projektu TA ČR č. TA02020647 „Atlas EROZE – moderní nástroj pro hodnocení erozního procesu“.

Literatura

- [1] KRÁSA J. ET AL. – Určení podílu erozního fosforu na eutrofizaci ohrožených útvarů stojatých povrchových vod; dílčí zpráva projektu NAZV č. QI102265 za rok 2010; FSv ČVUT v Praze, 2010.
- [2] KRÁSA J. ET AL. – Určení podílu erozního fosforu na eutrofizaci ohrožených útvarů stojatých povrchových vod; dílčí zpráva projektu NAZV č. QI102265 za rok 2011; FSv ČVUT v Praze, 2012.
- [3] VAN ROMPAEY A. – VERSTRAETEN G. – VAN OOST K. – GOVERS G. – POESEN J.: Modelling mean annual sediment yield using a distributed approach. *Earth Surface Processes and Landforms*. 2001. 26 (11), 1221–1236.
- [4] Dendy, F.E., and W.A. Champion. *Sediment Deposition in U.S. Reservoirs*. MP-1362. U.S. Dept. Agr., Agr. Res. Serv., 1978.
- [5] SHARPLEY A. N.: Dependence of runoff phosphorus on extractable soil phosphorus. *J. Environ. Qual.*, 1995, 24, 920–926

EUTROFIZAČNÍ POTENCIÁL EROZNÍCH ČÁSTIC V NÁDRŽÍCH

J. Borovec¹, J. Jan¹, J. Hejzlar¹, J. Krása², P. Rosendorf³

¹Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, České Budějovice

²Fakulta stavební ČVUT, Katedra hydromeliorací a stavebního inženýrství, Praha

³Výzkumný ústav T. G. Masaryka, v.v.i., Praha

Abstrakt

Na 56 vzorcích půd z monitorovacích ploch bazálního monitoringu zemědělských půd Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského (ÚKZÚZ) byly provedeny testy sorpce/desorpce P a frakcionační analýzy P, Fe, Al. Zásobenost půd fosforem (výluh dle Mehlich3) byla identifikována jako rozhodující parametr, na základě kterého lze stanovit míru eutrofizačního rizika erozního smyvu pro nádrže. V průměru pouze 4 % celkového obsahu fosforu v půdách může mít eutrofizační charakter. Použití koncentrací celkového P v půdách pro bilanční zhodnocení významu erozí pro eutrofizaci se jeví jako nevhodné.

Klíčová slova: Eroze; eutrofizace; frakcionace, sorpce, zásobenost půd fosforem.

Abstract

Fifty six soil samples from permanent agricultural soil monitoring sites of the Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture were tested for phosphorus (P) sorption/desorption abilities, and P, Fe, and Al fractionation analyses were performed. The concentration of P stock available for plant growth (Mehlich 3 extract) was identified as the determining parameter suitable for the evaluation of erosion particle eutrophication potential for reservoirs. On average only 4 % of the total soil P may present eutrophication risk. The use of total P soil concentration was found to be incorrect for mass-balance evaluation of P sources in the watershed.

Key words: Erosion; eutrophication; fractionation, sorption, soil available phosphorus.

Úvod

Problém eutrofizace povrchových vod je popisován nejméně od 60. let 20. století [3]. Od 70. let 20. století je známo, že klíčovou živinou, způsobující zhoršení jakosti vody doprovázené masovým rozvojem řas a sinic, je fosfor [5]. Od té doby byla na různých místech ve světě přijímána protieutrofizační opatření, spočívající v zabraňování přísunu fosforu do vod, zejména z komunálních

splaškových odpadních vod, ať už jejich odkloněním a zavedením jinam nebo jejich důsledným čištěním a účinným odstraňováním fosforu. Česká republika v tomto snažení nijak daleko nepokročila a naopak, až do nedávné doby byla uzavřena do celkem bezpředmětné diskuze, zda-li má na zhoršující se jakost vody větší vliv fosfor nebo dusík (zejména dusičnany) nebo zda-li má na postupující eutrofizaci větší podíl zemědělství (plošné zdroje) nebo města a obce (bodové zdroje).

Obě otázky lze zodpovědět již v úvodu. Eutrofizace kontinentálních povrchových vod mírného pásu je v 99,9 % případů způsobována fosforem, nikoli dusíkem. V ČR z polí a luk často odtékají vysoké koncentrace dusíku (zejména dusičnanů), nikoli však eutrofizačně účinného rozpuštěného fosforu [2,4]. Výjimku tvoří velkochovy hospodářských zvířat nebo hnojiště, které, přestože spadají do zemědělství, jsou při špatném hospodaření spíše bodovými zdroji produkujícími fosfor i dusík. Vysoké koncentrace P v tocích jsou spojeny především vypouštěním (anebo neřízeným únikem v případě malých sídel) komunálních odpadních vod bez účinného čištění fosforu.

Zvláštní kapitolou je eroze; běžným monitoringem jakosti vod ji nezachytíme (jedná se o epizodické události) a ani nevíme, jaké částice s sebou erozní událost do toku odnesla. Víme, že eroze existuje a měla by být omezována seč síly stačí, ale ani toto se v praxi mnohdy neděje.

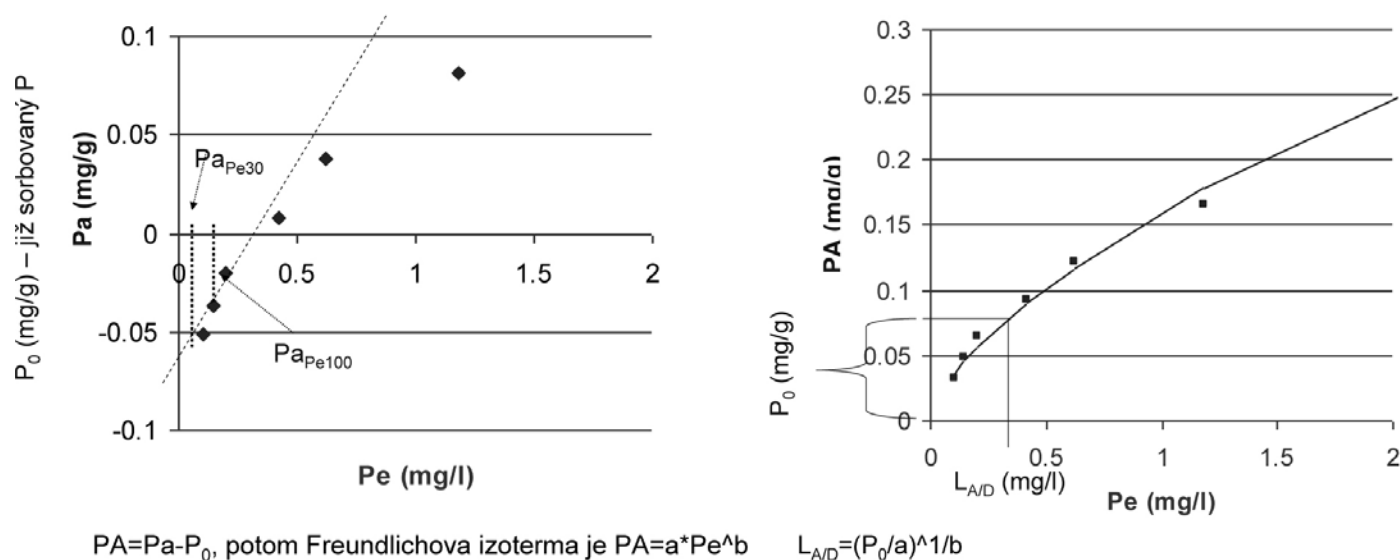
Celkový fosfor vs. eutrofizační potenciál zdrojů

Rozdělení fosforu na různé formy je v zásadě dáno přípravou vzorku a způsobem jeho stanovení:

celkový fosfor = rozpuštěný fosfor + částicový fosfor

Celkový fosfor (P_{celk}) – vzorek bez předúpravy (popř. po cezení sítkem 0,2 mm), převedení částic a organických forem do roztoku (mineralizací) a stanovení (kolorimetricky nebo ICP). Neříká nic o zastoupení forem fosforu.

Rozpuštěný fosfor (RP) – vzorek přefiltrován přes filtr o porozitě 0,4 μm , ve filtrátu převedeny organické formy na anorganické (mineralizací) a stanovení (kolorimetricky nebo ICP). Takto stanovený fosfor zahrnuje fosforečnanový fosfor a rozpuštěný organický fosfor. Oba jsou považovány za biologicky dostupné. V praxi



Obr. 1. – Schématické znázornění důležitých parametrů sorpčních isoterem.

se často stanovuje ve vzorku bez mineralizace ortofosforečnanový fosfor (RRP), který při kolorimetrickém stanovení může zahrnovat i část rozpuštěného organického fosforu. Za rozpuštěný organický fosfor se s jistou mírou nepřesnosti považuje rozdíl mezi RP a RRP, tj. rozpuštěný nereaktivní P (RNP).

Částicový fosfor – nejčastěji bývá vypočten jako rozdíl mezi celkovým a rozpuštěným fosforem. Je tvořen širokou škálou organických a minerálních částic, které neprojdou filtrem o porozitě 0,4 µm: řasy, sinice, zbytky rostlin, bakteriální vločky, erozní částice a jiné plaveniny. Ze shora popsaného způsobu stanovení vyplývá, že nevíme nic o jejich biologické využitelnosti řasami a sinicemi, tedy jejich vlivu na eutrofizační projevy.

Zatímco rozpuštěný fosfor lze celý považovat za biologicky dostupný, u částic to možné není a je nutné stanovit jejich „eutrofizační potenciál“, neboli schopnost částice zadržovat/uvolňovat fosfor. Tato schopnost se liší podle místa původu částice, které ovlivňuje její složení. Obecně lze říci, že vysoký eutrofizační potenciál mají částice s: i) malým obsahem vazebných partnerů pro fosfor (nejčastěji hydroxyoxidů železa a hliníku), ii) velkým množstvím fosforu vázaným v organických částicích (řasy, sinice a bakteriální vločky, jež se při biochemickém rozkladu rozpadnou a uvolní fosfor).

Odhad eutrofizačního potenciálu částic je možný dvěma způsoby:

1) Pomocí jednoduchých poměrů, jako jsou např. poměr fosforu v částicích vůči sušině nerozpuštěných látek, poměr železa anebo hliníku v částicích vůči fosforu v částicích, či podobně poměr organického uhlíku a fosforu v částicích. Tyto ukazatele jsou jednoduché a snadno použitelné v rutinním monitoringu. 2) Pomocí speciální analýzy, jako jsou např. postupná frakcionace fosforu, železa a hliníku v modifikaci dle [1] nebo sorpční izotermy pro P. Obě metody jsou laboratorně náročné, poskytují však detailní informaci o zastoupení fosforu a jeho vazebných partnerů v jednotlivých extrakčních krocích, které simulují různé situace (např. změny kyslíku nebo pH v prostředí), do kterých se částice mohou dostávat a následně měnit svoje chování.

Data a metody

Celkem bylo analyzováno 56 vzorků půd pocházejících z monitorovacích ploch bazálního monitoringu zemědělských půd Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského (ÚKZÚZ). Jako „běžně erodovatelné částice“ byla zvolena velikostní frakce částic < 63 µm (resuspenze suchých vzorků, lyofilizace, suché síťování). S touto frakcí byly prováděny následné analýzy.

Sorpční/desorpční vlastnosti částic pro fosfor

Do 9 centrifugačních zkumavek o objemu 50 ml bylo naváženo postupně 0,05, 0,1 a 0,25 g částic stejného vzorku, poté přidán roztok NaH₂PO₄ tak, aby koncentrace PO₄-P byly po doplnění na 40 ml vodovodní vodou postupně 0, 0, 0, 0,5, 1, 2, 4, 8, 16 mg l⁻¹. Po 72 hod třepání byl vzorek zcentrifugován (10 min., 2000 g), zfiltrován (GF MN-5, porozita 0,45 µm) a ve filtrátu stanovena koncentrace rozpuštěného reaktivního fosforu.

Naměřené rovnovážné koncentrace fosforečnanu (Pe, µg l⁻¹ PO₄-P) a údaje o množství sorbovaného fosforečnanu (Pa, µg g⁻¹ P) byly použity pro výpočet parametrů Langmuirovy izotermy (stanovení maximální sorpční kapacity pro P) a Freundlichovy izotermy (stanovení rovnovážné koncentrace PO₄-P ve vodě, kdy částice P ani nepřijímá, ani neuvolňuje, L_{A/D}; množství P sorbovaného/uvolněného při koncentracích PO₄-P 100 µg l⁻¹ (Pa_{Pe100}) a 30 µg l⁻¹ (Pa_{Pe30})) (Obr. 1.).

Pro identifikaci hlavních vazebných partnerů pro P byly vzorky s nulovým přírůstkem P a s přírůstkem P, kdy Pa bylo alespoň o 50 % vyšší než původní obsah P, podrobeny upravené frakcionační analýze podle [6] (Tabulka 1).

Výsledky obou analýz byly srovnány s údaji o zásobenosti půd fosforem (výluh Mehlich3 (P_{M3}); data ÚKZÚZ) a dále bylo vypočítáno množství P uvolněného/přijátého z/do částic, pokud se tyto dostanou do vody o koncentraci 30 µg l⁻¹ (Pa_{Pe30}), resp. 100 µg l⁻¹ (Pa_{Pe100}).

Pro čtyři vybraná povodí nádrží byla dále vypočítána látková bilance zdrojů P (zemědělství, lesy, bodové zdroje, eroze).

Tabulka 1. Extrakční postup frakcionační analýzy pro P, Fe a Al. RRP – rozpuštěný reaktivní fosfor, NRP – rozpuštěný nereaktivní fosfor.

Pořadí frakcí	Princip činidla, složení, doba extrakce	Dominantní formy extrahovaného P
1	Vymytí sedimentu, 2x10 min.	P v pórové vodě a snadno uvolnitelný
	Anoxická H_2O , 25 °C	
2	Anoxie (-400 mV), 10 min.	RRP – P vázaný na amorfní (hydr)oxidy Fe
	0,1M $Na_2S_2O_4$ + 0,1M $NaHCO_3$, pH 7, 25°C	NRP – část organického P
3	Anoxie (-400 mV), 2 h	RRP – P vázaný na krystalické oxidy Fe
	0,1M $Na_2S_2O_4$ + 0,1M $NaHCO_3$, pH 7, 25°C	NRP – část organického P
4	Vysoké pH, 10 min.	RRP – P vázaný na amorfní (hydr)oxidy Al
	1M NaOH, 25 °C	NRP – organický P
5	Vysoké pH, 16 h	RRP – P vázaný na krystalické oxidy Al
	1M NaOH, 25 °C	NRP – organický P
6	Nízké pH	RRP – fosfor vázaný v apatitech a $CaCO_3$
	0,5M HCl, 24 h, 25 °C	NRP – organický P
7	Rozklad zbytkového peletu	NRP - zbytkový nevyextrahovaný fosfor
	Mineralizace - HNO_3 115 °C, 30 min. - $HClO_4$ 170 °C, 2 h	

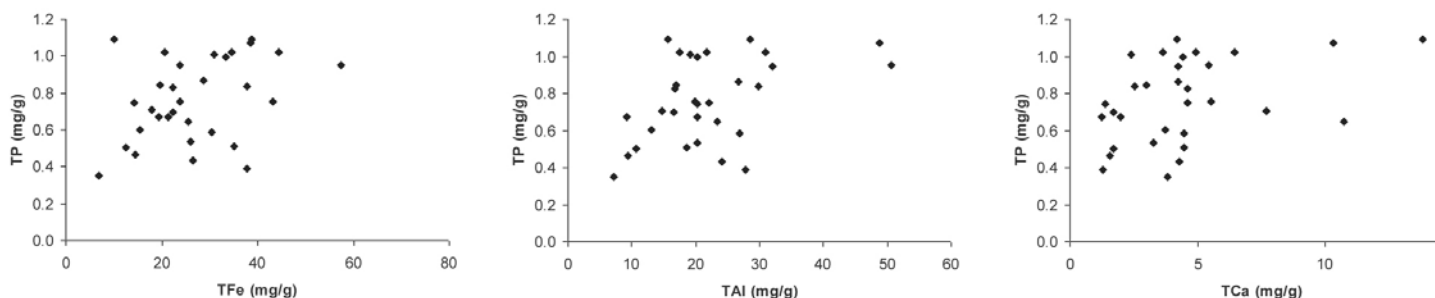
Výsledky

Namísto obšírného textu jsou výsledky koncipovány jako obrazový průvodce nejdůležitějších zjištění.

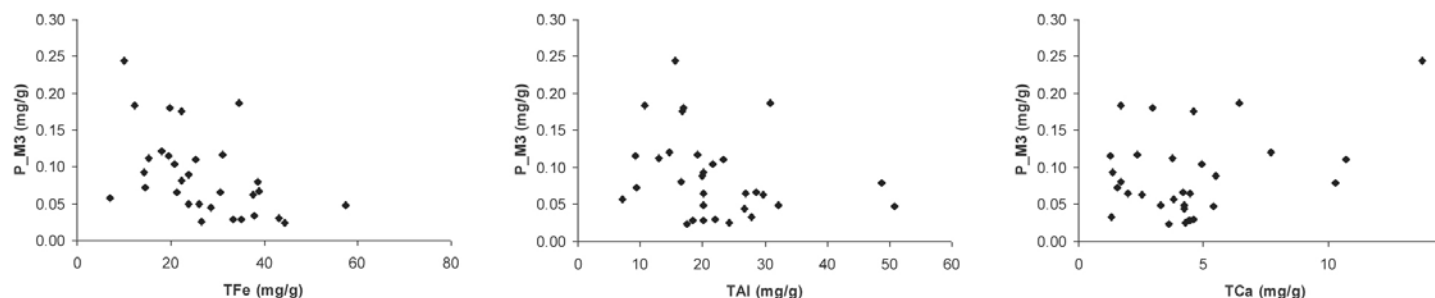
Nebyla zjištěna žádná závislost mezi koncentracemi celkového fosforu a koncentracemi celkového Fe, Al a Ca (Obr. 2).

Nebyl zjištěn žádný vztah mezi zásobeností půd fosforem (P_{M3}) a celkovými koncentracemi Fe, Al, Ca (Obr. 3).

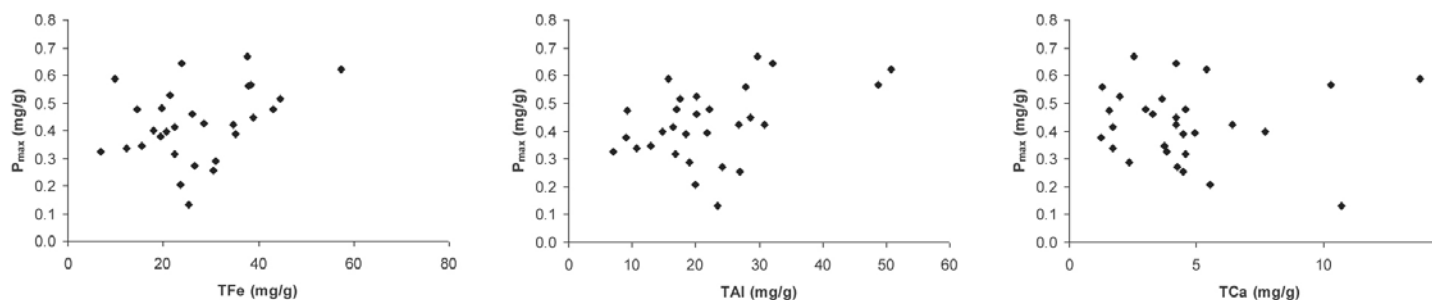
Nebyla zjištěna žádná závislost mezi sorpčními schopnostmi půd pro P (P_{max}) a celkovými koncentracemi Fe, Al, Ca (Obr. 4).



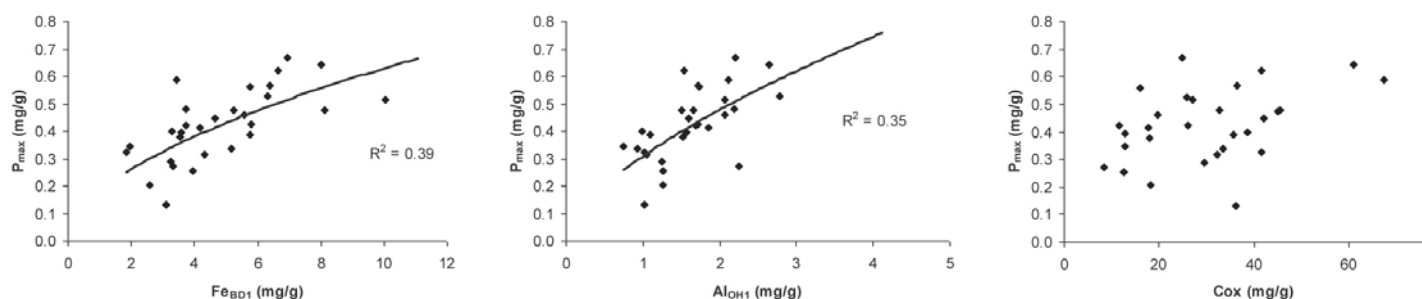
Obr. 2. – Závislosti mezi celkovým fosforem (TP) a jeho vazebnými partnery: celkovým železem (TFe), celkovým hliníkem (TAI) a celkovým vápníkem (TCa).



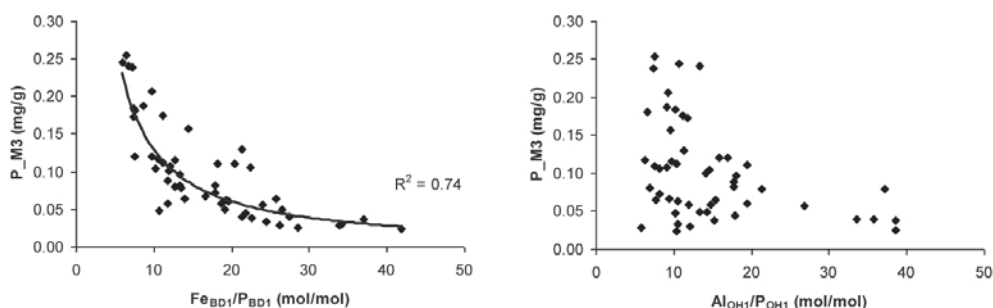
Obr. 3. – Závislosti mezi zásobeností půd fosforem (P_{M3}) a celkovým železem (TFe), celkovým hliníkem (TAI) a celkovým vápníkem (TCa).



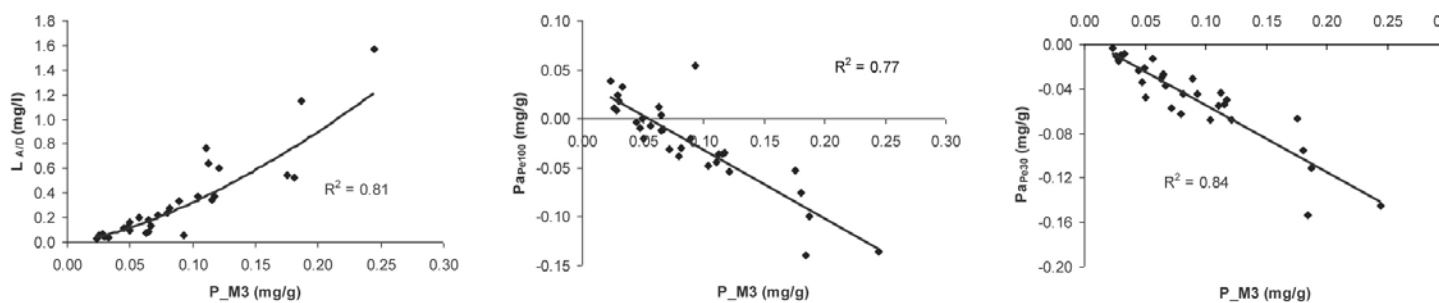
Obr. 4. Závislosti mezi maximální sorpční kapacitou půd (P_{\max}) a celkovým železem (TFe), celkovým hliníkem (TAI) a celkovým vápníkem (TCa).



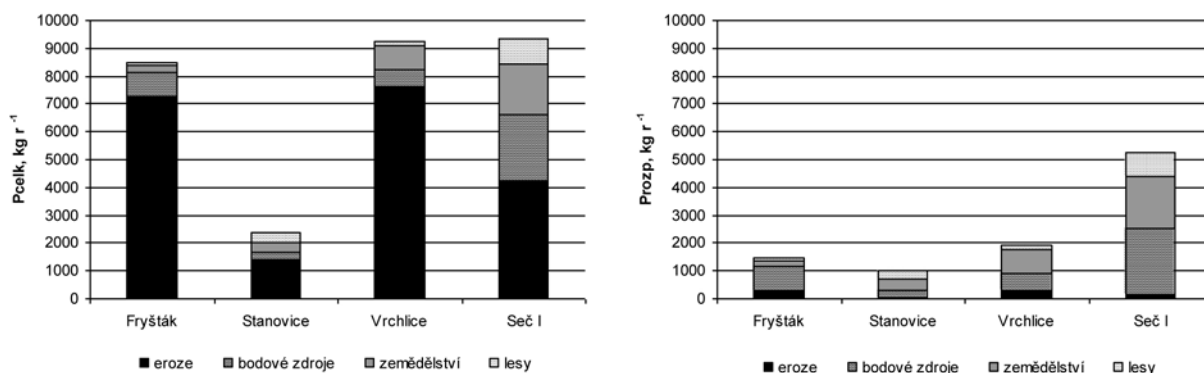
Obr. 5. – Závislosti mezi maximální sorpční kapacitou půd (P_{\max}) a amorfními oxidy železa (Fe_{BD1}), amorfními oxidy hliníku (Al_{OH1}) a celkovým uhlíkem (C_{ox}).



Obr. 6. – Závislosti mezi zásobeností půd fosforem (P_{M3}) a nasycením amorfních (hydr)oxidů Fe fosforem (Fe_{BD1}/P_{BD1}) a amorfními oxidy hliníku (Al_{OH1}/P_{OH1}).



Obr. 7. – Vztah mezi rovnovážnou koncentrací P ve vodě ($L_{A/D}$) mezi zásobeností půd fosforem (P_{M3}). Grafy uprostřed a napravo ukazují závislost mezi zásobeností půd fosforem (P_{M3}) a uvolnitelným množstvím fosforu při koncentraci PO_4 -P ve vodě $100 \mu g l^{-1}$ a $30 \mu g l^{-1}$.



Obr. 8. – Příklad vstupů celkového fosforu ze skupin zdrojů v povodí vybraných nádrží (levý graf) a totéž po redukci erozního vstupu na eutrofizačně rizikový podíl (pravý graf).

Byla zjištěna slabá závislost mezi sorpčními schopnostmi půd pro P (P_{\max}) a hlavními vazebnými partnery pro P, tj. amorfními minerály Fe a Al (Obr. 5).

Byla vysledována silná závislost mezi zásobeností půd fosforem (P_{M3}) a nasycení amorfních (hydr)oxidů Fe fosforem (Fe/P, mol/mol), které bylo zjištěno frakcionační analýzou. Amorfni minerály Fe se zdají být nejdůležitější složkou ovlivňující dostupnost a uvolňování P (Obr. 6).

Byla zjištěna silná závislost mezi zásobeností půd fosforem (P_{M3}) a rovnovážnou koncentrací fosforečnanů ve vodě ($L_{A/D}$). Půdní částice s koncentrací $P_{M3} > 50 \mu\text{g g}^{-1}$ by ze sebe uvolňovaly P v případě, že by se ocitly ve vodě s koncentrací $\text{PO}_4\text{-P} > 100 \mu\text{g l}^{-1}$. Všechny testované půdy by uvolňovaly P ve vodě s koncentrací $\text{PO}_4\text{-P} < 30 \mu\text{g l}^{-1}$ (Obr. 7.). Uvolněné množství P by tvořilo 2, respektive 4 % (Pa_{pe100} a Pa_{pe30}) z celkového obsahu fosforu v erozním smyvu.

Na čtyřech vybraných povodí vodních nádrží byla vypočtena látková bilance zdrojů P v povodí (Obr. 8). Z grafů vyplývá, že při použití koncentrací celkového P, zejména při odhadu látkových toků P vázaných k erozi, bude tento zdroj P naprosto dominantní. Vezmeme-li ale v úvahu eutrofizační potenciál jednotlivých zdrojů P, tj. v případě erozních částic shora uvedené 4 % koncentrace celkového P, zjistíme, že významnost erozních smyvů pro eutrofizaci značně poklesne (Obr. 8, pravý graf). Eutrofizační potenciál erozních částic je ve srovnání s ostatními zdroji P v povodí velmi malý.

Závěry

– Použití údajů o celkových obsazích fosforu a jeho hlavních vazebných partnerů v půdách, tj. Fe, Al a Ca, není vhodné pro predikce chování půdních částic ve vodě (vazba nebo uvolňování P).

– Zásobenost půd fosforem (výluh dle Mehlich3) je úzce spjata se saturací amorfních (hydr)oxidů Fe fosforem.

– Z informace o zásobenosti půd fosforem lze vypočítat rovnovážnou koncentraci rozpuštěného P ve vodě, při které budou sorpce a desorpce P na půdní částici stejné. „Spadne-li“ částice do vody s koncentrací rozpuštěného P nižší než rovnovážnou, částice fosfor uvolní a naopak.

– Z informace o zásobenosti půd fosforem lze odvodit i množství P, které může přispívat k eutrofizaci nádrže.

– Na příkladech látkových bilancí P v povodí nádrže byl ukázán malý vliv eroze na eutrofizaci nádrží.

– V sedimentech nádrží mohou erozní částice svými vazebnými schopnostmi působit proti uvolňování rozpuštěného P ze sedimentů.

Poděkování

Výzkum je realizován v rámci projektu NAZV QI102A265 „Určení podílu erozního fosforu na eutrofizaci ohrožených útvarů stojatých povrchových vod“ a využitím výsledků projektu GAČR 206/09/1764 „Faktory řídící sorpci fosforu v sedimentech jezer a nádrží“.

Literatura

- [1] BOROVEC J., HEJZLAR J. (2003) Fosfor v sedimentech – frakcionace a sorpce, a jejich vztah ke složení sedimentů. P. HUCKO (Ed.) Sedimenty vodních toků a nádrží. SVHS ZSVTS, 15.–16. dubna 2003, Bratislava, s. 42–52.
- [2] FIALA D., ROSENDORF P. (2009): Plošné zdroje fosforu v povodí VN Orlík. Sborník konference Revitalizace Orlické nádrže, 6.–7. října 2009, Kulturní dům Písek. Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích, s. 75–86.
- [3] HARPER D. (1992): Eutrophication of Fresh Waters: Principles, Problems and Restoration. Chapman and Hall, London.
- [4] RICHTR J., HEJZLAR J., SEMANČÍKOVÁ E. (2009): Koncentrace a formy fosforu v odtoku z malých zemědělských povodí v povodí nádrže Orlík. Sborník konference Revitalizace Orlické nádrže, 6.–7. října 2009, Kulturní dům Písek. Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích, s. 65–74.
- [5] SCHINDLER D. W. (1974): Eutrophication and Recovery in Experimental Lakes: Implications for Lake Management. Science 184, 897–899.
- [6] PSENNER R., PUCSKO R. (1988): Phosphorus fractionation: advantages and limits of the method for the study of sediment P origins and interactions. Arch. Hydrobiol. Beih. 30, 43–59.

VLIV VNĚJŠÍHO A VNITŘNÍHO ZATÍŽENÍ FOSFOREM NA EUTROFIZACI NÁDRŽÍ ČR

Josef Hejzlar¹, Jakub Borovec¹, Josef Krása², Pavel Rosendorf³

¹Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, České Budějovice

²Fakulta stavební ČVUT, Katedra hydromeliorací a stavebního inženýrství, Praha

³Výzkumný ústav T. G. Masaryka, v.v.i, Praha

Abstrakt

V souboru 25 nádrží ČR pro období 2006–2010 byla sestavena bilance fosforu „vstup-výstup“, vyčíslena retence P, popř. čisté vnitřní zatížení P ze sedimentů, a byly analyzovány vztahy retence P vůči morfologickým a hydrologickým charakteristikám jednotlivých nádrží. Výsledky ukázaly, že: (i) v žádné z nádrží čisté vnitřní zatížení nebylo zdrojem P (navzdory někde i vysoké trofii nádrží) a všechny nádrže zadržovaly P jak celoročně, tak ve vegetační části roku, (ii) relativní velikost snížení koncentrace P v nádrži oproti koncentraci P přítoku silně závisí na době zdržení vody a (iii) nádržovou retenci P lze popsat jednoduchými regresními modely, které ale mají pro jednotlivé nádrže odlišné hodnoty parametrů.

Klíčová slova: Eutrofizace; sediment; nádrž; hmotnostní bilance fosforu vstup-výstup; retence fosforu.

Abstract

The input-output phosphorus mass balance, retention/net-release of P in/from sediments, and relations of P retention to morphologic and hydrologic reservoir characteristics were set up and analysed within a data set of 25 reservoirs of the Czech Republic for the period of 2006–2010. The results showed that: (i) the net internal loading was not a source of P in any of the reservoirs (despite high trophic level in some reservoirs) and all reservoirs retained P both annually and during the growing period of year, (ii) the relative decrease of in-reservoir P concentration against inflows is strongly dependent on water residence time, and (iii) P retention in reservoirs can be described by simple regression models that, however, have varied parameter values for individual reservoirs.

Key words: Eutrophication; sediment; reservoir; input-output phosphorus balance; phosphorus retention.

SNIŽOVÁNÍ ODTOKOVÝCH KONCENTRACÍ FOSFORU V BOJI PROTI EUTROFIZACI TOKŮ JE I U MALÝCH ČOV AKCEPTOVATELNÝM, SNADNO A JEDNODUŠE ŘEŠITELNÝM POŽADAVKEM

Jan Foller¹

¹Vodárenská akciová společnost, a.s., Soběšická 156, 638 01 Brno,
tel.: 603 804 697, e-mail: foller@vasgr.cz

Úvod.

Názory na efektivitu odstraňování fosforu v procesu čištění komunálních odpadních vod ve vztahu na jeho výslednou koncentraci v tocích se zvláště u malých čistíren odpadních vod (dále jen ČOV), do značné míry liší podle toho, zda je dotázán investor – obec, investor – podnikatel, provozovatel ČOV nebo správce toku. Požadavky na účinné odstraňování fosforu se však opírají o vědecké poznatky z oblasti výzkumu podmínek vedoucích ke zvýšenému výskytu řas, případně cyanobakterií v povrchových vodách, obecně řečeno k eutrofizaci toků a vodních nádrží („Eutrofizací“ rozumíme obohacování vod živinami, zejména dusíkatými látkami nebo fosforem, které způsobuje urychlený růst řas a vyšších rostlin, a tím nežádoucí porušení rovnováhy mezi organismy přítomnými ve vodách a jakostí těchto vod). Především cyanobakterie produkující nebezpečné toxiny jsou důvodem, proč je třeba se snižování koncentrace fosforu v povrchových vodách věnovat, protože se podle zatím doložených poznatků jedná o jednu z prokázaných¹⁾ zásadních podmínek pro jejich rozvoj. Podotýkáme však pro úplnost, že ne jedinou. Dalším, zcela prozaickým důvodem proč se právě nyní věnovat se zvýšenou pozorností problematice odstraňování fosforu jsou závazky ČR vůči EU v oblasti dosažení „Dobrého stavu povrchových vod“ do roku 2015. Chceme-li si poctivě odpovědět na otázku, jak na tom vlastně ve skutečnosti jsme se stavem povrchových vod, je třeba srovnat současný stav s cílovým – očekávaným stavem. Jako orientační vodítko k posouzení úrovně znečištění našich toků můžeme z hlediska koncentrace fosforu uvést parametry z tabulky: „Normy statistické klasifikace kvality povrchových vod EHK OSN“²⁾, kde nalézáme rozdělení toků podle úrovně znečištění do pěti tříd.

Parametr	Třída I	Třída II	Třída III	Třída IV	Třída V
$P_{\text{celk.}} \mu\text{g/l}$	< 10	10 – 25	25 – 50	50 – 125	> 125
$P_{\text{celk.}} \mu\text{g/l}^*$	< 15	15 – 40	40 – 75	75 – 190	> 190
$N_{\text{celk.}} \mu\text{g/l}$	< 300	300 – 750	750 – 1500	1500 – 2500	> 2500

*Hodnoty udávané pro proudící vody

Ve stejné publikaci potom nalézáme „Definici eutrofního stavu podle OECD“, jezer nebo nádrží – „útvary stojaté vnitrozemské povrchové vody“ s plochou větší než 50 ha, které je třeba chránit. Zde jsou jako kritérium použity koncentrace celkového fosforu a chlorofylu-a v $\mu\text{g/l}$.

Druh	$P_{\text{celk.}} \mu\text{g/l}$	Chlorofyl-a v $\mu\text{g/l}$
Ultra-oligotrofní	< 4	< 1,0
Oligotrofní	< 10	< 2,5
Mezotrofní	10 – 35	2,5 – 8,0
Eutrofní	35 – 100	8,0 – 25,0
Hyper-eutrofní	> 100	> 25,0

Cestou k dosažení „Dobrého stavu povrchových vod“ by mělo být dodržování „**SMĚRNICE RADY ze dne 21. května 1991 o čištění městských odpadních vod**“, (91/271/EHS), dále jen „Směrnice“. Samozřejmě, že pro nás je závazná především současná platná legislativa ČR, ale vzhledem k tomu, že se legislativní normy států EU obecně „sbližují“, lze pokládat měkký přístup k požadované účinnosti čištění a odstraňování fosforu z odpadních vod u současně rekonstruovaných malých ČOV (do 2000 EO) ve vztahu ke všem výše uvedeným dokumentům za ono příslovečné

Tabulka 2. – Požadavky na vypouštění z čistíren městských odpadních vod v citlivých oblastech vymezených podle přílohy II A písm. a), které podléhají eutrofizaci. Podle místní situace se může použít jeden nebo oba ukazatele. Použijí se hodnoty koncentrací nebo procenta úbytku.

Ukazatel	Koncentrace	Minimální procento úbytku (%)	Referenční metoda stanovení
Celkový fosfor	2 mg/l (10 000–100 000 PE) 1 mg/l (více než 100 000 PE)	80	Molekulární absorpční spektrofotometrie
Celkový dusík ⁽²⁾	15 mg/l (10 000–100 000 PE) 10 mg/l (10 000–100 000 PE) ⁽³⁾	70–80	Molekulární absorpční spektrofotometrie

⁽¹⁾ Úbytek ve vztahu k zatížení na vtoku.

⁽²⁾ Celkovým dusíkem se rozumí součet dusíku stanoveného Kjeldahlovou metodou (organický a anorganický dusík), dusičnanového dusíku a dusitanového dusíku.

⁽³⁾ Alternativně platí, že denní průměr nesmí překročit 20 mg N/l. Tento požadavek se vztahuje k teplotě vody vyšší nebo rovně 12 °C při provozu biologického reaktoru čistírny odpadních vod. Náhradou za tuto podmínku týkající se teploty lze použít kratší provozní dobu, která se stanoví podle místních klimatických podmínek. Tuto alternativu lze použít, pokud lze prokázat, že je splněn odstavec 1 přílohy I D.

„strkání hlavy do písku“. Je totiž nezbytné situaci posuzovat především podle skutečného stavu povrchové vody, kterou máme k dispozici a objektivních možností současně nejlepších dostupných technik „BAT“, a teprve potom podle velikosti objektu a dalších podmínek. Negativní výsledek hodnocení toku po výpočtu směšovací rovnice by měl být důvodem ke hledání rozumného – přiměřeného řešení k ochraně toku. Tímto řešením není odkaz na tabulku „BAT“ (Příloha č. 7 k NV 61/2003 Sb. v posledním znění). Pozor! Definice „BAT“ a přístup k jejich využití popsány ve „Směr-

nici“ se poněkud liší od deklarovaných „BAT“ v naší legislativě. Požadavky „Směrnice“ ukazuje následující tabulka.

Problematika účinného odstraňování fosforu v procesu čištění odpadních vod má v naší legislativě složitý vývoj a v některých případech, podle našeho názoru, neodpovídá legislativou umožněný přístup k tomuto problému v poslední době zjišťovanému stavu našich řek. Pro ilustraci srovnáme v následujícím požadavky evropské legislativy a „Směrnice“ s naší aktualizovanou legislativou: NV č. 23/2011 Sb. ze 17. února 2011, kterým se mění NV č. 61/2003

Tabulka I. – Dosažitelné hodnoty koncentrací a účinnosti pro jednotlivé ukazatele znečištění při použití nejlepší dostupné technologie v oblasti zneškodňování městských odpadních vod (pro uvedené hodnoty analogicky platí poznámky uvedené pod tabulkami Ia a Ib přílohy C. I k nařízení)

Kategorie ČOV [EO]	Nejlepší dostupná technologie	CHSK _{cr}			BSK ₅			NL		N-NH ₄				N _{celk.}			P _{celk.}		
		koncentrace		účinnost [%]	koncentrace		účinnost [%]	koncentrace		koncentrace		účinnost [%]	Průměr mg/l	koncentrace		účinnost [%]	koncentrace		účinnost [%]
		P mg/l	m mg/l		P mg/l	m mg/l		P mg/l	m mg/l	P mg/l	m mg/l			P mg/l	m mg/l		P mg/l	m mg/l	
<500	Nízko až středně zatěžovaná aktivace nebo biofilmové reaktory	110	170	75	30	50	85	40	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
500–2000	Nízko zatěžovaná aktivace se stabilní nitrifikací	75	140	75	22	30	85	25	30	12	20	75	-	-	-	-	-	-	-
2001–10000	Nízko zatěžovaná aktivace se stabilní nitrifikací a se simultánním srážením fosforu • mikrosíta či jiná filtrace	70	120	80	18	25	90	20	30	8	15	80	-	-	-	2	5	75	
10 001–	Nízko zatěžovaná aktivace s	60	100	80	14	20	90	18	25	-	-	-	14	25	70	1.5	3	80	

Kategorie ČOV [EO]	Nejlepší dostupná technologie	CHSK _{cr}			BSK ₅			NL		N-NH ₄				N _{celk.}			P _{celk.}		
		koncentrace		účinnost [%]	koncentrace		účinnost [%]	koncentrace		koncentrace		účinnost [%]	Průměr mg/l	koncentrace		účinnost [%]	koncentrace		účinnost [%]
		P mg/l	m mg/l		P mg/l	m mg/l		P mg/l	m mg/l	Průměr mg/l	m mg/l			Průměr mg/l	m mg/l		Průměr mg/l	m mg/l	
100 000	odstraňováním nutrientů • terciární stupeň včetně srážení fosforu eventuálně dávkování externího substrátu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
>100 000	Nízko zatěžovaná akt nace s odstraňováním nutrientů * terciární stupeň včetně srážení fosforu, dávkování externího substrátu	55	90	85	10	15	95	14	20	-	-	-	10	16	75	0.7	2	85	

Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizace a o citlivých oblastech, ve znění NV č. 229/2007 Sb. Nejprve uvedeme požadovaný cílový stav jakosti vody dle NV č. 61/2003:

1. Neporušená samočisticí schopnost.
2. Stav bez přítomnosti organismů s potenciálně patogenními a toxickými vlastnostmi.
3. Stav, při němž nedochází k nadměrnému rozvoji autotrofních organismů (hodnoty chlorofylu-a v období duben až říjen jsou menší než 20 µg/l u zdrojů povrchových vod pro výrobu pitné vody, povrchových vod využívaných ke koupání a menší než 50 µg/l u ostatních povrchových vod a vod kaprových) a ke zvýšení produktivity vodního ekosystému, ani k závažné změně druhové rozmanitosti vodních organismů.
4. Stav, při němž nedochází ke vzniku kalových lavic nebo pokrytí vodní hladiny pěnou, tuky, oleji nebo jinými látkami.
5. Koncentrace nebezpečných a zvláště nebezpečných závadných látek (zejména izomerů a kongenerů DDT, drinů (aldrinu, dieldrinu, endrinu, isodrinu), hexachlorbenzenu, hexachlorbutadienu, pentachlorfenolu, trichlorbenzenů, rtuti, kadmia a izomerů hexachlorcyklohexanu) ve vodním prostředí, sedimentech, plavečinách a živých organismech se nesmí znatelně zvyšovat v čase.
6. Koncentrace rtuti v reprezentativním vzorku masa ryb, zvolených jako indikátor, nesmí přestoupit hodnotu 0,1 mg/kg čerstvé tkáně (svaloviny).
7. Stav, při němž nedochází k porušování hygienických požadavků na ochranu zdraví před ionizujícím zářením.
8. Stav, při němž nedochází v důsledku škodlivého působení látek ke změně produktivity vodního ekosystému, ani k závažnému omezení druhové rozmanitosti vodních organismů nebo překročení pro ně nejvýše přípustných hodnot dávky nebo objemové aktivity radionuklidů.
9. Dosažení dobrého stavu vodních útvarů povrchových vod podle Rámcové směrnice 2000/60/ES o vodní politice Společenství do 22. 12. 2015.

Splnění těchto požadavků by pak, zjednodušeně řečeno, měla zajistit v případě největšího znečištění vody v recipientu, aplikace nejlepší dostupné technologie, jak je uvedena v příloze č. 7 NV č. 61/2003

Nejlepší dostupné technologie v oblasti zneškodňování odpadních vod a podmínky jejich použití

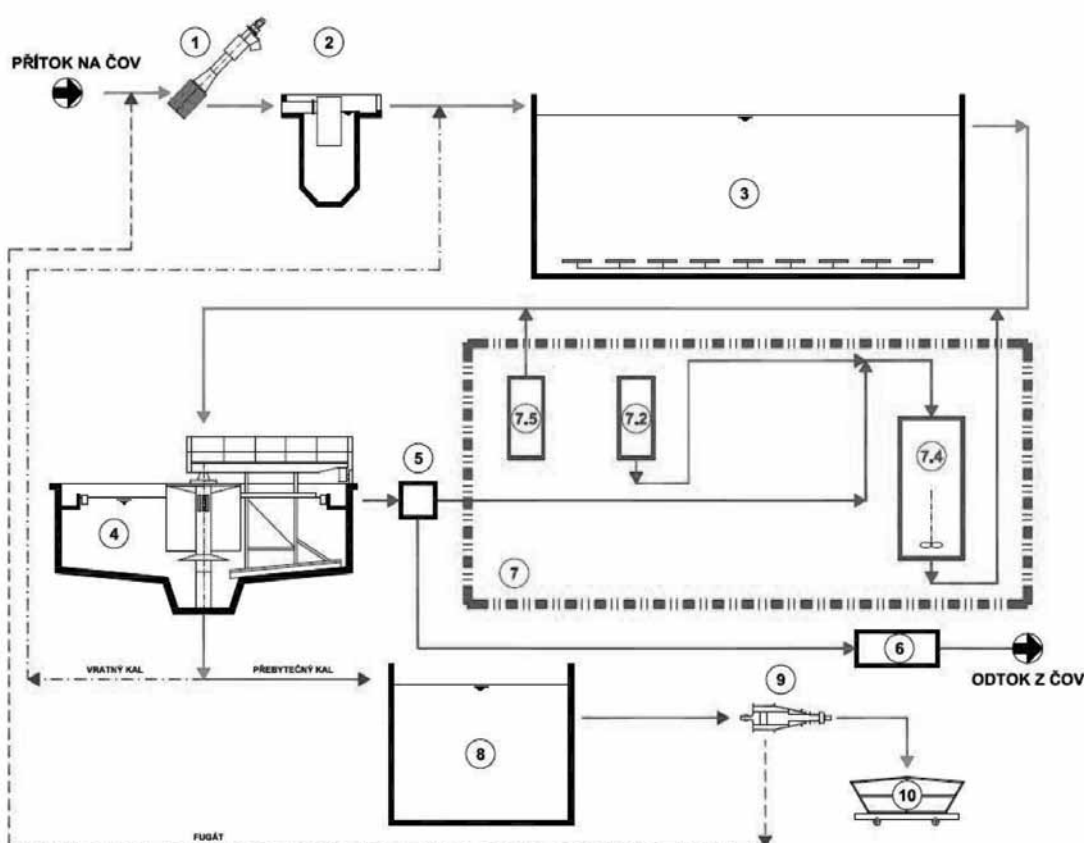
Pokud vezmeme do úvahy současné znečištění našich povrchových vod, především vodních toků, jejich průtoky (viz. například sledované profily provozu Povodí) a posoudíme je na základě výpočtu směšovací rovnice koncentrace fosforu pod výstupy z případné ČOV, dojdeme ke zjištění, že v řadě případů spadají do třídy IV nebo vykazují eutrofní prostředí. Je tedy pouze na nás, jak vážně bereme míru eutrofizace povrchových vod a rizika z ní plynoucí ve vztahu k nákladům na potlačení tohoto jevu.

Odstraňování fosforu, ekonomika a technologie „BAT“.

Účinnost odstraňování fosforu z odpadních vod je ve vztahu k velikosti zatížení ČOV (EO), závislá především na zvoleném principu technologie. Podle zvolené technologie jsou potom dány ekonomické nároky na investice a provozní náklady. Postupy řešení a jejich základní specifika jsou uvedeny v následující tabulce.

Jak je zřejmé z poslední tabulky, není objektivní důvod, proč nepožadovat regulované koncentrace fosforu na odtoku i u objektů ČOV pod velikostní kategorií 2000 EO, pokud si to žádají zvláštní okolnosti. V legislativních normách EU je pro takové případy doporučován „Přiměřený“ přístup. Tento termín zná i naše legislativa. Pojem „přiměřený“ je v materiálech EU vysvětlován následovně: „Přiměřeným čištěním“ rozumíme čištění městských odpadních vod jakýmkoli postupem nebo způsobem zneškodňování, který zajistí, že po jejich vypuštění vyhoví recipient jakostním cílům a příslušným ustanovením Směrnice nebo jiných směrnic Společenství. Kritériem pro přiměřenost má tedy být v první řadě

Technologie	Základní specifiká
Chemické srážení	Metoda uplatnitelná s minimálními nároky na investice prakticky na všech velikostních kategoriích ČOV, kde lze zajistit alespoň minimální rovnoměrnost hydraulického zatížení. Účinnost významně závisí na způsobu realizace, technologické konfiguraci ČOV a v menší míře na vlastnostech čištěné komunální odpadní vody. Aplikace mikrosít nemá měřitelný pozitivní účinek. Dosažitelné průměrné hodnoty na odtoku se pohybují v intervalu 0,5 – 2,0 mg/l, podle způsobu řešení.
Biologická akumulace	Metoda vyžadující vysokou úroveň technologického vybavení ČOV s technologicky dobře propracovanou vazbou biologického stupně ČOV a kalového hospodářství. Účinnost metody je značně závislá na složení surové odpadní vody a kvalitě návrhu technologického uspořádání ČOV. Postup je využíván především u větších ČOV. Dosažované hodnoty na odtoku jsou kolem 1,0 – 2,0 mg/l.
Kombinace obou metod	Toto řešení je vhodné a nezbytné především u velkých městských ČOV, kde je možné úspěšně aplikovat proces biologické akumulace fosforu a z důvodu přísných požadavků správy toku je nutné garantovat přísné odtokové koncentrace fosforu, pod 1,0 mg/l, dodatečným chemickým srážením.
Třetí stupeň čištění	Terciární stupeň čištění je založen na chemickém srážení a následné pískové filtraci nebo na jiné účinné metodě separace vznikajících sraženin. Vyžaduje investiční náklady a vazbu na biologickou linku z hlediska hydraulického zatížení. Metoda je použitelná u většiny velikostních kategorií ČOV. Dosažitelné odtokové koncentrace jsou běžně pod 0,5 mg/l, v závislosti na konfiguraci a způsobu řešení objektu.



Obr. 2. – Blokové schéma zapojení

konečný efekt na recipient. Nezbyvá tedy než hledat jednoduché a ekonomicky schůdné řešení odstraňování fosforu. Vzhledem k tomu, že chemické srážení lze aplikovat prakticky všude, zbývá ještě řešení otázky provozních a investičních nákladů.

Možnosti snižování provozních nákladů u chemického srážení fosforu:

- oddělené srážení ve vyčištěné vodě
- speciální řešení procesního aparátu
- vhodně řešená separace vzniklých sraženin

- volba srážedla

Možnosti snižování nezbytných investic do chemického srážení fosforu:

- specifický přístup k vlastnímu řešení procesního aparátu
- využití stávající technologické linky v maximální míře
- přiměřená míra automatizace řízení procesu

Shrňme-li všechny výše uvedené možnosti a máme-li na zřeteli především ekonomiku procesu a srážení fosforu v dané lokalitě, jako nezbytnost, nabízí se nám jako vhodné řešení využití odděle-

ného srážení ve vazbě na stávající biologický stupeň ČOV. Jednou z metod, která takto přistupuje k chemickému srážení fosforu je systém NRBF. Na přiloženém obrázku je varianta s řešením odstraňování fosforu.

Postup je jednoduchý. Do biologicky vyčištěné vody, odebírané z objektu 5 dávkuje řízeně chemikálie z nádrže 7,2 a reakční směs vedeme do reaktoru 7,4, kde probíhá egalizace a zrání sraženin. Takto upravená voda s minimální koncentrací fosforu se přidává zpět před nátok do dosazovací nádrže 4 a tam dochází ke společné separaci chemického a biologického kalu. Toto je pouze jedna z možností uspořádání systému NRBF, ta nejjednodušší. V případě potřeby je možné po doplnění potřebných aparátů řešit i stabilizaci a snížení odtokových koncentrací celkového dusíku. Výhodou tohoto řešení je jednoduchost a minimální náročnost na obsluhu při zvýšené efektivitě využití dosazovací nádrže (pozitivní vliv přidávaných sraženin na kalový index směsi kalů) a dobrá účinnost srážení fosforu s možností regulace odtokové koncentrace podle potřeby. Metoda je aplikovatelná prakticky na všech velikostních kategoriích ČOV od 500 EO výše.

Závěr

Jsme přesvědčeni o tom, že chemické srážení fosforu nemusí znamenat extrémní zvýšení provozních ani investičních nákladů,

a že je možné ho v případě potřeby aplikovat vhodnou metodou všude, kde si to vyžaduje zhoršená kvalita vod v recipientu nebo zvláštní případy ochrany životního prostředí, například krasových útvarů. Metoda NRBF je jedním z možných příkladů efektivního řešení s minimem změn v technologické lince ČOV. Tuto metodu odstraňování fosforu lze jednoznačně označit za „BAT“, ve vztahu k tabulce 1, přílohy č. 7 NV 61/2003, vezmeme-li do úvahy po technické stránce faktický obsah sloupce s popisy technologií „BAT“ v uvedeném NV. Tímto dokumentem jsme chtěli poukázat na to, že je možné hledat a nalézat nové účinné postupy ke zlepšení stavu vod, při využití již známých principů a technologických řešení z jiných oborů lidské činnosti, v tomto případě chemické technologie a procesního inženýrství.

Literatura:

- 1) *Cyanobakterie 2010, Sborník z konference 16. – 17.6.2010*
- 2) *Rámcová směrnice vodní politiky EU, Peter Chave, IWA Publishing 2001, (Překlad MZČR)*
- 3) *NV č. 61/2003 Sb.*
- 4) *NV č. 23/2011 Sb.*
- 5) *Řešení extrémních požadavků na čištění odpadních vod – Blansko 2009, Sborník z konference 26.–27.2.2009*

JAKÉ RIZIKO PŘEDSTAVUJÍ RYBNÍKY V PROCESU EUTROFIZACE VODNÍCH NÁDRŽÍ

Jan Potužák¹, Jindřich Duras²

¹Povodí Vltavy, státní podnik, útvar vodohospodářských laboratoří, Emila Pittera 1, 370 01 České Budějovice,
tel. 387 312 257, e-mail: jan.potuzak@pvl.cz

²Povodí Vltavy, státní podnik, oddělení plánování v oblasti vod, Denisovo nábřeží 14, 304 20 Plzeň,
tel. 377 307 352, e-mail: jindrich.duras@pvl.cz

Abstrakt

Rybníky tvoří významnou složku stojatých vod České republiky. Jejich důležitou vlastností je schopnost modifikovat kvalitu protékající vody. V současné době je většina vodních nádrží ohrožena nadměrnou eutrofizací. V otázce snížení trofie resp. snížení koncentrace fosforu na tzv. neeutrofizující úroveň, vzrostl zájem o rybníky z pohledu retence živin. Jedná se hlavně o jejich schopnost zadržovat fosfor. Problém však je, že i rybníky samotné trpí vysokou mírou eutrofie, která snižuje jejich přirozenou retenční schopnost. Sami tak představují riziko pro navazující vodoteče a na nich ležící vodní nádrže. Tento příspěvek představuje příklady situací při, kterých mohou rybníky představovat pro recipient (např. vodní nádrž) významné eutrofizační riziko.

Klíčová slova: rybníky; vodní nádrže; eutrofizace; fosfor

Abstract

Fish ponds represent an important and the most frequent type of stagnant water bodies in the Czech Republic. Their important role is transformation of the quality of water flowing through them. Most of current water bodies suffer of intensive eutrophication. Fish ponds are able to retain phosphorus effectively and so they may become an important part in the system of measures against eutrophication. But high trophy of most of the fish ponds suppresses their retention capacity of phosphorus and therefore most of them represent the eutrofication risk for lower watershed and water bodies instead. The main task of this paper is to show examples where fish ponds represent an eutrophication risk for water bodies downstreams.

Key words: fish ponds; water bodies; eutrophication; phosphorus

Úvod

Rybníky při absenci přirozených mělkých jezer tvoří hlavní složku stojatých vod České republiky. Jsou přímo či prostřednictvím rybníčních stok napojeny na některý z našich významných toků a tvoří tak neoddelitelnou složku hydrologického systému povrchových vod.

Převážná většina rybníků je rybářsky obhospodařovaná a jejich hlavní funkcí je produkce ryb. Ekonomické zájmy však mohou být často na úkor ostatních důležitých funkcí rybníčních ekosystémů, jako jsou například retence živin, akumulace vody, podpora biodiverzity aj.

Současné rybářské obhospodařování (hnojení, příkrmování vysokých obsádek ryb, atd.) společně s vlivy ze zemědělství a lidských sídel, způsobuje, že většinu dnešních hospodářsky využívaných rybníků lze označit jako eutrofní až hypertrofní vodní ekosystémy [1, 2].

Z pohledu eutrofizačních procesů v povodí je zvláště důležitou funkcí rybníků jejich schopnost zadržovat (retence) živiny, zejména pak fosfor [3, 4]. Tato vlastnost však může být vlivem vysoké trofie rybníčního ekosystému značně snižena [5]. V praxi se pak často setkáváme s tím, že voda odtékající z rybníků naopak velké množství fosforu obsahuje. Přitom nemusí být zřejmé, jestli příčinou vysokých koncentrací fosforu na odtoku z rybníka je přísun znečištění z povodí (odpadní vody z obcí či chovů zvířat, splachy z polí atd.) či zda jsou důsledkem rybářského hospodaření.

V povodích bohatých na rybníky, jako je například povodí Lužnice či Lomnice (levostranný přítok otavského ramene VN Orlík), byly bilanční studii zpracovanou v rámci projektu „Revitalizace Orlické nádrže“ shledány rybníky jako významný zdroj fosforu (celoročně zaujímaly 26% podíl ze všech zdrojů) a v letním období se plně vyrovnaly zdrojům bodovým [6].

Naopak jiná bilanční studie, která cíleně posuzovala, vliv rybníků na jakost vody ve vodárenské nádrži Mostišť, ukázala, že rybníky v povodí nebyly pro tuto nádrž významným zdrojem

eutrofizace navzdory vysokým koncentracím fosforu a organického znečištění v rybnících během letního a podzimního období. Za negativní stránku však autoři studie uvedli významný pokles přirozené schopnosti rybníků zadržovat fosfor a tím zlepšovat jakost protékající vody [7].

Objektivní posouzení míry vlivu rybníků na níže ležící vodní nádrže naráží na zásadní problém – extrémní nedostatek dat týkajících se živinových bilancí rybníků a jejich fungování z pohledu retence živin v různých úrovních (intenzitách) rybářského hospodaření. Nedostatek informací je také například o chování rybníků v obdobích extrémních hydrologických situací (např. letní povodně). Samostatnou otázkou z pohledu zatížení navazujícího povodí živinami je období výlovů rybníků a také např. posouzení vlivu rybníků, které jsou systematicky zatěžovány vysokými koncentracemi živin (biologické rybníky, rybníky pod obcemi bez ČOV).

Tento příspěvek si klade za cíl představit některé výsledky, které byly získány provozním monitoringem rybníčních ekosystémů, realizovaným státním podnikem Povodím Vltavy. Pozornost je věnována zvláště výše popsaným otázkám, které lze z pohledu správy povodí bohatého na rybníky považovat za nejvýznamnější.

Materiál a metody

Podrobný popis monitoringu společně s představením vzorkovaných rybníků je popsán v předchozích publikacích [5, 8, 9]. V principu se jednalo o vzorkování všech hlavních přítoků a odtoků s měřením aktuálních průtoků. Rybníky byly vzorkovány v režimu hladinový a směsný (0–2 m) vzorek, případně i zonační odběr, pravidelné byly hydrobiologické rozbory (fytoplankton, zooplankton). V některých případech byl proveden také odběr sedimentů (spolupráce s BC AVČR, hydrobiologický ústav).

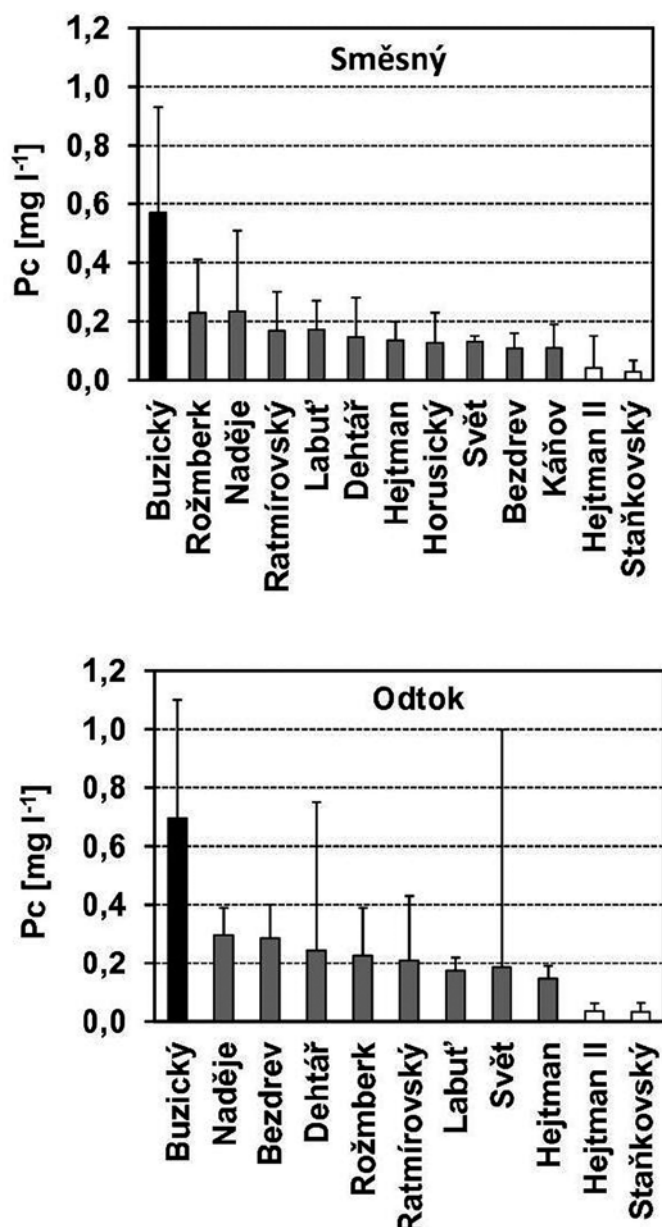
VÝSLEDKY A DISKUZE

Nadměrná eutrofizace

Převážná většina rybníků, které byly sledovány v rámci provozního monitoringu (2010–2012) vykazovaly eutrofní až silně hypetrofní stav. Výjimku tvořily dva mezotrofní až slabě eutrofní rekreační rybníky Hejtman II u Chlumu u Třeboně a Staňkovský (obr. 1). Z obrázku 1 je patrné, že u převážné většiny sledovaných rybníků průměrné koncentrace celkového fosforu na odtoku z rybníků významně překračovaly imisní standardy pro fosfor dle Nař. vlády ČR č. 61/2003 ve znění pozdějších předpisů. Zvýšení koncentrace (oproti směsnému vzorku) na odtoku bylo pozorováno zejména v případě odtoku vody ode dna, kde zvláště v letním období nastávají běžné bezkyslíkaté poměry. Ty jsou spojené s vyčerpáním $N-NO_3$, což umožní následné uvolňování fosforu ze sedimentu do vodního sloupce.

Nejvyšší koncentrace celkového fosforu měl rybník Buzický (biologický rybník sloužící k chovu ryb). Poměrně vysoké koncentrace byly zaznamenány i u rybníků využívaných k poměrně intenzivnímu chovu kapra (např. Naděje, Bezdrev, Rožmberk). V případě těchto rybníků není bez provedení podrobné živinové bilance možné rozhodnout jaká je příčina vysokého eutrofního stavu, zdali je hlavním zdrojem fosforu vstup rybářským hospodařením nebo přísun živin z povodí.

Obrázek 1. – Průměrné a maximální koncentrace celkového fosforu (Pc) za vegetační sezónu ve směsném (0–2 m) vzorku a v odtoku z 13. sledovaných rybníků v průběhu let 2011–2012. U rybníků Buzický, Labuť a Horusický jsou použity výsledky z roku 2012, u ostatních rybníků z roku 2011. Černý sloupec – biologický rybník Buzický, šedé sloupce – produkční chovné rybníky, bílé sloupce – extenzivní, rekreační rybníky. Rybníky Horusický a Káňov byly během sledovaného období prakticky bez odtoku.



Chování rybníků za zvýšených letních průtoků

Z pohledu eutrofizačního rizika má pro vodní nádrže uzavírající povodí s rybníky zásadní význam chování rybníků v průběhu vegetačního období, protože většina nádrží je na přísun P v létě poměrně citlivá. Zvláště přísun P s povodňovou vlnou může, pokud se alespoň část vody vmíchá do horních (produkčních) vrstev vody, výrazně stimulovat rozvoj sinicového vodního květu. Obecně zjišťovanou skutečností je, že v eutrofních rybnících se koncentrace P ve vodě v průběhu vegetační sezóny zvyšuje a většinou nejvyšší koncentrace zaznamenáváme v průběhu měsíce srpna [5].

V průběhu srpna 2010 bylo na některých bilančně hodnocených rybnících možné pozorovat průchod 2–5 leté povodně a zaznamenat tedy chování těchto rybníků z pohledu retence fosforu (P). V případě hypertrofního Rožmberka a eutrofního Dehtáře patřila vedle výlovu letní povodeň k jednomu ze dvou období, kdy byl export P a negativní bilance P obou rybníků nejvyšší. Z Rožmberka byl exportován P vázaný v nerozpuštěných látkách a v biomase fytoplanktonu s dominantním podílem sinic, z Dehtáře odcházel P z 80 % v rozpuštěných sloučeninách. V obou případech lze odtékající formy fosforu považovat za silně rizikové z pohledu eutrofizace, protože jejich potenciální dostupnost pro biotu byla vysoká. Fosfor byl navíc exportován spolu s poměrně teplou rybníční vodou, takže se zvýšila pravděpodobnost, že se tato část povodňové vlny zařadí v níže ležící vodní nádrži spíše nad termoklinu, tedy vmíchá se do vrstvy, kde probíhá intenzivní růst sinic a řas.

Naopak slabě eutrofni rekreační rybník Hejtmán (Chlum u Třeboně) aktivně zadržoval fosfor i během povodně (tab. 1).

Tabulka 1. – Základní informace o letní povodni (srpen 2010)

Parametr	Lokalita		
	Rožmberk	Dehtář	Hejtmán
Trvání povodně [dny]	13	12	14
Objem [mil. m ³]	20,3	2,3	13,0
Podíl povodně na celkovém ročním odtoku [%]	15	17	26
Obměna vody během povodně [%]	330	35	350
HRT během povodně [dny]	4	34	4
Zásoba P v rybníce před povodně [kg]	~1 700	~2 000	~50
Odtok P během povodně [kg]	2 103	866	530
Podíl rozpuštěného P [%]	21	80	44
Bilance P během povodně [kg]	1 200	300	-135

Rybářské hospodaření

Problematickou stránkou produkčního rybářství je, že současná intenzita hospodaření se neobjede bez zrychleného koloběhu živin v rybníčním ekosystému. Ze stechiometrického složení rybí biomasy [10, 11] vztáženého k průměrné produkci rybníků v ČR (cca 450 kg/ha/rok) se v rybí produkci odstraní přibližně asi 4 kg/ha/rok fosforu. Toto množství, několikanásobně přesahuje přirozenou úživnost většiny našich rybníků [7]. Živiny k růstu ryb je tedy nutné, pokud nepřicházejí z povodí, doplňovat hnojením a krmním ryb. V průtočných rybnících může i relativně malý přebytek hnojiv či krmiv nevyužitých v rybí produkci představovat znečištění pro vlastní rybník a pro níže ležící toky a vodní nádrže. Na druhou stranu se prostřednictvím produkce ryb odvádějí z rybníků také živiny, které se do nich dostávají ze zdrojů znečištění v povodí, např. komunálních odpadních vod anebo odnosem ze zemědělských ploch [7].

Jak ukázaly výsledky bilančního monitoringu vybraných rybníků v povodí VN Orlík, jsou z pohledu vstupu fosforu rybářským obhospodařování na tom nejhůře málo průtočné, hlubší, polointenzivně obhospodařované rybníky (krmení a org. hnojení). Pří-

kladem může být rybník Dehtář (246 ha), ležící severozápadně od Českých Budějovic. Výsledky celoroční bilance fosforu ukázaly, že podíl vstupu P rybářským hospodařením byl bezmála 50 %, což v reálu představovalo téměř 2,2 tuny. Z toho bylo pouze 0,96 tuny vyloveno s rybí obsádkou. Rybářským hospodařením se tedy do vody rybníka Dehtář dostalo navíc přibližně 1,2 tuny P ročně [5].

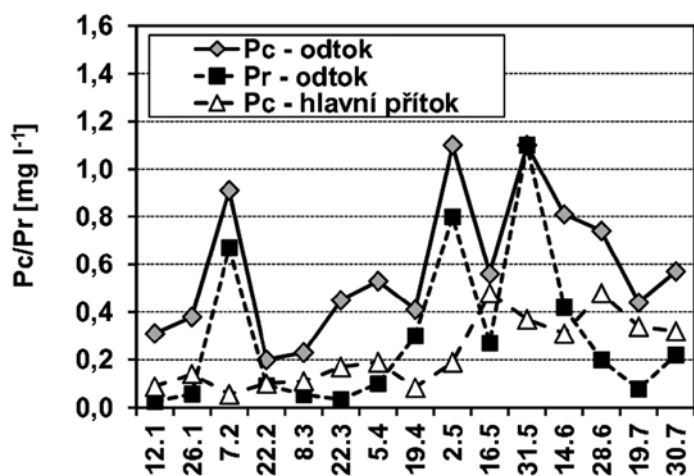
Z pohledu nadměrného živinového zatížení rybníčních ekosystémů spojeného s chovem ryb bude do budoucna velmi důležité nastavit množství krmení a hnojení tak, aby v porovnání s produkcí ryb rybníky dosáhly tzv. nulového salda fosforu ($P \text{ v krmivu} + \text{hnojení} + \text{násadě ryb} = P \text{ ve vylovených rybách}$). To by znamenalo, že veškerý P dodaný do rybníka v souvislosti s chovem ryb by se s biomasou ryb zase z vody odebral. Tím by do rybníka nebyl dodán žádný P „navíc“, který by zvyšoval jeho koncentraci ve vodě a působil výhradně eutrofizačně [12]. Pro utvoření představy v jakém stavu se současné rybníky z tohoto pohledu nacházejí, uvádíme výsledky získané ze 48 rybníků ležících v Třeboňské rybníční soustavě, (2000 – 2001) a 53 rybníků z Blatensko-Lnářské (2004–2005) rybníční oblasti. V případě třeboňských rybníků mělo 54 % nulové až záporné saldo P – do těchto rybníků buď nebyl dodán žádný P navíc (vstup = výstup) nebo v rybí produkci odešlo více P, nežli bylo do rybníka vneseno rybářským hospodařením (vstup < výstup). 46 % rybníků mělo kladné saldo P – vstup P rybářským hospodařením byl vyšší nežli výstup v rybí produkci (navýšení zátěže P). V případě blatensko-lnářských rybníků mělo 38 % z nich saldo P nulové až záporné a 62% saldo kladné. Je tedy vidět, že metoda nulového salda by v nadpoloviční většině rybníků přinesla snížení zatížení. Tento postup zřejmě může být jakýmsi rámcovým návodem pro udržitelné hospodaření. Bude ovšem třeba ještě prověřit jeho praktickou využitelnost jak z pohledu uplatnění v různých podmínkách (např. plůdkové rybníky, celé rybníční soustavy) tak z pohledu potřeby využít každou retenční kapacitu pro zadržení P, zejména v povodích vodárenských a rekreačně využívaných nádrží – a nulové saldo vlastně s přirozenou retenční kapacitou rybníků pro P při výpočtu nepracuje.

Rybníky zatěžované odpadními vodami, biologické rybníky

Pro dočištění případně pro přímé čištění odpadních vod se v minulosti budovaly tzv. biologické – stabilizační rybníky. Jednalo se o jednotlivé rybníky anebo jejich soustavy. Některé tyto rybníky jsou v současné době stále funkční, ale kapacitně již nestačí zvýšenému přísunu odpadních vod. Často jsou nadměrně živinově zatěžovány a místo toho, aby živiny zadržovaly, tak je v nemalé míře uvolňují. K tomu se přidává fakt, že na koncových biologických rybnících je často provozován produkční chov ryb, který s sebou nese další přísun živin např. ve formě krmení! Příkladem takového rybníka může být rybník Buzický, který slouží k dočišťování odpadních vod z ČOV Blatná. Tento rybník současně slouží k polointenzivnímu chovu kapra. Odtok z tohoto rybníka ústí do řeky Lomnice (ústí do otavského ramene VN Orlík). Z prvních výsledků získaných v roce 2012, je patrné, že tento rybník je systematicky přetěžován nadměrným vstupem živin, díky čemuž již pravděpodobně ztratil svou retenční schopnost (obr. 2). To se projevuje trvale vysokými koncentracemi jak celkového tak i rozpuštěného P na odtoku v průběhu roku (obr. 2). Pro bilanční hodnocení nemá-

me v současné době ještě dostatek dat a neleze tedy blíže kvantifikovat podíl jednotlivých zdrojů na bilanci P.

Obrázek 2. – Průběh koncentrace celkového fosforu (Pc) na přítoku a celkového a rozpuštěného fosforu (Pr) na odtoku z rybníka Buzický (leden–červenec 2012).



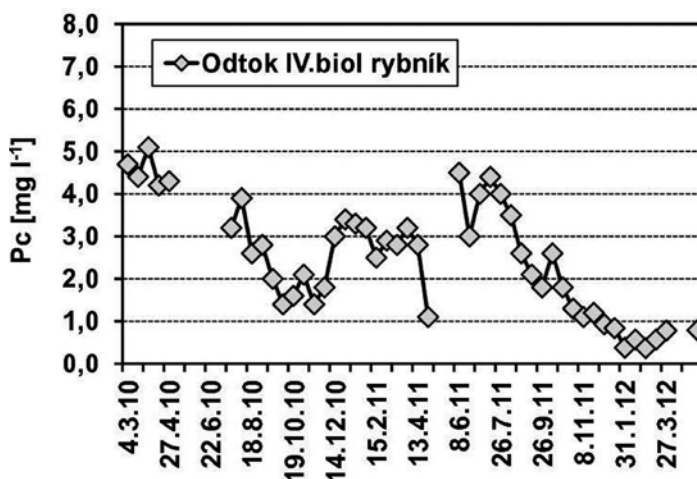
Hodnocení rybníků pod městy a obcemi je velmi komplikováno náhlými přívaly silně znečištěných komunálních odpadních vod za srážkoodtokových událostí (odelhčení kanalizace a ČOV). Během krátké a vzorkování zpravidla zcela nepodchycené události může vstoupit do rybníka tak velké množství fosforu, že rybník může vykazovat vysokou falešně negativní účinnost při retenci P. To je zřejmě případ nejen rybníka Buzického, ale částečně také Rožmberka, s vysokou pravděpodobností i Podzámeckého rybníka na Střele pod Toužimí [12], biologických rybníků pod Pelhřimovem [nepubl. údaje] a jistě i mnohých dalších. Přesné doložení (a vyčíslení) této skutečnosti podrobným monitoringem srážkoodtokových událostí však musí být teprve provedeno.

Pozitivním zjištěním může být poznatek, že původně biologické rybníky jsou po zastavení přísunu živinově bohatých odpadních vod, schopné postupným ozdravováním biologických procesů se vypořádat i s takzvanou „starou ekologickou zátěží“ a postupně snižovat koncentrace fosforu v odtékající vodě. Takovým příkladem může být soustava biologických rybníků pod ČOV Třeboň. Zde došlo k zastavení přísunu odpadních vod, jednak zrušením velkovýkrmny prasat RAB a současně vybudováním nové ČOV jejíž výstup již není sveden do soustavy biologických rybníků. Na obrázku 3 je patrný kontinuální pokles koncentrace celkového fosforu v koncovém rybníku (označen IV. biol. rybník) přibližně od srpna 2011, kdy nastartoval zkušební provoz nové ČOV. V průběhu jara 2011 byl také postupně zrušen chov prasat v areálu RAB.

Příkladem biologického rybníka pod obcí, který díky své přirozené retenční schopnosti slouží jako účinná „záchytná stanice“ pro P, může být Nový rybník vybudovaný před zhruba patnácti lety v povodí vodárenské nádrže Žlutice na horním toku řeky Střeje pod městem Toužim. Nový rybník je v kaskádě dvou rybníků, jež transformují znečištění z Toužimi, ten dolní a větší (nad ním je již zmíněný Podzámecký r. přijímající přívaly znečištěné vody za dešťů). Nový rybník je využíván rybáři jako sportovní, nikoli jako chovný. První výsledky látkové bilance ukázaly, že rybník ve sle-

dovaném období zadržoval P s účinností 31 % (0,26 t), což bylo více než bychom očekávali podle obecného vztahu mezi dobou zdržení a retencí P [4]. Nový rybník zadržel o 0,17 t P za rok více, což je z pohledu vstupu fosforu do níže ležící vodárenské nádrže Žlutice významné číslo [12].

Obrázek 3. – Průběh koncentrace celkového fosforu (Pc) na odtoku z koncového biologického rybníka ČOV Třeboň (2010–2012)



Výlovy rybníků

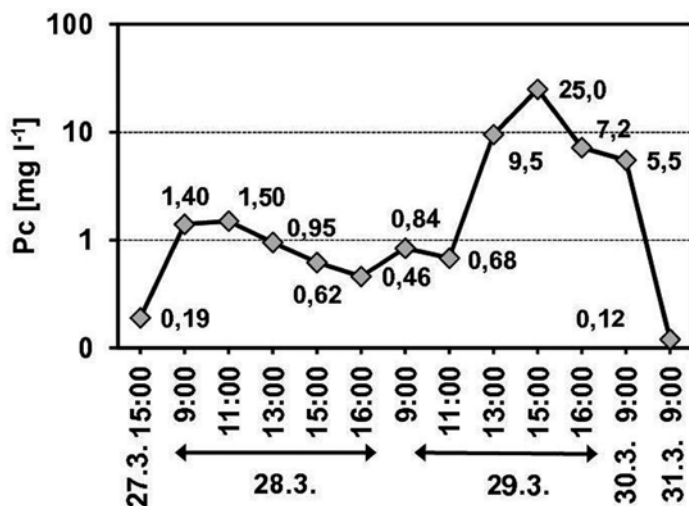
Výlov rybníka uzavírá hospodářský cyklus chovu ryb. Vypouštění vody probíhá ve většině případů jednou hlavní výpustí, na které se provádí veškerá manipulace s množstvím vypouštěné vody. Během vypouštění vody při výloveh dochází ke zvěření rybníčního sedimentu a vyplavování velkého množství látek (P, N, organické látky, nerozpuštěné látky). Přitom kvalita vody vypouštěná v průběhu tzv. strojní rybníka je zpravidla uspokojivá, ke zhoršení dochází až při vlastním výlovu, kdy se z důvodů zvěření sedimentů v lovišti pohybem ryb i rybářů s posledními 2–5 % objemu vody vyplaví velký objem poměrně dobře mineralizovaných suspendovaných látek, které obsahují velké množství fosforu [13]. Maximální koncentrace celkového fosforu a nerozpuštěných látek v průběhu vlastního výlovu zjištěné různými autory jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2. – Příklady maximálních koncentrací celkového fosforu (Pc) a nerozpuštěných látek (NL105) zaznamenaných různými autory.

Autor	Lokalita	Pc [mg l ⁻¹]	NL105 [mg l ⁻¹]
Faina et al. (1994) [14]	Strpský (40 ha)	2,1	278
	Dolní Svojetín (9 ha)	2,2	1 120
	Pokusný rybník č. 42	21,4	2 084
	Pokusný rybník č. 43	3,2	1 020
Potužák et al. (2010) [9]	Dehtář (246 ha)	2,4	1 200
	Rožmberk (489 ha)	120	64 054
Potužák (2012 nepubl.)	Ratmírovský	25	9 600
Mikšíková et al. (2012) [15]	Sírákovský (10 ha)	17,4	1 820
	Jezuitský (14 ha)	127	139 000

Kvalita vody vypouštěná při výlovu silně kolísá nejenom podle podmínek na jednotlivých rybnících (např. typ loviště, průtok vody lovištěm a možnosti jeho regulace, způsob lovu atd.), ale i v průběhu samotného výlovu podle toho, jaké činnosti aktuálně probíhají (obr. 4).

Obrázek 4 Průběh koncentrace celkového fosforu (Pc) v průběhu jarního výlovu rybníka Ratmírovský (2012). Osa X je v logaritmickém měřítku.



Celkové množství P a NL, které odteče během výlovu, často tvoří významné množství z pohledu celoroční látkové bilance. Například v průběhu výlovu rybníka Rožmberk (říjen 2010) oteklo během 4 dnů vlastního výlovu 4,5 tuny celkového fosforu a 1 972 tun nerozpuštěných látek. To představovalo 17 % (P_c) a 38 % (NL₁₀₅) celoroční bilance [13]. Z pohledu eutrofizačního rizika pro navazující vodoteče a vodní nádrže je důležité, že prakticky 99% veškerého fosforu je vázáno na nerozpuštěné látky. Tento P není tedy přímo rizikový pro eutrofizaci. Proudem unášené nerozpuštěné látky a na ně vázaný fosfor však velmi ochotně sedimentují. Riziko hrozí, pokud je tento sediment vystaven podmínkám například při anoxii u dna nádrží, kde může docházet k uvolňování redox-labilně vázaného fosforu do vodního sloupce.

Otázka zachycování fosforem bohatého sedimentu z rybníků a jeho dalšího využívání v krajině (zemědělství), odkud tento materiál převážně pochází, u nás není zatím bohužel dostatečně rozpracována a v praxi je využívána jen velmi okrajově.

Závěry

Rybníky jsou unikátní člověkem vytvořené vodní ekosystémy, které nám díky své přirozené schopnosti retence živin mohou sloužit jako významní partneři při snižování procesu eutrofizace povrchových vod. Důležité je stanovit, jaký je v dané oblasti celospolečenský zájem, a tedy jakou roli má daný rybník v daném povodí plnit. Pak je třeba nahlédnout rybník brýlemi ekosystémových služeb – a jistě se může stát, že mimoprodukční funkce rybníka (retence P) bude pro jeho majitele i ekonomicky atraktivnější, než produkce ryb. Při rozhodování o rybnících však narážíme na řadu „neřešitelných“ problémů. U jednoho z nich, kterým je kritický nedostatek dat o fungování rybníků v různých intenzitách rybářského obhospodařování, se autoři snaží svou prací přispět k řešení. Vzhledem

k tomu, že v naší krajině narážíme na různorodé situace týkající se rybníků, přičemž dat pro rozhodování v rámci správy povodí je stále kritický nedostatek, považujeme za důležité rozšiřovat naše znalosti systematickým monitoringem. Zaměření pozornosti na živinové bilance rybníků, je nejen nástrojem umožňujícím optimalizovat způsob jejich obhospodařování (využívání), ale také příležitostí jak zlepšit management celého povodí.

Poděkování

Tento příspěvek byl zpracován za použití dat s částečným příspěvkem Mze – programu NAZV, projektu QH81046 a projektu QI102A265.

Literatura

- [1] PECHAR, L. Procesy eutrofizace mělkých vod – studie rybníčních ekosystémů. Habilitační práce, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2006. 44 s.
- [2] POTUŽÁK, J. Plankton and trophic interactions in hypertrophic fish ponds. Disertační práce, Zemědělská fakulta, jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2009. 136 p.
- [3] VOLLENWEIDEWER, R. A. (1976): Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 33, 1976. 53–83 p.
- [4] HEJZLAR, J., ŠÁMALOVÁ K., BOERS P., KRONVANG B. Modelling phosphorus retention in lakes and reservoirs. *Water, Air, and Soil Pollution: Focus* 6, 2006. 487–494 p.
- [5] DURAS J., POTUŽÁK J. Látková bilance fosforu v produkčních a rekreačních rybnících, *Vodní hospodářství* 62 (6), 2012. 210–216 s.
- [6] HEJZLAR, J., BOROVEC, J., MOŠNEROVÁ, P., POLÍVKA, J., TUREK, J., VOLKOVÁ, A., ŽALOUDEK, J. Bilanční studie zdrojů fosforu a dusíku v povodí nádrže Orlick. Biologické centrum AVČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav. České Budějovice. 2010.
- [7] HEJZLAR, J., DURAS, J., KOMÁRKOVÁ, J., TUREK, J., ŽALOUDEK, J. Vodárenská nádrž Mostiště: Vyhodnocení monitoringu nádrže a povodí 2006. Biologické centrum AVČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav. České Budějovice. 2007.
- [8] DURAS, J., POTUŽÁK, J. Nový způsob monitoringu rybníčních lokalit zaměřený na látkové bilance. Sborník semináře Revitalizace Orlické nádrže, 12.–13.10.2010, Písek. Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích, 2010. ISBN 978-80-254-9014-3. 93–97 s.
- [9] POTUŽÁK, J., DURAS, J., ROHLÍK, V., KUBELKA, A. Látkové bilance vybraných rybníků v povodí VN Orlick, Sborník konference Revitalizace Orlické nádrže 2011 Písek, v tisku.
- [10] STERNER, R. W., GEORGE, N. B. Carbon, nitrogen, and phosphorus stoichiometry of cyprinid fishes. *Ecology* 81, 2000. 127–10p.
- [11] ROTHSCHEIN, J. Kolobeh fosforu a ryby vo vodárenských nádržach. *Vodní hosp.* B33, 1983. 9–13 s.
- [12] DURAS, J., POTUŽÁK, J. Rybníky – obávaná součást povodí vodárenských nádrží ohrožených eutrofizací. Sborník konference Vodárenská biologie 2012. 45–51 s.
- [13] POTUŽÁK, J., DURAS, J. Výlov rybníků – kritické období z pohledu emisí fosforu? Sborník konference Vodárenská biologie 2012. 52–59 s.
- [14] FAINA R., GERGEL J., PŘIKRYL I. Attempt in reduction of effluents from carp ponds during their fishing out. *Book of Abstracts – Aquaculture and Water Resource Management, International Symposium, Stirling* 21.–25.6.1994.
- [15] MIKŠÍKOVÁ, K., DOSTÁL, T., VRÁNA, K., ROSENDORF, P. Transport sedimentu a fosforu při výlovu malých vodních nádrží. *Vodní hospodářství* 62 (6), 2012. 203–208 s.

TRANSPORT FOSFORU POHLEDEM STANDARDNÍHO MONITORINGU – CO NÁM CHYBÍ?

Daniel Fiala¹

¹Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Podbabská 30, Praha 6, 160 62, fiala@vuv.cz

Abstrakt

V příspěvku budou uvedeny nejvýznamnější nedostatky, se kterými se potýkáme při monitorování, bilancování a vyhodnocování dopadu různých zdrojů fosforu na kvalitu vody v nádržích resp. důsledky, které z toho plynou pro efektivní omezování jejich eutrofizace. Na vybraných příkladech uzávěrových profilů bude provedena analýza souběhu změn v průtoku a koncentraci fosforu. Tento příklad nastíní obrysy rozporu mezi vlastním odnosem fosforu a jeho vnímáním, které jsme si osvojili prostřednictvím tradičního monitoringu, tj. zejména díky měsíční frekvenci odběrů. Tento názorný problém bude spolu s dalšími poznatky zasazen do rámce teoretické limnologie i praktického vodního hospodářství.

Příspěvek je vypracován s podporou projektu NAZV QI102265.

Klíčová slova: fosfor; eutrofizace; plošné zdroje znečištění; bodové zdroje znečištění; rozdělení zdrojů

Key words: phosphorus; eutrofication; non-point sources of pollution; point sources of pollution; source apportionment

KONTINUÁLNÍ IN SITU MONITORING KVALITY VODY – ZÁKLAD KVALITNÍCH DAT PRO KVALITNÍ ROZHODOVÁNÍ

Blahoslav Maršálek¹, Eliška Maršálková¹, Lucie Straková¹, Marcela Lagová¹

¹Botanický ústav AV ČR, v.v.i., Lidická 25/27, 602 00 Brno, +420 530506742,
marsalek@sinice.cz, eliska.marsalkova@ibot.cas.cz

Abstrakt

Kvalitní rozhodování o systému opatření pro řízení kvality vody v nádržích musí stát na kvalitních datech z monitoringů, které co nejlépe reflektují situaci v terénu. Standardní parametry kvality vody v rutinním monitoringu většinou nestačí pro detailní popis forem, kvantity a zdrojů znečištění. Celosvětově jsou pak do modelů a výpočtů vkládána data, o kterých víme, že jsou pro bilanci velmi nepřesná, protože vychází z dat předem nastavených odběrů, bez cílení na extrémní průtoky a stavy, havarijní situace, nebo nepovolené vypouštění vod, které hrají v bilancích důležitou roli. Tyto nejistoty můžeme částečně odstranit, když využijeme možnost kontinuálního měření vybraných parametrů moderními sondami. V tomto příspěvku budou předvedena data z kontinuálního měření jak komerčně dostupnými sondami, tak vlastní technologie on-line kvantifikace řas a sinic. Výsledky ukazují, že kontinuální monitoring sice skýtá rizika ztráty drahých přístrojů a nebezpečí měření nesmyslů, nejsou-li sondy pravidelně ošetřovány, ale zároveň přináší velmi hodnotná data pro predikci rozvoje sinic na vodárenských a rekreačních nádržích, včetně kvantifikace externích zdrojů inkulu sinic z povodí nad nádržemi.

Klíčová slova: on-line monitoring; kvalita vody; sinice; inkulum; vodní nádrž

Abstract

Management of reservoir water quality based on high-quality data from monitoring, which reflect reality in aquatic ecosystems. Standard water quality parameters are usually not enough for detail description of pollution forms, quantity and sources. Models and calculations frequently use data which are not so exact, because of wrong setting of sampling, monitored parameters such as high flow rates, sewage spill, which play very important role from the point of view of evaluation. These doubts limited possibilities of continuous measurements of selected parameters by modern probes. In this paper we are going to show not only continuous monitoring data using commonly available probes but also our

own technology of algae and cyanobacteria quantification. Results show that on-line monitoring has some risks like loss of measurement equipments and measurement of nonsense data in case of wrong maintenance of probes, but on the other hands brings very valuable data to predict e.g. cyanobacteria water bloom progress in reservoirs including quantification of external sources of cyanobacteria inoculum from up flow catchment area.

Key words: on-line monitoring; water quality; cyanobacteria; inoculum; reservoir

Úvod

V zemích EU i v ČR je aktuálně dobře se rozvíjející síť monitoringu kvantity vody ve vodních tocích, který umožňuje profesionální management krizových situací. Náš příspěvek je zaměřen na kontinuální on-line monitoring kvality vody na vtoku do vodních nádrží, jehož cílem je zabezpečit kvalitní podklady pro rozhodování pro včasné zabezpečení kvality vody jak v nádržích, tak vodních tocích.

V současné době je běžné sledování jakosti povrchových vod ve vybraných nádržích především z hlediska parametrů daných WFD, kde je také sledována jejich trofie. Informace těchto sledování je možné najít např. na Vodohospodářském informačním portálu voda.gov.cz/portal/cz/, kde se uvádí:

Sledování se provozuje ve vegetačním období, tj. od dubna do října běžného roku a zahrnuje měření teploty, průhlednosti a chlorofylu-A povrchové vody ve vodní nádrži. Naměřené údaje předávají správci povodí 1 x týdně (ve čtvrtek) tak, aby vždy v pátek byla aplikace aktualizována.

Měření teploty vody se provádí denně vždy v sedm hodin ráno několik centimetrů pod hladinou vody u hráze. Je vhodným indikátorem nástupu i odchodu ledových jevů a na nádržích vhodných k rekreaci signalizuje podmínky ke koupání. Teplota vody je měřena ručně cejchovaným teploměrem.

Měření průhlednosti vody se provádí pomocí Secchiho desky jedenkrát až dvakrát týdně, podle místních poměrů, a to buď z plavidla, nebo z vhodného místa poblíž vodní hladiny. Secchiho deska zavěšená na kalibrované šňůře se ponořuje pod hladinu tak dlouho,

dokud je viditelná. Měření se opakuje třikrát a průměrná hodnota je výsledek měření. Měření se provádí ve stejnou denní dobu.

Vzorky pro měření chlorofylu-A se odebírají na určeném místě (převážně v místě měření teploty vody) speciálním odběrným zařízením 1 x za měsíc. Z hodnoty koncentrace této látky stanovené ve vodě lze s vysokou přesností hodnotit úroveň výskytu řas a sinic v místě měření.

Údaje o sledování jakosti povrchové vody v profilech na vodních tocích jsou součástí „Evidence množství a jakosti povrchových a podzemních vod, stavu vodních útvarů a ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých vodních útvarů“, které jsou součástí evidence Informačního systému veřejné správy (ISVS) v aplikaci „Množství a jakost vody“.[1]

Pro dlouhodobé monitoringy lze sestavit kompletní monitorovací stanice, jak uvádí Povýšilová [2]. Podle požadovaných parametrů a dostupnosti napájení se používají on-line analyzátoři, vzorkovače, měřicí sondy, srážkoměry a průtokoměry. Vždy záleží na účelu sledování. Podle toho se volí vhodné parametry, které budou měřeny a měřící princip. Pro sledování důležitých vodních toků jsou budovány pozorovací stanice. Jejich vybavení je rozdílné. Analyzátoři, vzorkovače, hladinoměry, průtokoměry, srážkoměry, měřicí sondy a nezbytná telemetrie. Vybavení stanic se případ od případu liší. Největším problémem vždy zůstává, aby bylo měření reprezentativní, to znamená, že buď musí být měřicí zařízení umístěno v proudnici, nebo musí být odebírán vzorek, který bude reprezentovat zdroj. Bohužel u těchto aplikací je velkým problémem vandalismus a krádeže. Pro dlouhodobý monitoring vodních nádrží je možné instalovat monitorovací stanice umístěné na plovácích. U těchto plovákových stanic je možné využít pevné nastavení hloubky umístění měřících sond nebo použít systémy s navigáčkem a hloubku sond měnit dle potřeby. V letošním roce v květnu proběhla v Bruselu 3. evropská konference o vodě, která se týkala zejména zabezpečení ochrany vodních zdrojů. Podrobnou zprávu o konferenci lze nalézt na adrese: <http://waterblueprint2012.eu>. Jak vyplynulo z této konference, více jak 50% evropských povrchových vod není v dobrém ekologickém stavu. Pozornost zde byla věnována především managementu a monitoringu kvality vod. Kontinuální a on-line systémy sledování kvality vod byly vyhodnoceny jako nejkvalitnější podklady pro hodnocení stavu vodních ekosystémů, protože postihují extrémní situace, které v celkových látkových a živinových bilancích hrají klíčovou roli.

Hlavním cílem naší práce bylo aktivně a kontinuálně sledovat vybrané základní parametry kvality vody a sledovat patrné změny, které mohou ukazovat, resp. svědčit o události znečištění. Existuje celá řada možností, od různých výrobců jak sestavit vhodný monitorovací systém. Důležité je si uvědomit za jakým účelem se sledování provádí. Tak například sledování změn amonných iontů, může pomoci při detekci zdrojů znečištění havárie odpadních vod, stejně jako sledování dusičnanů, zákalu, vodivosti a dalších parametrů. Změny v hodnotách koncentrací chlorofylu a fykocyaninu mohou indikovat přítomnost toxických sinic.

Materiál a metody

Náš systém (foto 1 – sonda a 2 – stanice) slouží především pro sledování změn a vnosu znečištění na přítoku do nádrže a to především vnosu inokula sinic z povodí nad nádrží. Pro monitoring byla využita multiparametrická sonda YSI 6006 v následujícím osazení: optické sensory: kyslíkový, čidlo pro měření zákalu, chlorofylu a fykocyaninu.

Dále kombinovaná elektroda pH/ORP a vodivost/teplota. Data byla napojena na dálkový přenos dat s využitím telemetrické stanice společnosti Fiedler- Magr, která je vybavená GPRS modemem, na server. Data jsou archivována v databázi, ke které máme přístup prostřednictvím Webového prohlížeče. Dalším systémem, který byl instalován byla stanice AOM (Algal Online Monitor) firmy PSI, která sledovala fyziologický stav buněk biomasy sinic a řas (foto 3 a graf 3).

Tato měření byla doplněna mikroskopickým sledováním biomasy jak z kvantitativního, tak kvalitativního hlediska a dále kontrolními měřeními a kalibracemi kontrolních přístrojů.

Výsledky a diskuse

Multiparametrická sonda YSI 6006, či jiné podobné sondy s dálkovým přenosem dat jsou v reálných podmínkách vodohospodářské praxe využívány stále více a přechází v posledních letech z fáze výzkumných projektů do rutinních využití. S tím je spojeno nemálo očekávání, nadšení, ale také zklamání. Pomineme-li poškození, či krádeže, je nutno se zmínit o systém čišťení a ošetřování sond instalovaných v přírodních podmínkách. Zanášení optických čidel je považováno za nejčastější problematiku, kterou lze však řešit vhodným uspořádáním čerpacího soustrojí a vložení odkalovacího zařízení. Další zdroj variability měření jsou vzduchové bubliny, které znehodnocují měřená data a proto doporučujeme problematice odvzdušnění věnovat speciální pozornost. Největší problém v kontinuálním měření povrchových vod představuje pravděpodobně tvorba biofilmů na senzorech měřících zařízení. Některé senzory mají již zabudovaný systém čišťení, průplach, nebo stěru čidel, ale velmi doporučujeme této problematice věnovat zvýšenou pozornost, nechceme-li nerealistické hodnoty.

Obr. 1. a 2. – sonda, stanice

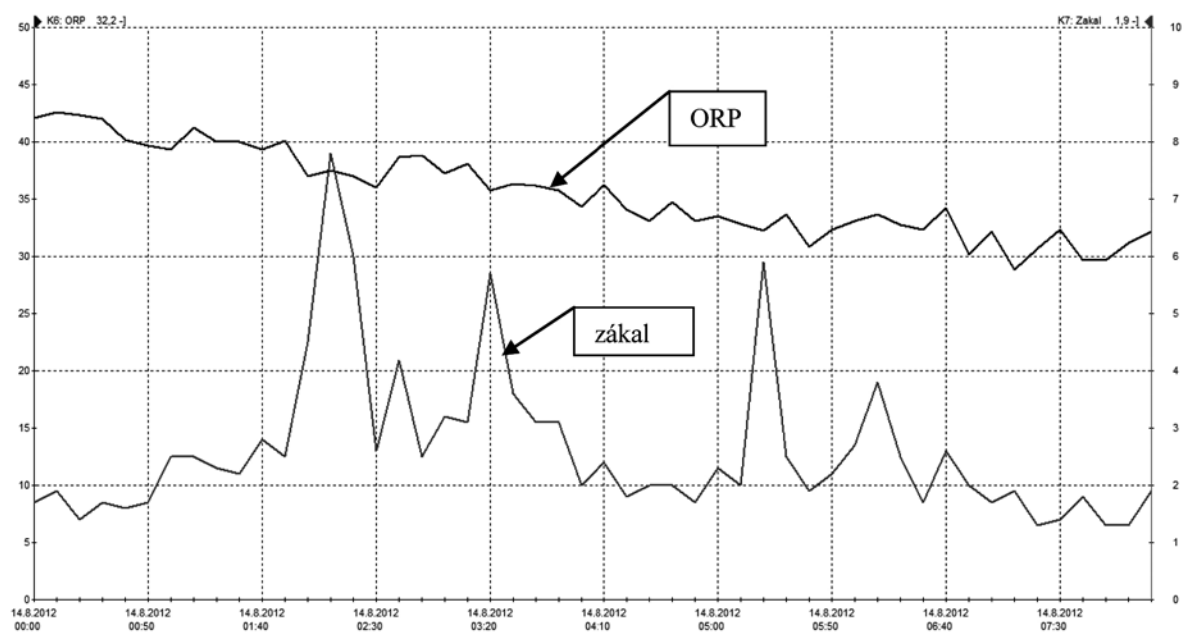




Obr. 3. – stanice AOM



Obr. 4. – kal COV



Graf č. 1 – Výstup on-line monitoringu (zvýšené hodnoty zákalu v době vypuštění aktivovaného kalu z ČOV)

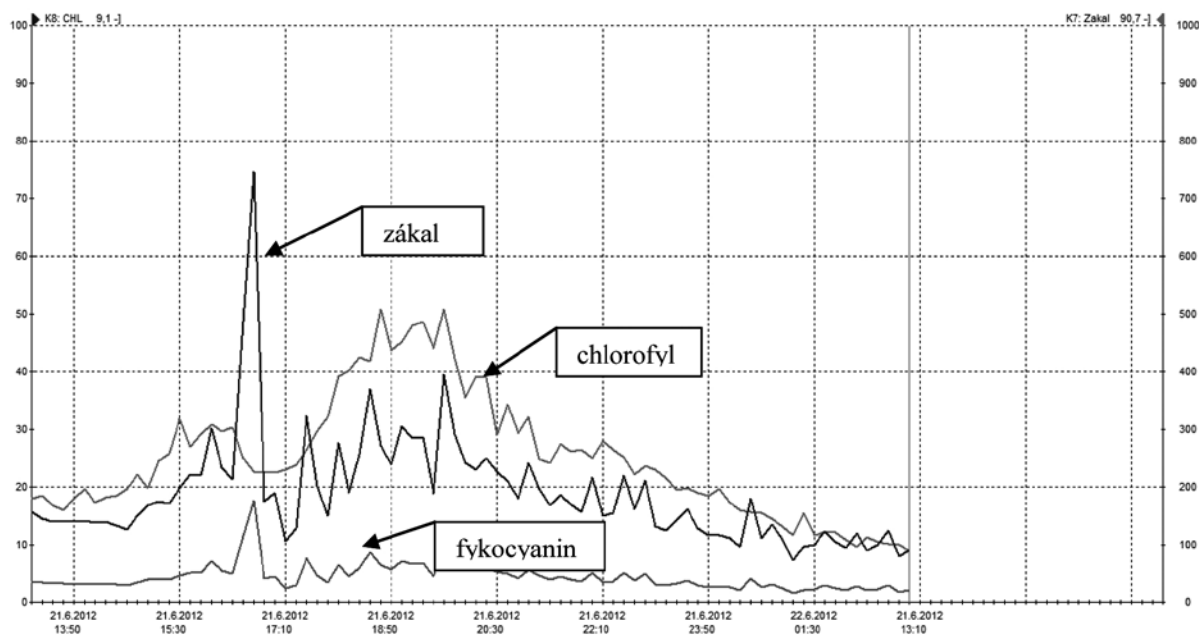
Graf č. 1 ukazuje význam kontinuálního měření na přítoku do nádrže. Z grafu jsou patrné zvýšené hodnoty zákalu v průběhu nočních hodin, kdy byl nelegálně vypuštěn aktivovaný kal z ČOV v blízkosti naší monitorovací stanice. Jak je patrné z hodnot ORP jedná se o anoxické podmínky, které byly naměřeny v řece Svratce na vtoku do Brněnské přehrady. Tuto havárii potvrdily i výsledky měření, které byly pořízeny následující den v dopoledních hodinách. Následná měření potvrdila i zvýšené hodnoty fosfátů oproti hodnotám předešlého období. Hodnoty koncentrací fosfátů vzrostly až na desetinásobek. Situace havárie dokumentuje fotografie (foto 4). Data z kontinuálního monitoring s dálkovým přístupem přes webové rozhraní tedy dala impuls k výjezdu naší odběrové skupiny a následné šetření na lokalitě, které potvrdilo předpoklad, tedy nelegální aktivity v povodí.

Kontinuální a on-line monitorovací systémy dokumentují s výhodou také extrémní situace – minimální průtoky, nebo naopak přívalové deště. Graf č. 2 dokumentuje dešťovou událost, po které došlo ke zvýšení hodnot zákalu a chlorofylu. Hodnoty chlorofylu vzrostly v důsledku vyplavení biomasy sinic z rybníků v povodí nad

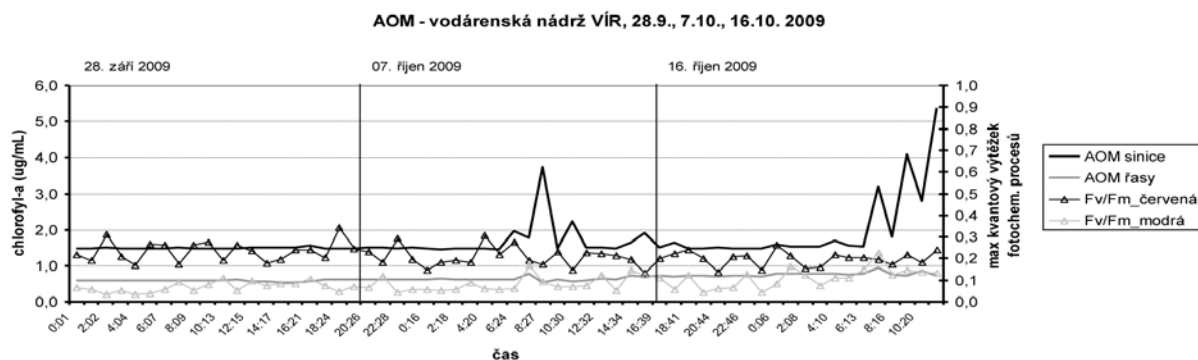
nádrží. Jde o data, která lze při běžném systému vzorkování pořídit jen náhodou.

Alternativou k systému měření kvality vody on-line jsou například systémy založené na detekci extrémních průtoků, která při nastavené limitní hodnotě (podlimitní průtok, nebo přívalová srážka) spíná automatické vzorkovače, které čerpají vzorky do chlazených nádob, které jsou následně využity k analýze v standardních, nebo mobilních laboratořích. Takto lze získat kýžená data z extrémních hydrologických situací. Zjevnou nevýhodou těchto systémů je, že nemáme k dispozici data hned, nelze je tedy využít k havarijním situacím, jak se tomu stalo například v případě čerpání odpadních vod do řeky Svratky.

Kontinuální data jsou jednoznačně výhodou pro správu toku a nádrže, jsou velmi cenná jako podklady pro rozhodování o systémech opatření, naše zkušenosti ale ukazují, že je také nutné, aby tato data někdo sledoval, hlídal, co se v dané lokalitě děje, jinak se připravíme o polovinu výhody – mít data včas. Druhá polovina výhody – mít k dispozici pravidelný a dlouhodobý záznam kvality



Graf č. 2. – Výstup on-line monitoringu (zvýšené hodnoty zákalu a chlorofylu po dešťové události)



Graf č. 3 – Ukázka nasazení AOM na přítoku surové vody na vodárenskou úpravnu s příkladem stabilní situace a situace s alarmem při zvýšení koncentrace biomasy sinic.

vody je také důležitý, především v procesech dokazování nelegálních vypouštění, kam lze tyto přístroje mobilně instalovat, přesto trvalé hlídání a následný výjezd s dokazovací fotodokumentací a souběžnými odběry může havárie nejen dokazovat, ale především omezit dopady díky včasnému zásahu. Proto jsou nové přístroje napojené na on-line přenos dat, který je softwarem nastaven na limitní hodnoty. Takto máme například nastaveny limitní hodnoty koncentrace sinic v systému AOM (Algal on-line monitor), který při překročení limitní hodnoty posílá SMS výstrahu na dispečink vodárenské společnosti a tím lze okamžitě upravit vodárenskou technologii tak, aby odstraňovala toxiny sinic v souladu s platnou legislativou. Jde o vysoce citlivý přístroj, který spolupovídalo naše pracoviště, má citlivost desítky buněk/ml a je schopno odlišit řasy od sinic. AOM je fluorescenční přístroj určený pro online detekci a kontinuálním monitoring fotosyntetických organismů. Princip měření spočívá v záznamu rychlé fluorescenční indukční křivky chlorofylu-a (tzv. OJIP křivka). Pro excitaci pigmentů bylo použito zvláště modré (455 nm, řasy) a oranžové světlo (590 nm, sinice), fluorescenční odezva byla měřena pomocí PIN fotodiody s detekčním pásmem 660–750 nm. Výstupem jsou hodnoty popisující OJIP křivku, zejména Fo, Fj, Fi, Fmax, maximální kvantový výtěžek fotochemických procesů, Fix area – plocha pod indukční křivkou. Přístroj měřil ve všech případech automaticky každou hodinu, kontinuálně po celé období, co byl zapojen, data byla ukládána na místní disk a pomocí GSM sítě stahována každý den do laboratoře. Po exportu surových dat byl signál přepočten na základě provedené kalibrace na množství chl-a ze sinic/řas. Jednou za 5 dní byla měřící cela propláchnuta 5% HCl, což účinně zabránilo vzniku nárostu biofilmu. Graf č. 3 ukazuje příklad nasazení tohoto přístroje na přítoku surové vody na vodárenskou úpravnu. Na grafu jsou patrné 3 stavy – standardní situace s minimem sinic, dále nárazové zvýšení biomasy sinic a nárůst biomasy sinic v surové vodě s překročením nastaveného limitu, který spouští alarm a posílá SMS technologovi.

Kontinuální monitoring vybraných parametrů kvality vody se významně rychle vyvíjí nejen v oblasti vývoje kontinuálně měřených parametrů, které lze dnes měřit sondami (nejen pH, vodi-

vost, zákal, rozpuštěný kyslík, ORP, chlorofyl, fykocyanin, fyziologická aktivita řas a sinic a podobné parametry), ale také parametry měřené s přidavkem reagentů (PO_4 , NO_3 , NH_4), které mají zatím citlivost vhodnou pro odtoky z ČOV, odlehčovacích komor stokových sítí, alternativních čistících mokřadů apod.

Závěr

Uvedené výsledky on-line monitoring v tomto příspěvku ukazují vysokou důležitost a využitelnost in situ a on-line detekčních systémů zejména v oblasti ochrany a operativního managementu nádrží z hlediska vnosu znečištění a možnost včasného zásahu v případě havárií a velkých dešťových událostí. Další vývoj využití těchto pokročilých technologií vidíme především v oblasti dokazování a lokalizace zdrojů. Není proto překvapivé, že on-line měření vybraných parametrů kvality vody jsou instalována také na odtoky z ČOV a moderní dočišťovací technologie, které se s radostí pochlubí, jak jsou schopny dlouhodobě a bez výkyvů v kvalitě vyčistit odpadní vody.

Poděkování

Za finanční podporu děkujeme projektu MPO TIP FR—TI3/778 BIOSTREAM: Čištění odpadních vod v integrovaném biotechnologickém systému.

Literatura

- [1] voda.gov.cz/portal/cz/
- [2] Michaela Povýšilová *Monitoring odpadních a povrchových vod – návrhy a realizace* VH7/2011, str. 18.
- [3] STOREY, M.V., van der GAAG, B. & BURNS, B.P. *Advances in on-line drinking water quality monitoring and early warning systems. Water Research*, 2011, n. 45, p. 741-747.
- [4] GUNATILAKA A., Moschetta, P. & SANFILIPPO, L. *Recent Advance in Water Quality Monitoring – the use of miniaturized sensors and novel analytical measuring techniques for in-situ and on-line real time measurements.*

STANOVENÍ OCHRANNÝCH PÁSEM VODNÍCH ZDROJŮ PO VELKÉ NOVELE VODNÍHO ZÁKONA. POZNATKY Z PRAXE, ZPRACOVÁNÍ NÁVRHŮ OP, VLIV NA ÚČINNOST OP.

Jiří Novák¹, Petra Oppeltová²

¹VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s., Brno, Soběšická 820/156, PSČ 638 0,
tel.: 545 532 373, novak@vasgr.cz

²Mendelova univerzita v Brně, Ústav aplikované a krajinné ekologie, Zemědělská 1, Brno, 613 00,
tel.: 545 132 471, oppeltova@mendelu.cz

Abstrakt

Velká novela přinesla změny ve znění § 30 vodního zákona. Na první pohled patrnou změnou je skutečnost, že ochranná pásma (dále jen OP) nestanovují vodoprávní úřady rozhodnutím, ale tzv. opatřením obecné povahy (dále jen OOP). Dále např. ze zákona platí zákaz vstupu nepovolaným osobám do území OP I. st. Ve skutečnosti však mají tyto změny celou řadu zásadních dopadů jak na zpracování dokumentací a stanovení OP, tak i do širších vztahů a tím na skutečnou účinnost stanovených OP jako preventivní ochrany vodních zdrojů.

Velká novela je účinná od 1. 8. 2010. V praxi se objevily problémy, které je třeba diskutovat až na úrovni ústředních vodoprávních úřadů a informovat o nich širokou odbornou veřejnost. Příspěvek má za cíl stručně popsat režim OOP, upozornit na provázanost právních předpisů a jednotlivých ustanovení vodního zákona a především ukázat, jaké má nová právní úprava zatím dopady do praxe.

Klíčová slova: vodní zákon; ochranná pásma vodních zdrojů; opatření obecné povahy; ústřední vodoprávní úřady.

Abstract

The Major amendment brought changes in the text of § 30 of the Water Law. At first glance, the apparent change is the fact that the water authorities do not establish the protection zones by decision, but by the common measure. The Water Act says that unauthorized persons are not allowed to entrance to Level 1 pro-

tection zone. In reality, however, these changes have a number of serious consequences for the protection zones establishing and for the documentation processing, as well as to broader relations and thus the actual effectiveness of protection zones as a preventive protection of water resources.

The Major amendment is effective from 1.8.2010. In practice, a lot of occurred problems need to be discussed on the level of central water authorities and it is necessary to inform the wider professional public. The goal of this text is to characterize water protection zones, to refer on coherence of legislation and particular provisions of Water Act and especially to state impacts on practice of new legislation.

Key words: water law; protection zones of water sources; common measure; central water authorities.

Úvod

Speciální zákony v oboru vodního hospodářství – původně zákon o vodách č. 138/1973 Sb., v platném znění a nyní zákon č. 254/2001 Sb., v platném znění – dále jen vodní zákon [1], řeší mj. i ochranu vod. Jedná se o soubor velkého množství opatření, která lze v podstatě rozdělit do tří hlavních skupin takto: ochrana obecná, zvláštní a speciální.

Obecná ochrana vod zahrnuje veškerá zákonná ustanovení, která vedou k zajištění co nejlepšího stavu vod v přírodním prostředí v množství i jakosti. Stručně lze říci, že obecnou ochranu vod ze zákona/ů musí dodržovat každý, vždy a všude, bez ohledu na to,

zda se jedná o vodní zdroje pro zásobování pitnou vodou. Za její dodržování nenáleží žádné kompenzace.

Zvláštní ochrana vod je obdobně dána právními předpisy. Jsou to především chráněné oblasti přirozené akumulace vod – CHOPAV, tedy oblasti, které pro své přírodní podmínky tvoří významné akumulace vod. Jejich charakteristiku uvádí vodní zákon v § 28 a vyhláškou je vláda nařizuje. Dále se jedná o tzv. citlivé oblasti (§ 32 vodního zákona – v současné době je celé území ČR prohlášeno za citlivou oblast) a zranitelné oblasti (§ 33 vodního zákona – stanovuje je vláda opět svým nařízením). Donedávna šlo o nař. vl. č. 103/2003 Sb., v platném znění, nyní, s účinností od 1.8.2012 o nař. vl. č. 262/2012 Sb. Jejich respektování je rovněž povinné a bez nároků na náhrady.

Speciální ochrana vodních zdrojů je nadstavbou nad ochranou obecnou a zvláštní. Týká se přednostně vod využívaných nebo využitelných jako zdroje pitné vody. Nestanovuje se právními předpisy. Speciální ochranou jsou především ochranná pásma vodních zdrojů, resp. z minulosti pásma hygienické ochrany, která stanovuje, na základě zmocnění ve speciálním zákoně, vodoprávní úřad. Dlouhou dobu se jednalo o správní řízení ukončené rozhodnutím, nyní stanovuje vodoprávní úřad OP opatřením obecné povahy – viz [1], § 30.

Speciální ochrana vodních zdrojů

Tímto typem ochrany vodních zdrojů (ochranná pásma) se poprvé zabýval zákon o vodách z roku 1973. Ve spolupráci s resortem ochrany veřejného zdraví řešil tuto problematiku plošně, pásmově, kdy celé povodí vodního zdroje jak povrchové, tak podzemní vody, bylo součástí některého stupně OP. Tato koncepce ochrany vodních zdrojů vycházela mj. i z toho, že rozhraní mezi obecnou a speciální ochranou nebylo (a v podstatě není ani dnes) jednoznačně určeno. V době **celoplošné ochrany** vodních zdrojů nebyla obecná ochrana vod na takové legislativní úrovni jako nyní.

Až v souvislosti se změnami po roce 1989 došlo ke změně koncepce ochrany vodních zdrojů z celoplošné (pásmové) na tzv. **bodovou (zonální)**, kterou naplnila novela zákona o vodách – zákon č. 14/1998 Sb. a tato byla v podstatě převzata současným vodním zákonem v § 30 – s drobnějšími změnami, souvisejícími s vývojem vodního práva, evropskou legislativou, ověřováním právních předpisů v praxi apod.

Po celou dobu, kdy speciální zákony zmocňovaly vodo hospodářské orgány (resp. vodoprávní úřady) ke stanovení tohoto typu ochrany, postupovalo se podle správního řádu, probíhala příslušná vodoprávní řízení s konkrétními účastníky řízení, která byla ukončena – tedy OP byla stanovena **rozhodnutím**. Jednalo se o dlouhodobě zažitý proces, avšak odborná veřejnost pocítovala nedostatek v tom, že takové rozhodnutí je závazné pouze pro účastníky předmětného řízení, a tedy OP, jejich rozsah a podmínky v nich, nebyla závazná obecně. Změnu přinesla až tzv. Velká novela vodního zákona – zákon č. 150/2010 Sb., účinný od 1.8.2010. **Od tohoto data se OP stanovují, mění nebo ruší opatřením obecné povahy a jsou tak závazná obecně.** První reakcí bylo, že došlo k naplnění dlouhodobého požadavku o obecné závaznosti OP, neboť OOP nemá účastníky řízení a je obecně závazné. Jaké budou další dopady této zákonné změny pro praxi se nedalo předvídat.

Právní podstata a postup při stanovení OP

OOP vychází ze správního řádu, §§ 171–174 – viz [4]. OOP je na rozhraní mezi rozhodnutím, neboť řeší konkrétní otázky (OP určitého vodního zdroje) a právním předpisem, protože má neurčitý okruh adresátů (obecně určený). K OOP lze dále stručně uvést:

Správní řád [4], § 172, odst. 1, citace: „*Návrh OOP s odůvodněným správní orgán po projednání s dotčenými orgány doručí veřejnou vyhláškou....*“. Tedy podklady – především návrh dokumentace pro stanovení OP, které jsou vodoprávnímu úřadu předloženy společně se žádostí o stanovení OP, použije vodoprávní úřad pro svůj **návrh OOP**, který musí řádně **zdůvodnit a projednat s dotčenými orgány** (platí i pro změnu nebo zrušení OP).

Návrh OOP a následně i vlastní OOP se doručuje veřejnou vyhláškou a musí být zveřejněno na úřední desce příslušného (tedy vodoprávního) úřadu, případně na úředních deskách obecních úřadů v obcích, jejichž správních obvodů se OP dotýká.

Proti OOP nelze podat běžný opravný prostředek (odvolání). Lze však podat žalobu ve správním soudnictví, nebo soulad s právními předpisy nechat posoudit v přezkumném řízení (posoudí nadřízený vodoprávní úřad prvoinstančního úřadu).

K návrhu OOP může kdokoli, jehož práva, povinnosti nebo zájmy mohou být OOP přímo dotčeny, uplatnit u správního orgánu připomínky. Správní orgán je povinen se připomínkami zabývat jako podkladem pro OOP a **vypořádat se s nimi v jeho odůvodnění**. Vlastníci nemovitostí, jejichž práva, povinnosti nebo zájmy souvisejí s výkonem vlastnického práva, mohou být OOP přímo dotčeny, nebo, určí-li tak správní orgán, i jiné osoby, jejichž oprávněné zájmy mohou být OOP přímo dotčeny, mohou podat proti návrhu OOP písemné odůvodněné námitky ke správnímu orgánu ve lhůtě 30 dnů ode dne jeho zveřejnění. Rozhodnutí o námitkách, které musí obsahovat vlastní odůvodnění, se uvede jako součást odůvodnění OOP.

Pro doplnění právních otázek je třeba dále zmínit následující – viz [1]:

Do OP I. st. platí dle velké novely vodního zákona zákaz vstupu a vjezdu mimo osoby, které mají právo z vodního zdroje vodu odbírat (vlastní povolení k odběru), u vodárenských nádrží jsou to vlastníci tohoto vodního díla. Vodoprávní úřad však může stanovit rozhodnutím i další výjimky ze zákazu vstupu a vjezdu.

Vodní zákon má řadu prováděcích předpisů, je třeba v této souvislosti zmínit dva:

Vyhl. č. 137/1999 Sb., kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny OP. Její obsah je dávno překonán a mnohdy je i v rozporu s vodním zákonem, dosud však platí a čeká se na její novelu [2],

Vyhl. č. 432/2001 Sb., o dokladech žádostí, v platném znění. Tato vyhláška naopak byla po velké novele vodního zákona změněna vyhl. č. 336/2011 Sb. z konce roku 2011 a mj. obsahuje vzor žádosti o stanovení (změnu, zrušení) OP a vyjmenovává soubor dokladů, které musí být přílohou takové žádosti [3].

Dosavadní praktické poznatky a zkušenosti

K zajištění vydatnosti, jakosti a zdravotní nezávadnosti vodních zdrojů se využívá řada opatření, která lze rozdělit následovně:

Preventivní opatření – jde především o OP vodních zdrojů (včetně PHO). Tato opatření jsou dlouhodobá, nákladná, ale v závěru velmi účinná a trvalá.

Technická opatření – jedná se zpravidla o nové zdroje, další jímací objekty, míchání vody z více zdrojů s odlišnou kvalitou apod.

Technologická opatření – zejména tam, kde nelze předchodit použití nebo nejsou dostatečně účinná, se přistupuje k úpravě vody. U podzemních vodních zdrojů dle situace, u povrchových úprava musí probíhat vždy, jen jde o volbu technologie.

Časté a účinné je tyto typy opatření vzájemně kombinovat.

Velká novela vodního zákona je účinná přibližně dva roky a do stanovení OP – preventivní ochrany – přinesla zásadní změny. Skutečností je, že v praxi se s jejím „ověřováním“ spíše vyčkávalo. Většina zpracovatelů dokumentací OP i vodoprávních úřadů raději čekala na své kolegy a chtěla využít jejich zkušeností. Ty se postupně objevují a lze konstatovat, že mnohdy není znění v právních předpisech jednoznačné a může docházet k odlišným názorům a následným komplikacím, mohou chybět vazby mezi některými ustanoveními, případně úmysl zákonodárce nebyl důsledně promítnut do všech souvisejících ustanovení v právních předpisech. Důsledkem toho jsou četné dotazy a konzultace na ústředních vodoprávních úřadech (MŽP, MZe) nebo semináře k tomuto tématu.

V současném pojetí koncepce ochranných pásem vodních zdrojů i ve vodoprávním prostředí je však nutné opakovaně zdůrazňovat záměry a zásady, které by měly odstranit určitou paušálnost z tohoto procesu a směřovat ho k optimálnímu výsledku. V minulosti, kdy se stanovovala plošná pásma hygienické ochrany (dále jen PHO) v rámci celých povodí vodních zdrojů, platila Směrnice č. 51/1979 Ministerstva zdravotnictví, která obsahovala zásady pro rozsah a režim v jednotlivých stupních PHO. Při jejich stanovení tak bývala do určité míry potlačena charakteristika a vliv místních podmínek.

Zásadní odlišnost v současnosti je v tomto, že taková „kuchařka“ dnes neexistuje a nemusí se (resp. nemůže se) obecně užívat. Samozřejmě je příprava podkladů a zpracování dokumentací i vlastní stanovení OP vodoprávními úřady odborně mnohem náročnější.

Při zpracování návrhů OP i při jejich stanovení (změně, zrušení) je třeba respektovat:

cíl – OP mají být účinná a současně, z různých pohledů, optimální, na druhou stranu ale i ekonomická, neboť současná právní úprava umožňuje vlastníkům pozemků a staveb v OP požadovat náhrady za prokázané omezení jejich užívání,

soubor právních ustanovení vyžadujících, aby předkladatel návrh OP zpracoval **odborně, zdůvodnil ho** a zajistil některá vyjádření, **vodoprávní úřad aby svůj návrh OOP odůvodnil a projednal** s dotčenými orgány. Velká novela v § 30 odst. 8 stanovuje – viz [1]: „v ochranném pásmu I. a II. st. je zakázáno provádět činnosti poškozující nebo ohrožující vydatnost, jakost nebo zdravotní nezávadnost vodního zdroje, jejichž rozsah je vymezen v opatření obecné povahy o stanovení nebo změně ochranného pásma“. Je tedy zřejmé, že vymezení takových činností nemůže být formální, ale musí vycházet z typu zdroje, místních podmínek, dosavadního vývoje jakosti i množství vody ve zdroji atd. a současně je třeba toto vše řádně odůvodnit. Existuje mnoho příkladů, kdy právě **prokázání**, že konkrétní činnost poškozuje nebo ohrožuje vodní zdroj, bylo shledáno za nedostatečné. K vymezení takových činnos-

tí je vhodná **analýza rizik**, která se tak stává **nezbytnou a stále důležitější součástí návrhů dokumentací** pro stanovení OP.

Dosud zjištěné a konzultované praktické problémy kolem stanovení OP pomocí OOP

VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s. (dále jen VAS, a.s.) jako provozní společnost vodárenské infrastruktury pečuje o řadu vodních zdrojů, převážně podzemní vody, a proto je i zpracovatelem a předkladatelem návrhů dokumentací pro stanovení, změnu nebo zrušení OP. Při této činnosti se objevilo i několik výše zmíněných problémů souvisejících se změnami ve vodním právu, které bylo třeba diskutovat. Je jednoznačné, že výklad zákonů provádí pouze soud, ale pro praxi je důležité vědět, jaký byl původní záměr zákonodárce, jaké stanovisko ústřední vodoprávní úřady zastávají a jak je např. budou dále tlumočit z pozice metodického vedení prvoinstančních úřadů. VAS, a.s. proto vznesla dotazy prostřednictvím výkladové komise k vodnímu zákonu MZe a následně obdržela odpovědi od MŽP [6]. Rovněž jsme se účastnili řady odborných seminářů a diskutovali zde na dané téma, zajímavý byl např. seminář pořádaný SOVAK dne 26.10.2011 [5].

Postup při provádění změn OP byl v našem regionu problematický např. v tom, že se zde objevil pro praxi zcela neočekávaný názor vodoprávního úřadu: v případě změny OP, stanovených rozhodnutím vodoprávního úřadu, musí být nejprve původní OP zrušena opatřením obecné povahy a požadovaná změna včetně původních opatření, která se nemění, až následně stanovena opatřením obecné povahy. Tento názor byl považován za neoperativní, zbytečně složitý a administrativně náročný. MŽP však nebyl potvrzen a z odpovědi je zřejmé, že lze provádět změny u stanovených OP „přímo“, tedy bez mezikroku zrušení původního rozhodnutí – viz [6]:

“Článek II bod 2 zákona č. 150/2010 Sb. dále stanoví, že ochranná pásma stanovená podle dosavadních právních předpisů (úprava platná před 1. srpnem 2010) se považují za ochranná pásma stanovená podle § 30 odst. 1 zákona č. 254/2001 Sb., ve znění účinném ode dne nabytí účinnosti zákona č. 150/2010 Sb., tedy formou opatření obecné povahy. V případě jeho změny nebo zrušení je tedy nutné využít tuto formu.

Domníváme se, že s ohledem na ustálenou judikaturu Nejvyššího správního soudu (např. rozhodnutí NSS 1Ao 1/2005-98, 1Ao 1/2006-74, 1Ao 1/2009-120) a Ústavního soudu (např. rozhodnutí ÚS 14/09), která zdůrazňuje materiální charakter opatření obecné povahy a s ohledem na uvedené přechodné ustanovení zákona č. 150/2010 Sb., které tuto zásadu respektuje, je možné provést dílčí změnu rozhodnutím stanoveného ochranného pásma opatřením obecné povahy, a to bez nutnosti předchozího zrušení rozhodnutí, kterým bylo pásmo stanoveno a nového vyhlášení ochranného pásma opatřením obecné povahy. Opačný formální přístup by totiž pravděpodobně narušil smysl přechodného ustanovení, kterým bylo sjednocení forem a přístupu k platným a do budoucna stanoveným ochranným pásmům. Ke zrušení rozhodnutím stanoveného ochranného pásma by mělo být při přijetí výše uvedeného výkladu taktéž využito formy opatření obecné povahy”.

Zjišťování vlastníků nemovitostí v OP tak, jak to vyžaduje vyhláška č. 137/1999 Sb., § 2 písm. d) odst. 2. Protože OOP nemá

účastníky řízení a má být obecně závazné, bylo toto ustanovení vyhlášky považováno za nadbytečné a překonané. V tomto smyslu bylo zpracováno rovněž stanovisko MŽP – viz [6]:

“Opatření obecné povahy leží na pomezí mezi rozhodnutím, s kterým jej spojuje prvek konkrétně řešené otázky a právním předpisem, s nímž jej spojuje neurčitý okruh adresátů (obecně určení adresáti). Vlastníci nebo osoby s právem hospodaření tedy nejsou (a nemohou být) v návrhu opatření obecné povahy specifikováni. V tomto směru bude také navržena změna vyhlášky č. 137/1999 Sb. Zároveň je však třeba upozornit, že vlastníci dotčených pozemků a osoby s právem hospodaření nejsou vyloučeni z možnosti podávání námitek ve smyslu § 172 správního řádu a vodoprávní úřad by měl usilovat v době zpracování návrhu o maximální informovanost hypoteticky dotčených subjektů, a to též s ohledem na § 30 odst. 11 a otázku náhrad za prokázané omezení užívání pozemků či staveb”.

Vyznačování OP v katastru nemovitostí, které vyplývá z ustanovení vodního zákona v § 20. OP se vyznačují v katastru nemovitostí údaji o způsobu ochrany nemovitostí dle katastrálního zákona a katastrální vyhlášky [5] a vodoprávní úřad je povinen zaslat příslušnému katastrálnímu úřadu údaje potřebné k evidenci ochrany území do 30 dnů ode dne nabytí právní moci rozhodnutí o stanovení OP.

Vodní zákon v § 20 odst. 3 uvádí, že vodoprávní úřad zasílá katastrálnímu úřadu v této záležitosti pravomocné rozhodnutí o stanovení OP, tedy v praxi nebylo zřejmé, zda budou vodoprávní úřady zasílat i OOP a zda katastrální úřady budou tuto povinnost z vodního zákona i nadále plnit (nepůjde-li o rozhodnutí). Součástí dotazu rovněž bylo, jak postupovat v případě, kdy hranice OP dělí pozemek – není totožná s hranicí pozemku v katastrální mapě.

Vedle stanoviska MŽP [6] byla tato problematika podrobně přednášena na semináři SOVAK dne 26.10.2011 Ing. Květou Olivovou z ČÚZK – viz [5]:

Podle Olivové [5] ohlášení o zápis způsobu ochrany nemovitosti do KN může podat buď vlastník nemovitosti nebo příslušný orgán, který je k tomu zmocněn. V případě zápisu OP je to vodoprávní úřad na základě zmocnění vodním zákonem v § 20. Takové ohlášení má dvě přílohy – písemnou a grafickou. Písemnou přílohou je doklad, kterým bylo OP stanoveno, a tím bylo do 1.8.2010 rozhodnutí vodoprávního úřadu, po tomto datu OOP. V prohlášení Olivové za ČÚZK zaznělo, že **pracoviště katastrálních úřadů budou přijímat vedle rozhodnutí i opatření obecné povahy o stanovení OP.**

Podle Olivové [5] se ochrana nemovitosti v KN vyznačuje na jednotlivé pozemky KN značkami dle katastrální vyhlášky. Přílohou ohlášení je katastrální mapa s vyznačením hranice OP a výčet pozemků dle parcelních čísel, které jsou zahrnuty do OP. Je-li hranicí OP některý pozemek KN rozdělen, je třeba toto doložit **záznamem podrobného měření změn.**

Otázku zákazu vstupu a vjezdu do OP I. st. je rovněž diskutovaným problémem pro praxi. Do doby velké novely se taková podmínka zpravidla objevovala v kapitole „režim činnosti v OP“ a pokud to bylo opodstatněné, konkrétně se zde vymezilo upřesnění (na koho se to nevztahuje apod.). V současné době je tento zákaz přímo ze zákona [1] – § 30 odst. 7, kde je ale uvedena možnost výjimky: *„Do ochranného pásma I. st. je zakázán vstup a vjezd; to neplatí pro osoby, které mají právo vodu z vodního zdroje ode-*

bírat, a u vodárenských nádrží pro osoby, které toto vodní dílo vlastní. Vodoprávní úřad může stanovit rozhodnutím i další výjimky ze zákazu vstupu a vjezdu“. Pro praxi se objevily dva problémy k řešení a k diskuzi:

U infrastruktury (mimo vodárenské nádrže), která má vedle vlastníka (obce, města, jejich svazky) i provozovatele, je zpravidla povolení k nakládání s vodami vydáváno vodoprávním úřadem na vlastníka. Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu sice umožňuje, aby vlastník řadu svých povinností přenesl tzv. provozní smlouvou na odborného provozovatele, ale o podmínkách vstupu do OP I. st. se ani v tomto zákoně, ani ve vodním zákoně nebo v provozních smlouvách nehovoří. Je třeba najít cestu, jak umožnit provozovateli vstupovat do OP I. st. Podle Horáčka – dříve MZe – by se tato možnost mohla objevit v návrhu dokumentace pro stanovení OP a následně i v OOP o stanovení OP. Zda to bude dostatečné beze změn vodního zákona může ukázat praxe – soudní výklad zákona.

Problémem zůstává, pokud si osoba, která může do OP I. st. ze zákona vstupovat, najímá odborné práce od dalších subjektů (od hydrogeologů, přes elektrikáře a další). Pokud by měl vodoprávní úřad ve smyslu vodního zákona § 30 odst. 7 rozhodnutím stanovit takové osoby, bude je pravděpodobně identifikovat jménem, což je pro provozní záležitosti téměř nepoužitelné. Zde zatím nebyla diskuze o možnostech ukončena. Mezi odbornou veřejností převládá názor, že zákonodárce měl původně na mysli výjimkami umožnit vstup do OP I. st. vlastníkům pozemků v tomto OP, pokud nedošlo k jejich vykoupení.

Závěr:

Velká novela vodního zákona přinesla změny i do § 30 o stanovení OP. Na první pohled se jednalo o splnění dlouhodobého požadavku na „obecnou závaznost“ OP. Ostatní změny se hodnotily spíše jako drobné a nepřikládala se jim velká důležitost, ale až praxe ukazuje na jejich důležitost, ale mnohdy i na to, že existuje řada nejasností k řešení.

Otázky drobnějšího významu se asi bude dařit řešit lokálně, tedy mezi žadateli o stanovení OP (resp. zpracovateli návrhů dokumentací pro OP) a vodoprávními úřady první instance v regionu, ty složitější potom s ústředními vodoprávními úřady (MZe jako garantem za vodní zákon a řadu jeho prováděcích předpisů a MŽP, které má na starosti ochranu vod).

Konkrétně je třeba urychlit práce na novele vyhlášky MŽP č. 137/1999 Sb.

Literatura:

- [1] Zákon č. 254/2001 Sb., v platném znění, dále jen vodní zákon
- [2] Vyhl. č. 137/1999 Sb., kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny OP
- [3] Vyhl. č. 432/2001 Sb., o dokladech žádostí o rozhodnutí nebo vyjádření... vodoprávního úřadu, v platném zn.
- [4] Zákon č. 500/2004 Sb., v platném znění, dále jen správní řád
- [5] SBORNÍK – seminář SOVAK. *Ochrana vodních zdrojů*, Praha, 26.10.2011
- [6] Vytejková, V. MŽP. *Výklad k problematice OP vodních zdrojů*, č.j.: 1571/410/11 z 10.10.2011

OCHRANNÁ PÁSMO VODNÍCH ZDROJŮ A VODÁRENSKÝCH NÁDRŽÍ A NEZBYTNÁ NOVELIZACE PRÁVNÍCH PŘEDPISŮ

Jaroslava Nietzscheová¹

¹*Povodí Vltavy, státní podnik*

Vodárenské nádrže jsou vodní nádrže uvedené v seznamu z vyhlášky č. 137/1999 Sb. Je jich celkem 47.

Tato vodní díla jsou ve vlastnictví státu a právo hospodařit s nimi mají ve všech případech státní podniky Povodí.

Účelem tohoto uspořádání je zabezpečení ochrany jakosti, vydatnosti a zdravotní nezávadnosti povrchové vody ve vodárenských nádržích státními podniky Povodí včetně navrhování ochranných pásem těchto vodních zdrojů. Jde o určitou garanci státu za většinou strategické vodní zdroje.

Tyto vodárenské nádrže jsou ve vlastnictví státu celé, tedy všechny stavební objekty včetně zátopy vodních nádrží a to bez ohledu na to zda je na cizích pozemcích či nikoliv.

Vodní díla na cizích pozemcích jsou problém, který dnes už téměř obvyklá rozhodovací praxe soudů z hlediska vlastnického posunula do zcela nežádoucí situace.

Soudy ve svých rozsudcích dospívají k závěru, že, v konkrétních souzených případech, nejsou některá vodní díla jako jsou vodní nádrže včetně rybníků, náhony, hlavní meliorační zařízení, ale i sypané hráze nebo ochranné protipovodňové hráze, samostatnými věcmi, protože nelze prakticky oddělit takovou stavbu od pozemku.

Důsledkem takového názoru potom je, že jsou součástí pozemků na nichž se nacházejí. Jde-li o vodní díla vybudovaná mezi lety 1955 až 1999, kdy mohlo být právo stavebníka stavět na cizím pozemku souhlasem vlastníka pozemku nebo souhlasem „socialistické organizace užívající takový pozemek“ (§ 14 odst.4 zákona č. 130/1974 Sb. v původním znění) nebo mohly být takové stavby budovány na cizích pozemcích v rámci tzv. družstevního užívání pozemků (zákon č. 123/1975 Sb.) je problém s pozemky, z hlediska dnešního pohledu, zřejmý.

Prakticky je tedy zásadní otázkou, zda jsou výše uvedená vodní díla, zejména vodní nádrže včetně rybníků samostatnými věcmi.

V zájmu normálního fungování těchto vodních děl si musíme říci, že ano, pokud soud v konkrétním případě nerozhodl jinak svým rozsudkem, který nabyl právní moci.

V případě vodárenských nádrží takový problém snad není, ale být může.

Proto je nezbytné, aby byl tento problém vyřešen do doby než nabude účinnosti nový Občanský zákoník – tedy k 1. 1. 2014. K tomu je připravena novela vodního zákona, která by měla výslovně stanovit, že vodní díla nejsou součástí pozemků na nichž

jsou umístěna.

Ochrana vodních zdrojů je ve vodním zákoně veřejnoprávní. To znamená, že k ochraně vodního zdroje vodárenské nádrží – ochraňuje její jakosti, vydatnosti a zdravotní nezávadnosti - stanoví vodoprávní úřad ochranná pásma (§ 30 vodního zákona).

Jde-li o odběry vody vyšší než 10 000 m³ ročně nebo odběry pro účely výroby balené kojenecké vody nebo balené pramenité vody je stanovení ochranných pásem povinné.

Příslušný vodoprávní úřad může státním podnikům Povodí, v případě vodárenských nádrží, nebo oprávněným k odběrům vody uložit povinnost předložit návrh na vydání opatření obecné povahy jímž bude stanoveno potřebné ochranné pásmo vodního zdroje ve stanoveném termínu.

V případě ochranných pásem jiných vodních zdrojů by vodoprávní úřad mohl vést řízení z moci úřední.

Stanovení ochranných pásem vodních zdrojů opatřením obecné povahy má velké výhody v tom, že není pochybnosti o okruhu osob, které musí stanovené ochranné pásmo respektovat.

Na druhé straně je chybou, že nelze uložit některá nezbytná technická opatření k ochraně vodních zdrojů konkrétním osobám, zvláště vlastníkům nemovitostí.

Výsledkem právní úpravy je, že opatření obecné povahy mohou být uložena v ochranném pásmu vodního zdroje jen správcům Povodí – u vodárenských nádrží – nebo oprávněným k odběru vody. To vede logicky k tomu, že potřebná technická opatření tyto osoby nenavrhují na nemovitostech jiných vlastníků, protože by bylo problematické jejich realizování proti vůli vlastníka.

V zásadě lze tedy říci, že opatření obecné povahy lze omezovat nebo zakazovat činnosti a užívání nemovitostí, ale nelze, s výjimkou navrhovatelů ochranných pásem uložit žádnou konkrétní činnost.

Současná právní úprava zakazuje vstup a vjezd všech osob, s výjimkou správců povodí u vodárenských nádrží a oprávněných k odběru vody, do stanoveného ochranného pásma I. stupně.

To je nereálné a nesmyslné zejména v situaci, kdy tímto ochranným pásmem vedou důležité komunikace.

Odstranit tento problém má novela vodního zákona, které souvisí s novelou stavebního zákona a je nyní, po vrácení Senátem, znovu ve Sněmovně. Tato navržená novela umožňuje, aby výjimka

z tohoto zákazu (§ 30 odst.7 vodního zákona) byla udělena i pro neurčitý okruh osob formou opatření obecné povahy.

Velkým problémem je náhrada za omezení užívání nemovitostí, zejména zemědělských pozemků stanovená zákonem (§ 30 odst.10 vodního zákona).

V situaci, kdy téměř veškerá zemědělská půda je obhospodávána nájemci a nikoliv vlastníky, je určení náhrady za omezení užívání zemědělských pozemků vlastníky problém.

Tyto uživatelské vztahy jsou navíc založeny dlouhodobými smlouvami, které nelze jednostranně měnit. Tuto změnu ostatně nepřipustí ani nájemci, protože v minulosti sjednané nájemné je zpravidla velmi nízké a jeho další snížení, v důsledku omezení užívání pozemků ve stanoveném ochranném pásmu vodního zdroje je prakticky vyloučeno.

Náhrady za omezení užívání pozemků se proto většinou řeší paušálem, který vyplývá z velmi starých metodických pokynů MZe (1998 a 2004). Tyto náhrady od povinných většinou čerpají uživatelé zemědělských pozemků na základě plných mocí od vlastníků pozemků.

Institut ochrany vodních zdrojů vyžaduje do budoucna některé podstatné změny. Především je nutno zásadně novelizovat vyhlášku č. 137/1999 Sb., která byla vydána k provedení předchozího

vodního zákona a není v souladu ani s platným vodním zákonem ani s vyhláškou č. 432/2001 Sb., kterou byly, po poslední novele, stanoveny povinné podklady k návrhu opatření obecné povahy, jímž se stanoví ochranné pásmo vodního zdroje.

Určitým problémem jsou ve vodním zákoně uvedená přechodná ustanovení - článek II. bod 2 zákona č. 150/2010 Sb., jímž byl vodní zákon novelizován k datu 1.8.2010.

V nich je stanoveno, že ochranná pásma stanovená podle § 30 odst. 1 vodního zákona v současném znění.

MŽP vyslovilo názor, že tato „stará“ ochranná pásma vodních zdrojů mají být považována za stanovená opatření obecné povahy. To je jistě velmi praktické, ale také velmi troufalé řešení problému.

Je obtížné si představit, že konkrétní omezení užívání nemovitosti nebo technická opatření uložená konkrétním osobám jsou následkem tohoto ustanovení závazná pro všechny osoby, aniž ty mají o jejich existenci jakoukoliv informaci.

Rovněž možnost měnit opatření obecné povahy dříve vydaná správní rozhodnutí o stanovení ochranných pásem, aniž je toto platné rozhodnutí změněno nebo zrušeno, je dána jen praktickými potřebami. Z hlediska právního je takový postup patrně nerealizovatelný. Zajímavá bude jistě případná budoucí judikatura v této otázce.

OCHRANNÁ PÁSMÁ NÁDRŽÍ POVODÍ LABE

Luděk Rederer¹

¹*Povodí Labe, státní podnik, Víta Nejedlého 951, 500 82 Hradec Králové,
tel.: 495 088 667, rederer@pla.cz*

Abstrakt česky

Státní podnik Povodí Labe má ve své správě pět vodárenských nádrží, kolem kterých jsou vyhlášena ochranná pásma. Při stanovení ochranných pásem se uplatňují dva základní atributy. První a zcela zásadní je legislativní rámec daný v současné době § 30 vodního zákona a prováděcí – dnes již trochu zastaralou – vyhláškou MZe č. 137/1999 Sb. Ochranná pásma však musí respektovat i místní podmínky, které bývají velmi proměnlivé. Podcenění lokálních specifik obvykle limituje význam prosazovaných ochranných opatření. Může vzniknout situace, kdy dobře míněná ochranná opatření prosazovaná v nesouladu s místními poměry skončí ve fázi projektu. V procesu stanovení ochranných pásem lze přesvědčivě argumentovat pouze při znalosti hlavních faktorů, jež se podílí na tvorbě jakosti vody. Informace tohoto typu lze získat pouze soustavným monitoringem povodí a limnologickým sledováním procesů uvnitř nádrže.

Klíčová slova česky: vodárenská nádrž; ochranná pásma; vodní zákon; monitoring;

Abstrakt anglicky

Povodí Labe, state enterprise has operated five water supply reservoirs, around which they are declared protection zones. There exist, two basic attributes which are very important. The first one and essential, is the legislative framework. Currently it is § 30 of the Water Act and implementing – now somewhat outdated – Ministry of Agriculture Decree No. 137/1999 Coll. The protection zones are determined by local circumstances, which can be very diverse. If the local relations are not taken into account enough, the desired target could be achieved only partially. Sometimes it happens that the desired goal is not achieved at all. It is necessary to search the fundamental knowledge about the factors which form the water quality. It is only way how to give a persuasive argument in the process of establishing protection zones. That's reason, why the continuous monitoring of catchment and limnological observing of processes inside the reservoir is strongly recommended.

Klíčová slova anglicky: water supply reservoir; protection zones; Water Act; monitoring

Úvod

Ochranná pásma vodárensky využitelných zdrojů jsou na veřejnosti pravděpodobně nejvíce vnímaným symbolem mimořádného významu péče o zdroje pitné vody. Výstražné značení v terénu i související restrikce v oblasti se do určité míry stávají marketingovým prostředkem, který oslovuje veřejnost a přiznává ochraně vodního prostředí nezbytnou prioritu. Využitím tohoto legislativního prostředku je zdůrazňován potřebný respekt k regulacím, které by na vymezené ploše měly provázet aktivity s možným dopadem na jakost vody. Podcenění ochrany vodárenského zdroje může způsobit jeho poškození nebo jej dokonce zničit. Takový vývoj však může mít zpětně nepříznivý vliv na celkový hospodářský růst v oblasti.

Ochranná pásma – obecný důvod k zamyšlení

Základní evropský dokument o vodě – Směrnice Evropského parlamentu a Rady číslo 2000/60/ES direktivně povinnost instalace ochranného pásma u vodního zdroje neukládá. Ve třetím bodě článku 7 je však možnost jeho zřízení uváděna v souvislostech, z nichž lze dovodit, že je to prostředek, kterým lze zajistit nezbytnou ochranu zdrojů pitné vody s cílem zabránit zhoršování jeho kvality a redukovat procesy na úpravně, jež jsou nezbytné k výrobě pitné vody.

Ve většině zemí Evropské unie se zřízení ochranných pásem vodárenských zdrojů stalo využívaným vodoochranným nástrojem. A tak není zase tak velkou zvláštností setkat se na starém kontinentě s termíny jako „*Wasserschutzgebieten*“, „*protection sanitaire*“, „*zones de sauvegarde*“ nebo „*the water protection zone*“. Oproti našim podmínkám jsou tato opatření využívána především u podzemních zdrojů [1]. V naší krajině na střeše Evropy je však polovina spotřeby pitné vody (cca 53 %) zajišťována odběrem z povrchových vodních zdrojů a v Čechách i na Moravě je legislativně označeno čtyřicet sedm nádrží jako vodárenské (příloha Vyhlášky MZe č. 137/1999 Sb.). Vzhledem k vysoké míře industrializace, lze u nás jen obtížně nalézt antropogenně nedotčené oblasti s kvalitní povrchovou vodou. A tak je logické, že už dlouhodobě má v rámci vodního hospodářství České republiky své opodstatnění i jistou prestiž institut ochranných pásem povrchových zdrojů jako takových i jeho specifická kategorie – ochrana vodárenských nádrží. Předmětem následujícího příspěvku, je výběr některých zkušeností s operativou a instalací ochranných pásem u několika vodárenských nádrží.

Původní, poměrně šablonovité představy přisoudily ochraně vodního zdroje spíše tvar technického výkresu, jehož konečnou podobu určovala především poloha a tvar vodní plochy vodního díla. Představitelem takového vnímání ochranných pásem je především bývalá Směrnice Ministerstva zdravotnictví č. 51/1979 Sb., („o základních hygienických zásadách pro stanovení, vymezení a využívání ochranných pásem vodních zdrojů určených k hromadnému zásobování pitnou a užitkovou vodou a pro zřizování vodárenských nádrží). I když, lze mít k tomuto legislativnímu předpisu velké výhrady, odpovídal tehdejšímu společensko-ekonomickému uspořádání, určitě obsahoval i četné pozitivní znaky a ve své době měl velký význam.

Moderně pojatá ochranná pásma by již měla být zpracována ve formě, která mnohem reálněji odráží poměry v krajině nad vodárenskou nádrží. Poznání procesů skutečně ovlivňujících vodárenský zdroj by pro zpracování návrhu ochranných pásem mělo být neoddiskutovatelným standardem. Jedině takový přístup může přiblížit k realitě náročný cíl, jakým je úvaha o snížené potřebě úpravy pitné vody v duchu ustanovení Rámcové směrnice o vodě.

Ve tvaru, v jakém se dnes ustálila podoba ochranných pásem vodárenských nádrží, lze rozlišit dvě základní formy. Primární je rozsah ochranných pásem (ať již I. nebo II. stupně) a sekundární režim, který by v těchto zónách měl být uplatňován.

Pro akceptovatelnou argumentaci s veřejností při prosazování i obhajobě ochranných pásem je velmi důležité, zda je srozumitelně definován účel ochranných pásem u konkrétního vodního zdroje. Mělo by být zřejmé na co je v chráněném území kladen důraz. Někde to může být především zájem na instalaci pouhé nárazníkové zóny před okolní exploatovanou krajinou, někde to může být snaha položit limity dalšímu turistickému využití, jinde může jít o nástroj k omezení odtoku splaškových vod, sledovaným účelem může být i úprava hospodaření v okolí nádrže nebo záměr omezit soustředěný odtok z povodí. Je téměř pravidlem, že cílů bude vždy více, ale je také téměř jisté, že ne všechny záměry budou splnitelné. Ta základní posloupnost je skutečně stanovena v již zmíněném článku 3, kapitoly 7, Směrnice 2000/60/ES – nejdříve udělat vše, aby zdroj nebyl poškozen a následně testovat, zda lze územní ochranou jeho kvalitu (či kvantitu) zlepšovat.

Na druhou stranu je nutné podotknout, že ochranná pásma nejsou jediným prostředkem k naplnění shora uvedených cílů. Jejich instalace by měla být synergickým doplňkem Plánů oblasti povodí, dílčích územních regulativů i pravidelné rozhodovací činnosti vodoprávních orgánů v jednotlivých kauzách, jež by mohly jakost a zdravotní nezávadnost ve vodárenských nádržích ovlivňovat.

Jedním ze zásadních kritérií omezujících účinnost ochranných pásem u vodárenských nádrží, je rozloha těchto ochranných zón. Vodní plochy nádrží mají obvykle desítky hektarů a linie břehů dosahují délky několika kilometrů. Z toho plyne, že území nad nádrží, která mohou ovlivňovat vodní poměry, jsou rozsáhlé plochy, obvykle ve vlastnictví někoho jiného než vodohospodářského subjektu. Zřizovatel ochranného pásma vodárenské nádrže tak musí obezřetně vyhodnotit, do jaké míry bude případná platba tzv. ekonomické újmy za prokázané omezení užívání pozemků a staveb přínosná pro ochranu zdroje, a do jaké míry lze připustit případnou minimalizaci ochranných zón. Řešení těchto úloh, je u každé vodárenské nádrže unikátní a zcela zásadním podkladem pro roz-

hodnutí jsou alespoň elementární podklady a znalosti o limnologických procesech, které chráněný vodárenský odběr ovlivňují.

Ochranná pásma zřízená z podnětu státního podniku Povodí Labe

V území, ve kterém je pověřen správou povodí státní podnik Povodí Labe (dále jen Povodí Labe), je výše uvedenou vyhláškou MZe č. 137/1999 Sb. deklarováno pět vodárenských nádrží. U těchto nádrží připadla podniku Povodí Labe ve smyslu čl. 6, § 30, Vodního zákona povinnost žádat o vyhlášení ochranného pásma. V areálu pod správou Povodí Labe jsou však i odběry surové vody, které jsou ovlivňovány nádržemi, jež nemají vodárenský statut. Takový je například odběr surové vody z vodní nádrže Seč, náhradní odběr pro úpravnu „Monako“ z nádrže Práčov nebo odběr pro město Vrchlabí, který je ovlivňován situací na nádrži Labská ve Špindlově Mlýně.

Původní ochranná pásma u všech pěti vodárenských nádrží byla vyhlášena v intencích vyžadovaných již zmíněnou směrnicí Ministerstva zdravotnictví z roku 1979. Tato územní ochrana využívala reálných limnologických znalostí obvykle jen okrajově. Mimo jiné také proto, že nebyly k dispozici výstupy ze soustavně prováděného monitoringu. Výstupy z dílčích zkoumání některých odborných institucí byly využívány pouze v ojedinělých případech. Mezi takové výjimky lze zařadit například nádrž Vrchlice, na které dlouhodobě působil odborný tým vedený docentem Hrbáčkem.

Tabulka 1. – Ochranná pásma vodárenských nádrží Povodí Labe

Vodárenská nádrž	Příslušný krajský úřad	Plocha OP I. (ha)	Plocha OP II. (ha)
Vrchlice	Středočeský	196	273
Hamry	Pardubický	144	91
Křižanovice	Pardubický	33	25
Josefův Důl	Liberecký	237	1763
Souš	Liberecký	606	1520
Vodárenská nádrž	Původní ochranné pásmo (rok)	Aktuální legislativa OP I. / OP II.	Soustavný monitoring od přítoky/nádrž
Vrchlice	1967	2008 / 2008	1987 / 1991
Hamry	1970	2009 / 2009	1984 / 1994
Křižanovice	1974	2002 / 2002	1986 / 1992
Josefův Důl	1974	2003 / 1985	1986 / 1993
Souš	1967	2011 / 2011	1986 / 1993

Z přehledu, který uvádí tabulka č. 1., zřetelně vyplývá, že základní koncepce územní ochrany byla u nádrží Povodí Labe vyprojektována celá desetiletí před tím, než byly známy výsledky ze soustavného monitoringu těchto nádrží. Tento informační deficit následně zhoršoval argumentační možnosti při obhajobě některých restriktivních opatření. S postupným rozvojem technických možností vodohospodářských laboratoří je tento nedostatek z vel-

ké části odstraněn. Zůstává ovšem skutečností, že některé prvky původních ochranných pásem jsou zachovány dodnes, protože se buď osvědčily anebo nenašly své oponenty.

Ochranná pásma jednotlivě

Vodárenská nádrž Vrchlice je nádrž středních a nižších poloh, ze které je odebírána voda pro celé Kutnohorský a Čáslavský území – cca 55 000 zásobovaných obyvatel. V povodí je 33 sídelních útvarů, ve kterých žije téměř 3,5 tisíce obyvatel. Jedná se o tradiční zemědělskou oblast s řadou drobných provozoven. Samotná nádrž dosahuje větších hloubek (přes dvacet metrů) pouze v oblasti hrázového jezera. Přítok je k celkovému objemu poměrně malý a teoretická doba zdržení je přibližně jeden rok. Tím se vytváří příznivá situace, která dává poměrně dostatečný časový prostor k uplatnění samočisticích procesů uvnitř nádrže. Velmi účinný nástroj, který se poněkud nechtěně uplatňuje při zlepšování jakosti vody v nádrži, je vnořená hráz bývalého rybníku Pilský, kterou stavební firma ponechala při výstavbě na konci vzdutí. Naopak s vodárenskou nádrží vybudovaná předzdrž Hamerák se vzhledem, ke svému malému objemu i zanedbatelné hloubce příliš neosvědčila.

Ze značně exploatovaného povodí nepřitéká do nádrže příliš kvalitní voda, obvykle se však v průběhu dlouhé doby zdržení voda v prostoru vzdutí zlepšuje do té míry, že k úpravě vody lze užívat běžné technologie.

Výsledky podrobného monitoringu kolem obce Malešův, která se rozkládá na konci vzdutí, ukazují, že existence sídla v těsném kontaktu s vodou sama o sobě není tak velké riziko pro vodárenský odběr, za jaký byla při výstavbě považována. Původně mělo být dvacet objektů stojících u vody vykoupeno a odstraněno. Nyní je jasné, že takové násilné řešení přináší spíše sociální rozepře, než hmatatelný přínos ke kvalitě vody. Obec s devíti sty obyvateli je jistě nutné považovat za rizikový faktor, ale zatrávňování několika-metrového pásu v přítokové zóně jej zcela jistě nemůže eliminovat. Jednalo se spíše o jakési psychologicko – etické opatření, než akt skutečné ochrany.

Jako reálné ohrožení se naopak ukazuje nekvalitní stavba oddílné splaškové kanalizace v této obci, jež měla nádrž technicky chránit. Systém není nastaven špatně. Splašková voda po vyčištění na místní ČOV je přečerpávána mimo nádrž. Do kanalizace, která byla vybudována jako oddílná, však musel být dodatečně začleněn odlehčovací objekt, aby za deště nedocházelo k hydraulickému přetěžování ČOV. Z toho logicky vyplývá, že i když jsou v obci splašky průběžně odváděny mimo nádrž, existují časté epizody, kdy tomu tak není. Malešův je tedy nutné zařadit mezi zdroje živin, které ohrožují vodárenský odběr. Do skupiny sídel, bez odpovídající likvidace odpadních vod, která by zamezila odtoku živin (především fosforu), však náleží prakticky všechny obce v povodí nádrže.

Cílem ochranných pásem na VD Vrchlice je především vytvořit bariéru mezi vodní plochou a ostatní intenzivně využívanou krajinou. Purifikace daná vlastní konfigurací nádrže je natolik efektivní, že přínos účelově korigovaného hospodaření, jak je tradičně propagováno v rozsáhlých ochranných pásmech, by byl jen obtížně prokazatelný. Již dříve se ukázalo, že byť dobře míněná restriktivní opatření, a často i finančně kompenzovaná prostřednictvím ekonomické újmy, se těžce prosazují a účinná kontrola je skoro nereálná.

Ochranné pásmo prvního stupně, zahrnuje pás lesa, který obklopuje velkou část vodní plochy. Ze zákona (čl. 7, § 30 Vodního zákona) je vstup do tohoto území zakázán. Jedná se o účinné opatření, které přispívá nejen k ochraně samotného lesa, ale také významně omezuje nepovolený odlov ryb. Nepřehlédnutelným způsobem je instalací OP I. stupně zveřejněno, že s výjimkou vodárenských a vodoochranných aktivit, zde nelze provádět či plánovat žádnou jinou činnost. Význam území je zdůrazněn nejen informačními tabulemi, ale osvědčily se i pravidelné kontroly, jež ve spolupráci s kutnohorskou policií zajišťuje bezpečnostní agentura.

Ochranné pásmo druhého stupně má dvě funkce. V obci Malešův tvoří zónu, ve které stávající i budoucí činnosti musí být regulovány v souladu s vodoochranným významem území. Mimo obec zahrnuje bloky orné půdy na svazích údolnice nad nádrží. Je tím vytvořen půdorys pro budoucí náhradu dnes nevyhovujících kultur (řepka, krmné obilniny) za rostlinnou skladbu odolnější vůči půdní erozi. Nežádoucím průvodním jevem současné rostlinné skladby je permanentní aplikace pesticidů. Jsou to sice přípravky schválené pro aplikaci v ochranných pásmech, ale přesto pravidelné užívání těchto vysoce účinných preparátů nad vodárenským zdrojem musí být považováno za rizikový faktor. Ze stanoveného režimu vyplývá povinnost pro hospodářské subjekty pravidelně informovat o aplikovaných látkách na ochranu rostlin vodoprávní orgán i správce povodí. Mimo jiné jsou tyto údaje využívány k popisu transportních cest těchto látek, protože detekce jejich účinných složek není vzácná ani v samotné nádrži [2].

Vodárenská nádrž Hamry je svým charakterem už horská nádrž. Je zde malá průměrná hloubka (3,2 m). Maximální hloubky kolem deseti metrů jsou omezeny na malou plochu u hráze. S vlhkým podnebím souvisí i častější srážkové epizody. Ty dodávají nádrži poměrně nestabilní charakter. Vliv povodí na jakost vody ve vodárenském odběru je značný. Na vlhkých stanovištích v jehličnatých, především smrkových lesích, se utváří četná rašeliniště. Tyto lokality jsou zdrojem značného množství organického uhlíku, který je vyplavován do povodí a následně je akumulován v nádrži. Tyto děje zvyšují koncentraci parametru $CHSK_{Mn}$ a občas komplikují úpravu vody. Mírné tendence k vytváření vodních květů sinic byly na nádrži vždy patrné. Po povodni v roce 1997 a zejména po zaústění dvou ČOV z obcí nad nádrží do hlavního přítoku Chrudimky (přes 1000 obyvatel), se v období srpen – září vodní květ sinic rozvíjí na nádrži téměř pravidelně. Častý je výskyt rodu *Woronichinia* a to i v koncentracích chlorofylu až 100 µg/l.

Ochranné pásmo I. stupně tvoří vzrostlý smrkový les, který je přirozenou přepážkou mezi vodní plochou a okolní rekreační zástavbou. Druhé ochranné pásmo vytváří vnější prstenec kolem OP I. stupně a zahrnuje podstatnou část rekreační zóny kolem nádrže. V celém území platí stavební uzávěra. Za takto koncipovaným ochranným územím je především zájem na zachování současného stupně rekreace (není elektrifikace), bez dalšího vzestupu rekreačního komfortu. Existuje totiž oprávněná obava, že s případným rozvojem rekreace v této atraktivní části centrální Českomoravské Vrchoviny dojde i k podstatnému navýšení množství odpadních vod. Účinná eliminace je však právě u takových difúzních zdrojů velmi komplikovaná a očekávaným výsledkem by mohl být zřejmě další nežádoucí vzestup nutrientů v nádrži.

U obou výše zmíněných kanalizačních soustav s malými ČOV bude nutné realizovat dříve nebo později přepojení na velkou

a účinnou ČOV v Hlinsku, která je již pod nádrží Hamry. U třetí z významných obcí v povodí (*Vortová*) je takové přepojení aktuálně připravováno. Opatření tohoto typu, je však lepší podporovat zařazením do Plánů oblasti povodí případně Plánů rozvoje vodovodů a kanalizací, než ustavením ochranných pásem. Také u této vodárenské nádrže, přispěly ke zvýšení účinku pravidelné kontroly zajištěné u bezpečnostní agentury kooperující s Policií ČR.

Vodárenská nádrž Křižanovice je malá nádrž (objem 1,6 mil. m³) s velmi krátkou dobou zdržení. Jakost vody odebírané pro vodárenské účely se utváří především na velké a hluboké nádrži Seč, která se nachází cca 20 km proti proudu. V mezipovodí obou nádrží převažují lesy, zatravněné plochy a pastviny. Riziko představují především splaškové vody z obcí Horní Bezděkov a Bojanov v údolí nad nádrží a rekreační osídlení celé oblasti. Také u této nádrže jsou ochranná pásma stanovena takovým způsobem, aby byl v pobřežních zónách omezen rozvoj rekreačních aktivit. Měl by tím být regulován vzestup difúzního znečištění vyvolaný nezajištěnými odpadními vodami z jednotlivých objektů. Na vodní ploše a v jejím nejbližším okolí platí všeobecný zákaz vstupu, který je také kontrolován bezpečnostní agenturou a Policií ČR. Zásadní omezení spočívá ve vyhlášené stavební uzávěře, která platí v širším okolí nádrže. Mimo jiné je v oblasti nádrže omezena doprava včetně zákazu vjezdu nákladních vozidel.

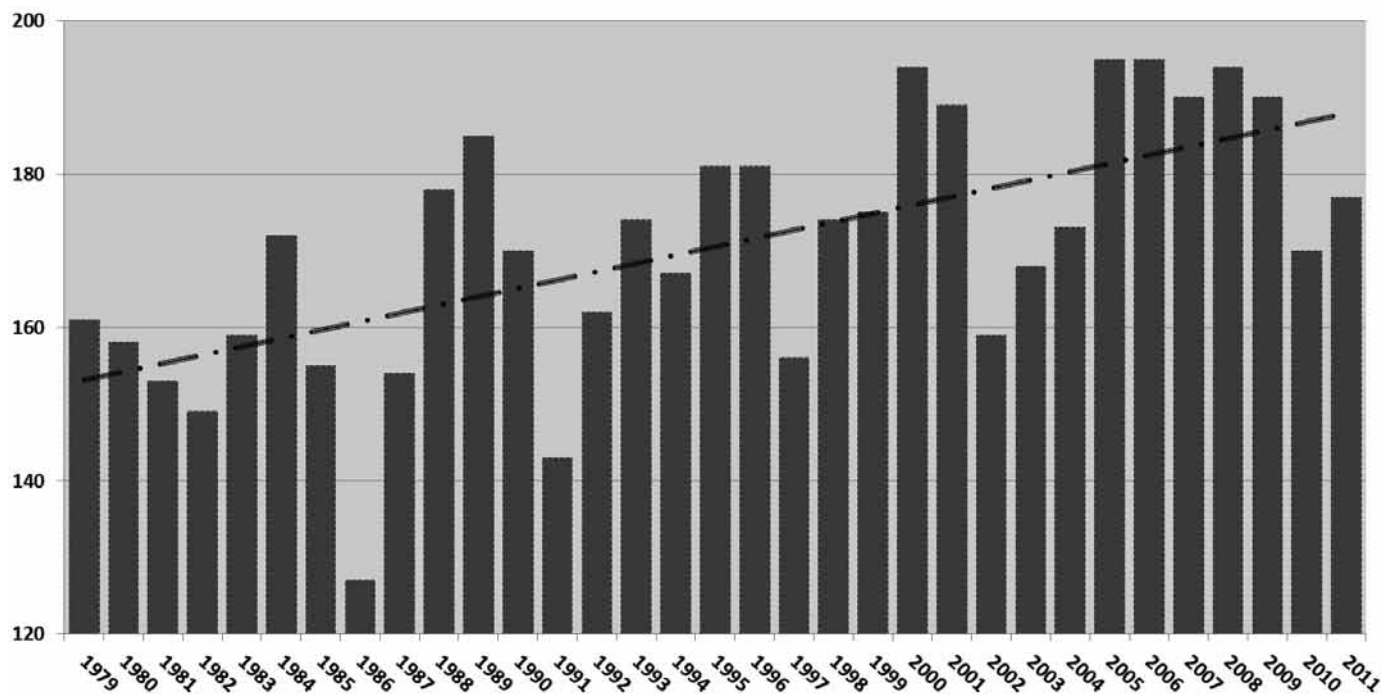
Vodárenské nádrže Josefův Důl a Souš, jsou typické horské nádrže s povodím v nadmořské výšce nad 700 m n. m. Teoretická doba zdržení je zejména na nádrži Josefův Důl dostatečně dlouhá (více jak 1 rok), takže při utváření jakosti odebírané surové vody se uplatňuje i pozitivní vliv retence. Již osvědčenou metodou je pravidelné letecké vápnění nádrže Souš, která s retencí přímo počítá. Také látková distribuce na nádrži Josefův Důl, které se přizpůsobuje volba jednoho z pěti odběrových horizontů,

by se bez dlouhé doby zdržení utvářela zcela jiným způsobem. Pro povodí obou nádrží je charakteristický víceméně homogenní lesní pokryv. Nad vodárenským odběrem Souš nejsou vypouštěny žádné odpadní vody. Nad VD Josefův Důl je pouze několik rekreačních objektů. Pouze chata „KPR“ a Nová Louka však mají funkční ČOV. Do území ochranných pásem je zahrnuta vodní plocha obou nádrží a související lesní pozemky až po rozvodnici. Režimová opatření jsou především zacílena na lesní hospodaření s preferencí prvků umožňující protierozní ochranu. V souvislosti s ochrannými pásmy nádrže Souš je často, a s rozporuplnými výstupy, diskutována doprava po levobřežní silnici, která obchází téměř z poloviny linii blízko vodní hladiny. U obou nádrží je cílem zachovat status quo v rekreační výstavbě. Rekonstrukce a údržba několika dříve vystavěných objektů je však povolena. V posledním období dochází ke zhoršování jakosti těchto velmi kvalitních zdrojů. Příčinou jsou časté přívalové deště. S tím souvisí i epizodní látkové transporty, včetně splachů organického zatížení i živin z lesních povodí. Souběžně je zaznamenáván také vzestup teplot i světelného záření, které navozují vhodné podmínky pro vyšší primární produkci s nežádoucím rozvojem řas a sinic. Fenomén tohoto typu je však vlastní prakticky všem nádržím pod správou Povodí Labe (viz. obr. č. 1).

Literatura

- [1] CHAVE, P. *Rámcová směrnice vodní politiky Evropské unie., MZe ČR po dohodě s IWA Publishing of Alliance House, Caxton Street, London, SW1H 0QS UK, 2001.*
- [2] FERENČÍK, M. *Výskyt polárních pesticidů a jejich metabolitů v řekách a nádržích ve správě Povodí Labe, s.p.; In Pitná voda 2012, Tábor: WAET Team, 2012.*

Obrázek 1. – VD Vrchlice – Počet dní v roce, kdy hladinová teplota vody v nádrži neklesne pod 12 °C. Čerchovaně proložen lineární trend, který signalizuje prodloužení tohoto období v průběhu 33 let přibližně o jeden měsíc.



SLEDOVÁNÍ PESTICIDŮ VE VODÁRENSKÝCH NÁDRŽÍCH A TOCÍCH VE SPRÁVĚ POVODÍ LABE, STÁTNÍ PODNIK

Jana Schovánková¹, Martin Ferenčík¹, Stanislava Stojanová¹

¹Povodí Labe, státní podnik, Odbor vodohospodářských laboratoří, Víta Nejedlého 951, 500 03 Hradec Králové, tel.: 495 088 762, schovankovaj@pla.cz, ferencikm@pla.cz, stojanovas@pla.cz

Abstrakt česky

K vodárenským účelům se využívají nádrže Hamry, Křižanovice, Vrchlice, Josefův Důl, Souš, Seč a z vodních toků v letním období řeka Orlice. Významné pozitivní nálezy pesticidů byly zjištěny v nádrži Vrchlice a krátkodobě v řece Orlici. V nádrži Vrchlice byly v průběhu celého roku 2011 naměřeny koncentrace chlortoluronu 177–582 ng/l, které přesahovaly legislativně definované hodnoty. Příčinnou tak vysokých nálezů byla aplikace této látky na ozimé obiloviny pěstované v okolí na podzim roku 2010. Dále byly naměřeny vysoké koncentrace metazachloru a metabolitů metolachlor ESA, alachlor ESA, acetochlor ESA a v menší míře byl zjištěn hexazinon, terbuthylazin a metabolity metolachlor OA, acetochlor OA a 2-hydroxy-terbuthylazin. Přestože naměřené hodnoty acetochloru, alachloru a metolachloru se pohybovaly na mezi stanovitelnosti (5 ng/l), naměřené hodnoty metabolitů těchto látek se pohybovaly řádově od desítek do stovek ng/l.

Klíčová slova česky: Vrchlice; Orlice; pesticidy

Abstrakt anglicky

The reservoirs Hamry, Křižanovice, Vrchlice, Josefův Důl, Souš, Seč and in the summer time the river Orlice are used for the water supply purposes. The significant positive findings of pesticides were determined in the reservoir Vrchlice and for a short term in the river Orlice. The concentrations of chlorotoluron were found in the range 100–580 ng/l in the basin Vrchlice over the whole year 2011 and they exceeded the values defined by the legislation. The high findings were caused by the chlorotoluron application on the winter cereals growing around in autumn 2010. Furthermore the high concentrations of metazachlor and metabolites metolachlor ESA, alachlor ESA, acetochlor ESA were determined and in the lower concentrations also the compounds hexazinone, terbuthylazine and metabolites metolachlor OA, acetochlor OA and 2-hydroxy-terbuthylazine were found. In spite of the low concentrations (around 5ng/l) of ace-

tochlor, alachlor and metolachlor, their metabolites findings were in the range from tens to hundreds ng/l.

Klíčová slova anglicky: Vrchlice; Orlice; pesticides

Úvod

„Častými kontaminanty povrchových vod jsou pesticidní látky. Pesticidy (insekticidy, fungicidy, herbicidy) jsou využívány k ochraně zemědělských, zahradních a lesních rostlin a průmyslových materiálů. Používají se při skladování a zpracování zemědělských produktů a uplatnění nacházejí také v oblasti veterinární i humánní, např. při ochraně užitečných zvířat a samotného člověka“ [1]. „Zejména vlivem velkého množství používaných herbicidů se tyto látky stávají významnými polutanty vod. Velká část pesticidů je ve vodě stabilní, jiné jsou metabolizovány vlivem komplexních fotochemických, chemických a mikrobiologických reakcí“ [2].

Přestože publikace [3,4] zabývající se výskytem pesticidů v surové a pitné vodě poukazují zejména na triazinové pesticidy jako je hexazinon (registrace skončila 31.12.2007), atrazin (od 1. 8. 2005 na základě rozhodnutí Evropské komise 2004/248/EC zakázán) a jeho rozkladný produkt desethylatrazin, jsou zde další skupiny herbicidů, které se vyskytují. Ve velkém množství se na rostliny aplikují i močovinné herbicidy, zejména chlortoluron a isoproturon, který je v půdě odbouráván rychleji než chlortoluron, a které stejně jako triazinové pesticidy působí jako inhibitory fotosyntézy. V pravidelné roční správě Spotřeb účinných látek vydávaných Státní rostlinolékařskou správou byla v roce 2011 celková spotřeba isoproturonu 152 816 kg a spotřeba chlortoluronu 90 403 kg [5].

Podle dat Státní rostlinolékařské správy [5] jsou velmi často používanou skupinou pesticidů také chloracetanilidové herbicidy. Zejména látky acetochlor (spotřeba 208 726 kg), metazachlor (spotřeba 196 251 kg), alachlor, a metolachlor. „O těchto látkách je známo, že v půdě velmi rychle degradují za vzniku metabolitů se skupinou sulfonylové (ESA) a šťavelové (OA) kyseliny. Tyto metabolity jsou více polární než samotné mateřské pesticidy“ [6,7].

Existuje celá řada analytických metod, kterými lze tyto pesticidy stanovit. Ve většině případů se používá kapalinová nebo plynová chromatografie s hmotnostní detekcí. Vysoká citlivost kapalinové chromatografie s hmotnostní detekcí a možnost přímého nástřiku velkého objemu vzorku umožňuje v případě analýzy vod u polárních dobře ionizovatelných látek dosažení požadovaných mezí stanovitelnosti i bez zdlouhavých prekoncentračních úprav pomocí SPE [8].

MATERIÁL A METODY

Stanovení polárních pesticidů metodou LC/MS/MS

Přefiltrovaný vzorek s přídatkem octanového pufru a izotopicky značeným standardem byl měřen přímým nástřikem v pozitivním módu na hmotnostním spektrometru s trojitým kvadrupolem WATERS Premier XE. Mobilní fázi byl 5mM octan amonný v 5 % methanolu a 5mM octan amonný v methanolu. Teplota separace na koloně ACQUITY UPLC® HSS T3 1,8 µm, 2,1 x 100 mm byla 40 °C a celková doba analýzy 20 min.

Stanovení triazinových pesticidů metodou GC/MS

Postup na stanovení triazinových pesticidů vychází z ČSN EN ISO 10695. Triazinové pesticidy se v alkalickém prostředí extrahují dichlormethanem a následně stanovují pomocí kapilární plynové chromatografie s hmotnostní detekcí.

Stanovení metabolitů chloracetanilidů metodou LC/MS/MS

Extrakce vzorku pomocí SPE vychází z metody EPA535 [9]. Extrakty byly následně měřeny pomocí LC/MS/MS v negativním módu. Mobilní fázi byl 5mM octan amonný v 5% methanolu a 5mM octan amonný v methanolu. Teplota separace na koloně ACQUITY UPLC® BEH C18 1,7µm, 2,1 x 100 mm byla 65 °C a celková doba analýzy 30 min.

Výsledky a diskuze

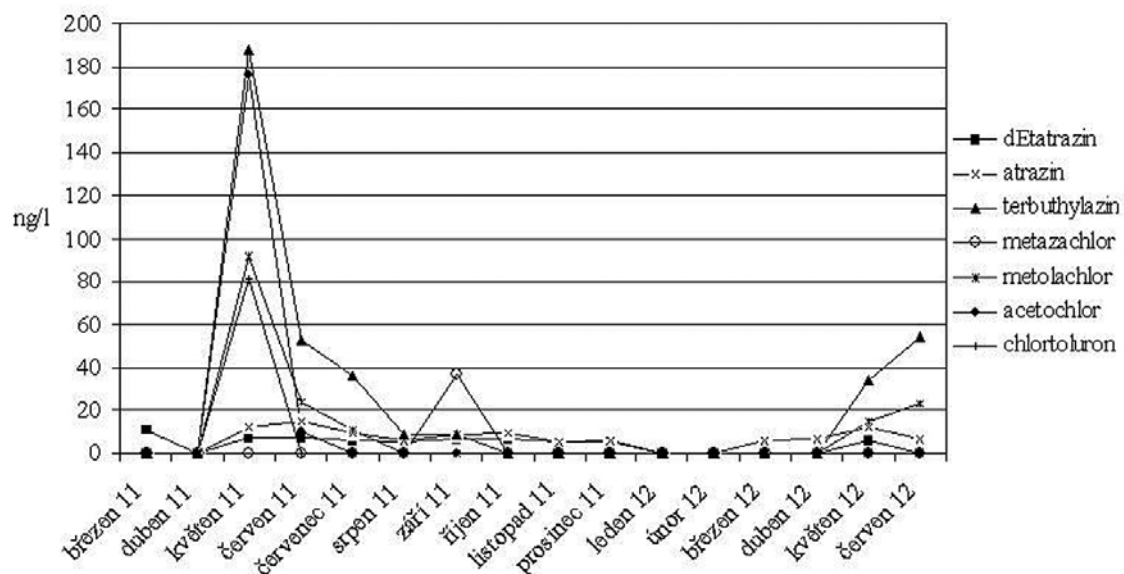
Z vodárenských nádrží ve správě Povodí Labe, státní podnik byly nejvyšší koncentrace pesticidů naměřeny v nádrži Vrchlice. V Tabulce 1. jsou uvedeny z celého spektra měřených látek pouze vybrané pesticidy. Významné jsou zejména vysoké koncentrace chlortoluronu. Na podzim roku 2010 byla koncentrace chlortoluronu pod mezí stanovitelnosti 20 ng/l, po ošetření ozimých obilovin herbicidem na podzim roku 2010 došlo od listopadu 2010 do března 2011 k navýšení koncentrace chlortoluronu v nádrži na 460 ng/l. Normy environmentální kvality dle NV č. 23/2011 Sb. [10] definují průměrnou hodnotu NEK-RP, která slouží k hodnocení ekologického stavu, pro chlortoluron 400 ng/l. Průměr koncentrací naměřených od března 2011 do listopadu 2011 tuto průměrnou hodnotu NEK-RP přesáhne. Kromě těchto norem slouží k posouzení kvality surové vody vyhláška MZe ČR č. 428/2001 Sb. [11] a kvality pitné vody vyhláška MZd ČR č. 252/2004 Sb. [12], ve kterých je definována nejvyšší mezní hodnota pro jednotlivé pesticidní látky 100 ng/l, což v tomto případě koncentrace chlortoluronu převyšovala po celý rok 2011 a nadále převyšuje.

V nádrži byly dále zjištěny pesticidy hexazinon, používaný k ošetření lesní porostů a zpevněných ploch, terbuthylazin jako náhrada za zakázaný atrazin a jeho metabolit 2-hydroxy-terbuthylazin. V menší míře byly zaznamenány metabolity atrazinu desethylatrazin (dEtatrazin) a 2-hydroxy-atrazin. Posledně zmiňované látky byly naměřeny ve velmi nízkých koncentracích. Pro porovnání jsou v Tabulce 1. uvedena data ze začátku roku 2012. Jak je patrné, na podzim roku 2011 došlo k poklesu obsahu chlortoluronu, vlivem obměny vody v nádrži. Naopak začátkem roku 2012 byl v březnu zaznamenán nárůst koncentrace isoproturonu jako následek aplikace této látky na ozimé obiloviny na podzim předešlého roku. Pokles chlortoluronu během celého roku 2010 byl velmi pozvolný, protože „nádrž Vrchlice patří k nádržím s nízkým koeficientem obměny (<10%) a proto je velmi rezistentní vůči vlivům z povodí a jakost vody je určována především procesy uvnitř nádrže [13].

Tabulka 1. – Koncentrace pesticidů [ng/l] v nádrži Vrchlice rok 2011/2012.

	03/2011	05/2011	06/2011	08/2011	10/2011	11/2011	03/2012
desethylatrazin	6,9	6,5	6,0	6,8	6,9	8,4	<5,0
terbuthylazin	19	17	16	15	14	22	14
hexazinon	19	19	17	19	22	15	12
metazachlor	108	100	80	71	59	42	20
metolachlor	6,4	7,3	5,8	5,0	5,1	5,0	<5,0
dimethachlor	16	14	11	9,0	8,0	6,9	<5,0
chlortoluron	460	565	582	400	389	177	152
isoproturon	<20	<20	<20	22	<20	<20	98
d-terbutbuthylazin	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
2-h-terbuthylazin	24	27	22	15	22	25	16
2-h-atrazin	10	<10	11	<10	12	10	<10
alachlor	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
acetochlor	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0

Obrázek 1. – Nálezy pesticidů [ng/l] – řeka Orlice, odběrové místo Nepasice.



Další skupinou látek detekovaných v nádrži Vrchlice byly chloracetanilidy. Nejvyšší koncentrace byly naměřeny u metazachloru, herbicidu používaného na ozimou řepku olejku. Dále pak byly zjištěny nízké koncentrace dimethachloru a metolachloru, herbicidy alachlor a acetochlor nebyly detekovány vůbec. Pro porovnání jsou v Tabulce 2. uvedena data chloracetanilidů a jejich metabolitů z roku 2011 a 2012. Výjimkou jsou metabolity metazachlor ESA a dimethachlor ESA, které nebyly v roce 2011 měřeny. Z výsledků vyplývá, že koncentrace degradačních produktů chloracetanilidů významně převyšují koncentrace samotných chloracetanilidů. Normy environmentální kvality dle NV č. 23/2011 Sb. definují průměrnou hodnotu NEK-RP pro alachlor a jeho metabolity 100 ng/l, pro metolachlor a jeho metabolity 200 ng/l. Tuto hodnotu v obou případech překračují metabolity ESA. Pro extrémní koncentrace metabolitu metazachlor ESA NEK-RP definovány nejsou, pro samotný metazachlor je to průměrná hodnota 400 ng/l.

Tabulka 2. – Koncentrace chloracetanilidů a jejich degradačních produktů [ng/l] – nádrž Vrchlice – březen 2011/2012.

	03/2011	03/2012
acetochlor ESA	181	181
acetochlor OA	42	51
alachlor ESA	244	277
alachlor OA	<30	<30
metolachlor ESA	303	222
metolachlor OA	46	41
metazachlor ESA	-	1530
dimetachlor ESA	-	201
acetochlor	<5,0	<5,0
alachlor	<5,0	<5,0
metolachlor	6,4	<5,0
metazachlor	108	20
dimetachlor	16	<5,0

Z vodních toků ve správě Povodí Labe, s.p. lze k vodárenským účelům mimo jiné využít řeku Orlici. Obrázek 1. ukazuje pozitivní nálezy na řece Orlici v odběrovém místě Nepasice. Nejvyšší koncentrace byly naměřeny v květnu 2011 u terbuthylazínu, acetochloru, metolachloru a chlortoluronu. Metazachlor byl detekován v září 2011 po ošetření ozimé řepky proti jednoděložným a dvouděložným plevelům. Pokud by odebíraná voda byla posuzována jako surová, tak by legislativně určenou nejvyšší mezní hodnotu 100 ng/l převyšovaly v květnu látky terbuthylazín a acetochlor, které se používají k hubení jednoletých dvouděložných plevelů v kukuřici. Pozitivní nálezy metolachloru poukazují na pěstování cukrovky, slunečnice nebo kukuřice v okolní oblasti.

V roce 2012 byly sledovány i metabolity chloracetanilidů. V porovnání s vodárenskou nádrží Vrchlice nebyly na řece Orlici v odběrovém místě Nepasice zaznamenány vysoké nálezy. Stále pozitivní hodnoty byly zjištěny pouze u látky metolachlor ESA a ve všech případech se pohybovaly pod hladinou 100 ng/l.

Závěr

Kvalitu povrchových vod a vod ve vodárenských zdrojích je nezbytné sledovat. Jak potvrzují výsledky, v několika případech naměřené hodnoty dlouhodobě a významně převyšují legislativně definované hodnoty, a to je zejména v případě vodárenského využití problém, který je nutný řešit. Je nezbytné nalézt způsob snížení koncentrací problematických látek, aby byla zajištěna legislativně daná kvalita pitné vody. Navíc, nejedná se jen o pesticidní látky. Výsledky dalších měření látek, např. léčiv jako jsou ibuprofen a gabapentin, rovněž vykazují pozitivní nálezy v některých místech převyšující 100 ng/l.

Literatura

- [1] CREMLYN, R. *Pesticidy*. Přeložil R.Seifert. SNTL Praha 1985. 7 s. ISBN 04-625-85v.
- [2] RACE-GUIGAND, S.; AARON, J.J.; SCRIBE, P.; BARCELO, D. *A comparison of the environmental impact of pesticide*

- multiresidues and their occurrence in river waters surveyed by liquid chromatography coupled in tandem with UV diode array detection and mass spectrometry. *Chemosphere*, 2005, 55, 973–981.
- [3] MICHALOVÁ, J.; GÜNTHEROVÁ, L. Výskyt pesticidních látek ve zdrojích podzemní vody. In *Pitná voda 2012*. W&ET Team, Č. Budějovice, 2012. 151–152s. ISBN: 978-80-905238-0-7.
- [4] BARTOŠ, L.; JAVŮRKOVÁ, L.; VOKOLKOVÁ, J. Separace pesticidů z podzemních vod. In *Pitná voda 2008*. W&ET Team, Č. Budějovice, 2008. 120 s. ISBN 978-80-254-2034-8.
- [5] Spotřeba přípravků na ochranu rostlin, Státní rostlinolékařská správa, Česká Republika. [citované 17.8.2012] Dostupné na Word Wide Web: <http://eagri.cz/public/web/srs/portal/pripravky-na-or/spotreba-pripravku-na-or/spotreba-v-jednotlivych-letech/>
- [6] MIKULICOVÁ, P. Analytické metody pro studium herbicidů v půdě [online]. Masarykova universita 2011. [citované 17.8.2012] Dostupné na Word Wide Web: http://is.muni.cz/th/211567/prif_m/DIPLOMOVA_PRACE.txt
- [7] ROBERTS, T. Metabolic Pathways of Agrochemicals: Part 1: Herbicides and Plant Growth Regulators [online]. The Royal Society of Chemistry 1998 [citované 17.8.2012]. Dostupné na Word Wide Web: http://books.google.cz/books?id=uC2-Ocob_MMC&printsec=frontcover&hl=cs#v=onepage&q&f=false
- [8] FERENČÍK, M.; SCHOVÁNKOVÁ, J. a kol. Stanovení pesticidů jejich metabolitů a farmaceutických látek ve vodách a sedimentech pomocí LC-MS/MS. In *Hydrochémiá 2012*. Bratislava, 2012. 55–64 s. ISBN: 978-80-89062-86-7.
- [9] U.S.EPA Method 535. Measurement of Chloracetanilide and Other Acetamide Herbicide Degradates in Drinking Water by Solid Phase Extraction and Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry (LC/MS/MS), 2005.
- [10] 23/2011 Sb. nařízení vlády ze dne 22. prosince 2010, kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb.
- [11] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích).
- [12] Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb., v platném znění, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.
- [13] Koza, V.; Rederer, L. Způsob monitoringu a hodnocení zobrazovaných parametrů. [online, citované 20.8.2012] Dostupné na Word Wide Web: http://www.pla.cz/portal/jvn/cz/popis_cz.htm

SNÍŽENÍ EUTROFIZACE V POVODÍ VN SLEZSKÁ HARTA

Lukáš Sýkora¹, Roman Hanák², Jindřich Duras³

¹Pöyry Environment a.s., Botanická 56, 602 00 Brno, 541 554 277, lukas.sykora@poyry.com

²Pöyry Environment a.s., Botanická 56, 602 00 Brno, 541 554 229, roman.hanak@poyry.com

³Povodí Vltavy, státní podnik, Denisovo n. 14, 304 20 Plzeň, 377 307 352, jindrich.duras@pvl.cz

Abstrakt česky

Vodní nádrž Slezská Harta na řece Moravici ve správě Povodí Odry, státní podnik vykazuje velké zatížení fosforem, což s sebou přináší problémy s eutrofizací, která se výrazně projevuje od roku 2005. Cílem studie bylo zjistit základní faktory podporující rozvoj sinic a nalézt konkrétní přirozené i antropogenní příčiny způsobující vlastní masový rozvoj cyanobakterií v nádrži a navrhnout opatření napomáhající eliminaci tohoto problému. Zadavatelem studie byl Moravskoslezský kraj a byla na ni poskytnuta podpora v rámci OPŽP.

Klíčová slova česky: eutrofizace; vodní nádrž Slezská Harta; fosfor; zdroje znečištění

Abstrakt anglicky

Slezská Harta Reservoir on the Moravice River is influenced by high phosphorus loads. This causes problems with eutrophication, which has been observed since 2005. Goal of this study was to determine the main factors effecting the development of cyanobacteria, find specific natural and anthropogenic causes for mass development of cyanobacteria in the reservoir and to propose measures to assist in eliminating this problem. The submitter of the study was the Moravian-Silesian region, and it was granted under the OPŽP.

Klíčová slova anglicky: phosphorus, Slezská Harta reservoir, eutrophication, sources of pollution

Základní informace o VN Slezská Harta a jejím povodí

Výstavba vodní nádrže Slezská Harta byla realizována na základě úvah o nutnosti posílení níže ležícího vodárenského zdroje Kružberk. Postupně byl účel nádrže rozšířen i o odběr surové vody pro Bruntálský oblastní vodovod, příznivé ovlivnění jakosti surové vody pro vodárenské účely, nadlepení průtoků v Moravici, snížení povodňových průtoků v toku pod VN, využití vodní energie, rekreace a rybné hospodářství. Výstavba VN byla dokončena v roce 1997.

Plocha povodí VN je 464 km², celkový objem nádrže je 218,7 mil. m³, zatopená plocha činí 870 ha, délka záplavy je 9,0 km, max. výška hráze 64,8 m, zaručený odtok je 3,95 m³.s⁻¹.

Plocha povodí je relativně málo osídlena – průměrná hustota osídlení činí 83 obyvatel na km². V povodí je 23 obcí s celkovým počtem 39 624 trvale žijících obyvatel, z nichž téměř polovina (17,4 tis.) žije v obci Bruntál. Dalšími významnějšími obcemi v povodí jsou Rýmařov (8,6 tis.), Břidličná (3,5 tis.) a Světlá Hora (1,4 tis.). Ostatní obce mají méně než 1 000 trvale žijících obyvatel, 11 obcí má méně než 500 obyvatel.

Převažující kulturou je travní porost (94 % zemědělské půdy). Na základě analýz využití území a krajinného pokryvu je možno konstatovat, že stabilní plochy tvoří v zájmovém území cca 90 % z celkové výměry řešené lokality. Tento stav je dán především vysokým podílem ekologicky hospodařících zemědělských subjektů. Hlavními přítoky vodní nádrže jsou Moravice, Podolský potok a Černý potok.

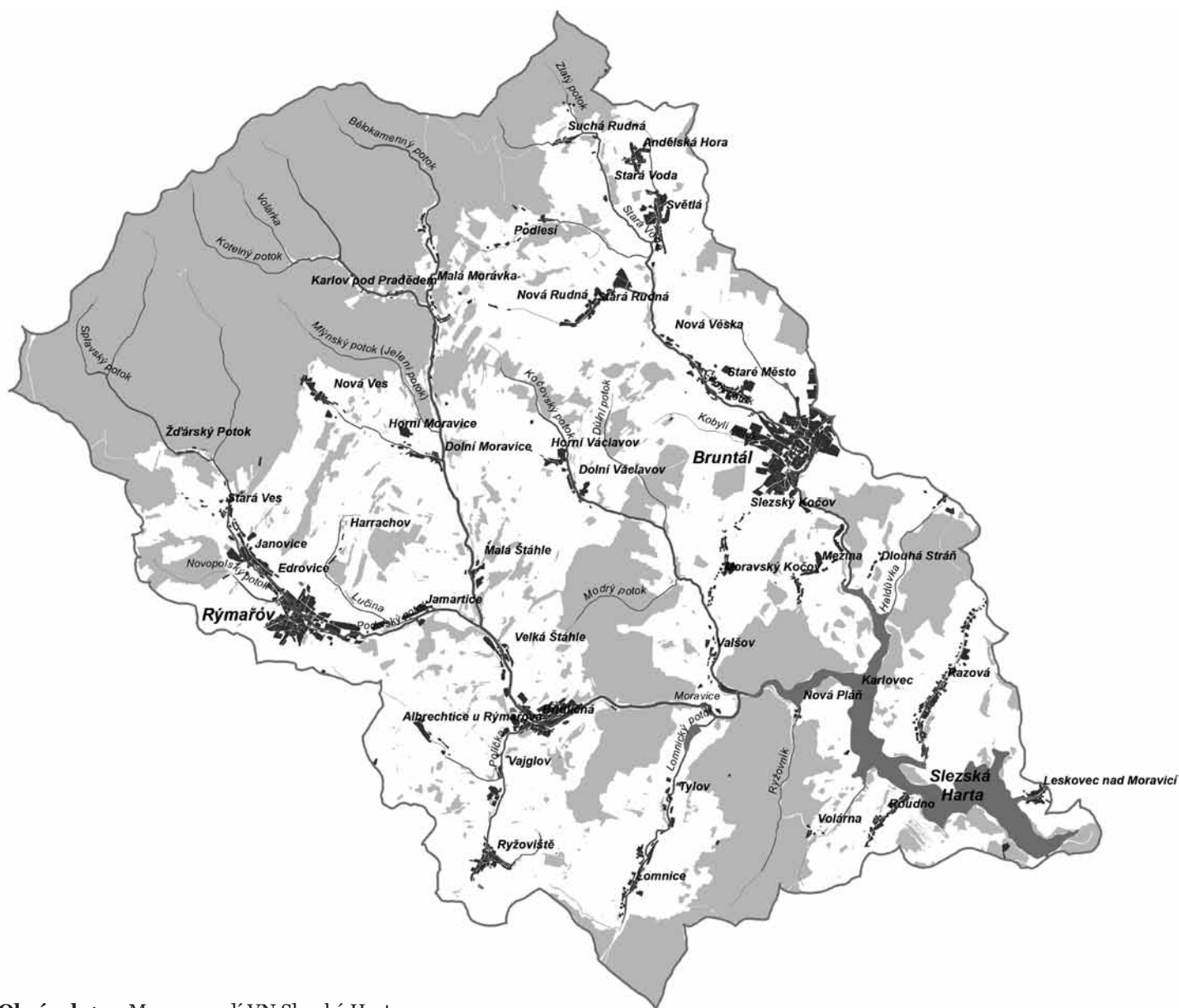
Analýza nádrže Slezská Harta

Na základě analýz zpracovaných jak pro samotnou VN tak pro její přítoky lze formulovat následující závěry:

VN Slezská Harta je obecně dobře disponovaná k dobré jakosti vody: hluboká, protáhlého tvaru, s dlouhou dobou zdržení vody (1–2 roky). Handicapem je fluktuace hladiny v rozsahu 4–6 m, která zabraňuje existenci příbřežní zóny s vodními rostlinami.

Klíčovým prvkem určujícím jakost vody v nádrži je fosfor a jeho přísun z povodí, nikoli dusík. Dusíku není třeba věnovat zvláštní pozornost, a to ani na ČOV, kde lze za plně dostačující považovat oxidaci N sloučenin na NO₃-N. NO₃-N je ve VN Slezská Harta spotřebováván u hladiny fytoplaktonem, u dna biogenní denitrifikací, zvláště v horní části nádrže za anoxických poměrů. Zde naopak přítomnost NO₃-N zabraňuje uvolňování fosforu ze sedimentů do vodního sloupce (tzv. vnitřní zatížení).

V nádrži je vyvinuta typická podélná zonalita se zvýšeným rozvojem sinic v horní části. Tuto zonalitu lze omezit teprve snížením přísunu fosforu, zejména jeho rozpuštěných forem (PO₄-P). Do té doby budou rekreační oblasti ležící v horní polovině nádrže pravidelně ohrožovány pozdně letním zhoršením jakosti vody (sinicové vodní květy). Hlubková zonalita VN Slezská Harta je rovněž



Obrázek 1. – Mapa povodí VN Slezská Harta

výrazně vyvinuta. Zatím jsou ale kyslíkové poměry u dna v dolní části nádrže poměrně příznivé, proto zůstávají příznivé i ostatní ukazatele (Fe, Mn, P, $\text{NH}_4\text{-N}$..).

Vysoký podíl $\text{PO}_4\text{-P}$ na fosforu celkovém indikuje, že zdrojem fosforu jsou odpadní vody, že vodoteče nedokážou vstupující fosfor dostatečně transformovat a že se do nádrže dostává nejrizikovější forma fosforu. Na jaře je vnos fosforu do VN největší.

Vývoj kvality vody v nádrži ukazuje zlepšení v období 2007–2010. Zdá se, že existuje dobrá souvislost mezi snížením přísunu fosforu do nádrže, snížením koncentrace fosforu a biomasy fytoplanktonu v povrchové vodě u hráze a zvýšením průhlednosti vody. Trend vývoje koncentrací fosforu byl všeobecně klesající, ale od roku 2009 se zastavil. Potenciál již realizovaných opatření je zřejmě vyčerpán a bez dalších akcí omezujících emise fosforu další zlepšení nelze očekávat.

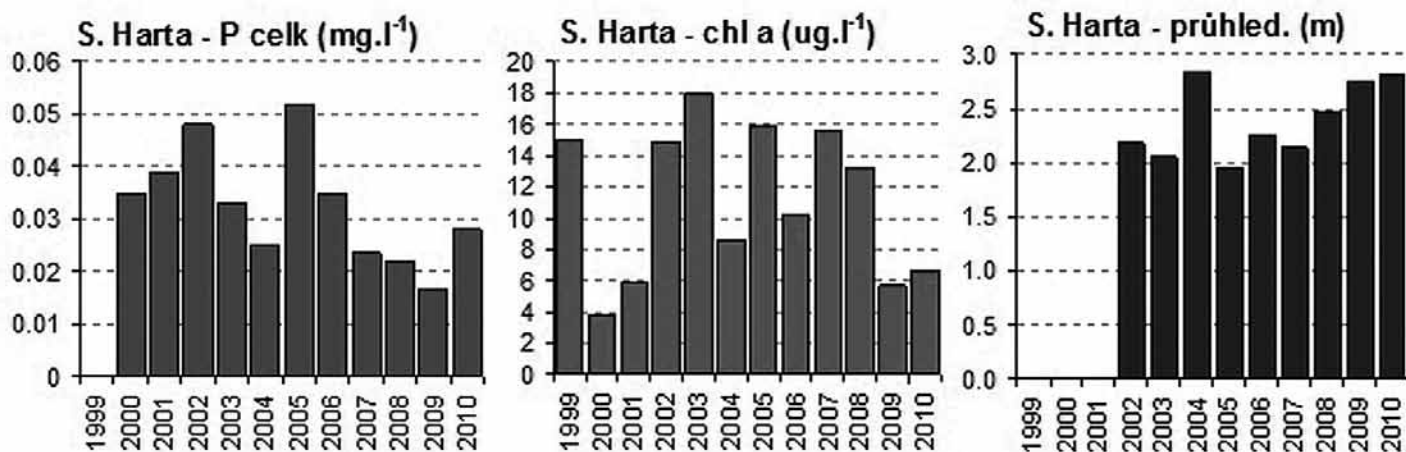
Prísun fosforu do nádrže je třeba snížit ze stávajících 12–15 t ročně (2007–2009) na průměrně cca 8 t (průtokově vážená koncentrace fosforu v přítocích $0,055 \text{ mg.l}^{-1}$). Toto snížení znamená dosažení stavu, kdy nebude docházet k významnějšímu rozvoji

sinic v dolní části nádrže a v horní části bude jejich přítomnost oproti současné situaci značně omezena. Omezen bude i růst biomasy ostatního planktonu s pozitivním dopadem na průhlednost vody, a tedy také na rekreační atraktivitu VN Slezská Harta. Zároveň bude zabezpečena stabilně dobrá jakost vody ve vodárenském zdroji VN Kružberk.

Klíčové faktory vedoucí ke zvýšené trofilii v povodí

Z hlediska přísunu fosforu (jakožto klíčového prvku určujícího jakost vody v nádrži) do VN Slezská Harta lze rozlišit hlavní zdroje, kterými jsou bodové zdroje (centrální ČOV), difúzní zdroje (roztroušená a neodkanalizovaná zástavba, úniky na kanalizační síti), plošné zdroje (erozní splach ze zemědělských pozemků) a tzv. pozadíové znečištění (znečištění odtékající z nenarušeného povodí). Těmito zdroji se do VN dostává cca 15,6 tun fosforu ročně (2009).

Bodové zdroje znečištění soustřeďují odtok od mnoha subjektů, a tudíž i po přečištění na ČOV je voda vypouštěná do recipientu zbytkově znečištěna. V povodí je deset obcí s centrálními



Obrázek 2. – Průměrné roční koncentrace P_{celk} a *chlorofylu a* v povrchové vrstvě vody u hráze a výsledky měření průhlednosti Secchiho deskou tamtéž. Průměry za vegetační sezónu.

ČOV, na které jsou připojené odkanalizované části obcí, či celé obce. Takto jsou čištěny odpadní vody od cca 30 tis. (78 %) trvale bydlících obyvatel. Vstup celkového fosforu z bodových zdrojů je $5,8 \text{ t.rok}^{-1}$, což představuje cca 37 % celkového vstupu fosforu. Na látkovém toku fosforu se nejvýraznější měrou (81 %) podílí vypouštění ze dvou největších městských ČOV, a to Bruntál ($2,6 \text{ t.rok}^{-1}$) a Rýmařov ($2,1 \text{ t.rok}^{-1}$). Dalšími významnými zdroji jsou Břidličná, Stará Ves a vzhledem k mnoha objektům rekreačního charakteru obec Malá Morávka.

Difúzní zdroje znečištění jsou chápány jako vody z rozptýlené a neodkanalizované zástavby, které nejsou čištěny na centrální ČOV. Tyto vody představují zatížení povrchových vod, které není postižitelné měřeními tak, jako v případě velkých ČOV, které jsou v evidenci uživatelů vod. Takto je řešena likvidace odpadních vod od více jak 8 tis. trvale bydlících obyvatel (22 %). Vstup celkového fosforu je $6,3 \text{ t.rok}^{-1}$, což představuje cca 40 % celkového vstupu fosforu do VN. Z toho $5,2 \text{ t.rok}^{-1}$ pochází z neodkanalizované a roztroušené zástavby a $1,1 \text{ t.rok}^{-1}$ připadá na úniky na stokové síti. Mezi nejvýznamnější zdroje difúzního znečištění se řadí neodkanalizované části Rýmařova, Starého Města a Rýžoviště. Největší přísun fosforu úniky na kanalizační síti je možno vyznačovat v Bruntále, Rýmařově a Břidličné. Z lokalit v těsné blízkosti nádrže je nejvýznamnějším znečišťovatelem neodkanalizovaná část obce Razová.

Plošné zdroje znečištění nepředstavují významný zdroj fosforu. Povodí jako celek vykazuje vysokou ekologickou stabilitu, na proudu převažuje ekologický způsob zemědělství. Erozní ohrožení zemědělské půdy při současném způsobu hospodaření je minimální. Prísun celkového fosforu z těchto zdrojů byl odhadnut na cca $2,0 \text{ t.rok}^{-1}$, což je 13 % z celkového vstupu fosforu.

Pozadové koncentrace P_{celk} ve vodách odtékajících z nenarušeného povodí VN Slezská Harta odhadnuty podle výsledků monitoringu na antropogenně minimálně dotčených tocích jsou velmi nízké, cca $0,005\text{--}0,010 \text{ mg.l}^{-1}$. Tzn, že už relativně nízké koncentrace fosforu zjištěné ve vodních tocích v povodí této VN, které by v jiných územích nasvědčovaly poměrně dobrému stavu, zde už jednoznačně indikují vysoký stupeň ovlivnění odpadními vodami. Bilančně přispívá toto znečištění ke znečištění nádrže P cca $1,5 \text{ t.rok}^{-1}$, což je 10 % z celkového vstupu fosforu.

Stav rybího společenstva odpovídá charakteru a stavu nádrže. Vysazování ryb do nádrže je orientováno na kapra v lovné velikosti a dostupné násady dravých druhů ryb. Planktonožravé druhy menších kaprovitých ryb (cejn, plotice a další) nebyly do nádrže vysazovány. Rybářské obhospodařování vodních toků v povodí VN nemá na kvalitu vody v nádrži žádný vliv. Z rybníků v povodí se do nádrže dostávají organické látky a živiny, a to především ve formě plavenin a splavenin při vypouštění rybníků. Jejich podíl na celkovém stavu je nutné vyhodnotit exaktně, ale lze předpokládat, že v celkové bilanci živin se nejedná o problém zásadní důležitosti.

Návrh konkrétních opatření vedoucích ke snížení trofie

V závislosti na analýzách současného stavu nádrže, přítoků i povodí a na identifikaci příčin zvýšené eutrofizace bylo navrženo celkem 8 variant konkrétních opatření. Tato opatření byla posouzena z hlediska technické proveditelnosti, finanční náročnosti realizace a účinku na snížení přísunu fosforu do VN. Jako prioritní byla určena opatření na bodových a difúzních zdrojích.

Doporučená opatření na bodových a difúzních zdrojích

Při vyhodnocení nákladové efektivity opatření, navrhovaných na bodových a difúzních zdrojích, je doporučeno prioritně realizovat veškerá opatření „VARIANTY I – Vybudování či zprovoznění odstraňování fosforu chemickým srážením na stávajících ČOV“ (Stará Ves, Dolní Moravice, Malá Morávka, Razová, Rýmařov, Světlá Hora). Investiční náklady činí u menších ČOV cca 400 tis. Kč, u Rýmařova 1,0 mil. Kč. Provozní náklady jsou v řádu desítek haléřů na 1 m^3 ošetřené odpadní vody – v závislosti na velikosti a typu čistírny, typu a účinnosti srážení, míře balastních vod, atd. Náklady těchto opatření jsou relativně nízké ve vztahu k dosaženému účinku (množství odstraněného fosforu), a to v porovnání s vysokými investičními náklady na opatření ve „VARIANTĚ II – Dobudování kanalizace v obcích se stávající kanalizační sítí a ČOV“ a „VARIANTĚ III – Vybudování nové splaškové kanali-

zační síť a nové ČOV, včetně odstraňování fosforu“. Je třeba realizovat taková technologická řešení srážení fosforu, která zajistí jeho účinné odstraňování na hodnotu alespoň 80 %. Toto je velmi významné zvláště u velkých sídel s největší celkovou produkcí fosforu – Bruntále, Rýmařov a Břidličné.

Z ostatních opatření na stokové síti se klade důraz na průzkum kanalizací za účelem identifikace významných poruch a příčin vysokého podílu balastních vod, které snižují účinnost čistícího procesu na celé řadě ČOV. Rovněž je nutno provést důslednou kontrolu funkce odlehčovacích komor na jednotné síti, které se mohou při nevyhovujícím stavu či nevhodném řešení a nastavení přepadů podílet zcela zásadním způsobem na vnosu znečištění do toku. Po zjištění závad na síti je nutné přistoupit k nápravě stavu či rekonstrukcím, v první fázi alespoň na nejkritičtějších místech sítě.

Zvláštní pozornost je třeba věnovat velkým sídelním celkům (Bruntál, Rýmařov, Břidličná), kde je největší potenciál snížení emisí fosforu (a dalšího znečištění). Zde se doporučuje zavést nezávislý kontrolní monitoring vypouštěných odpadních vod z ČOV a rovněž průzkum širší oblasti za účelem upřesnění látkového toku fosforu v území (identifikace a kvantifikace významných zdrojů). To je zvláště potřebné v oblasti Bruntálu, kde v souvislosti s mimořádným monitoringem Černého potoka v roce 2010 vychází velmi významný (a obtížně odůvodnitelný) bilanční přebytek fosforu mezi profily nad a pod Bruntálem.

Z opatření navrhovaných na bodových a difúzních zdrojích ve VARIANTĚ II se doporučuje k realizaci dobudování kanalizace ve městech Rýmařov (100,1 mil. Kč) a Břidličná (80,3 mil. Kč), kde vychází nejpříznivější poměr vynaložených nákladů a dosažených přínosů. Z opatření ve VARIANTĚ III se doporučuje vybudování nové splaškové sítě a ČOV v obcích Staré Město (105,8 mil. Kč) a Ryžoviště (69,9 mil. Kč). U ostatních opatření VARIANTY II a III vychází vesměs velmi vysoké náklady na vybudování nové kanalizační sítě, popř. ČOV ve vztahu k získanému efektu, tj. snížení vnosu fosforu do toků.

Nad rámec opatření na bodových a difúzních zdrojích doporučujeme k další přípravě následující, spíše doplňková či podpůrná opatření.

Zpracování studie protierozní ochrany na k.ú. Leskovec n. Moravici, Razová a Jelení u B.

Studie stanoví koncepci řešení a návrh protierozních, vodohospodářských a ekologických opatření. Studie bude řešena jako návrh komplexních prostorových a funkčních opatření, pro zlepšení podmínek využití území, pro zvýšení protierozní a retenční schopnosti území.

Zpracování komplexních pozemkových úprav v k.ú. Leskovec n. Moravici, Razová, Jelení u Bruntálu, Stará Rudná, Rýmařov

Pozemkové úpravy jsou významným nástrojem realizace opatření na ochranu půdy, vody a krajiny, které snižují nebo eliminují plošné znečištění. V pozemkových úpravách se v rámci plánu společných zařízení projektují protierozní, vodohospodářská a ekolo-

gická opatření, pro které se přednostně využívají státní a obecní pozemky. Předpokládané náklady na návrh 1 ha KPÚ byly odhadnuty na 4 500 – 6 000,- Kč.

Realizace navržených protierozních, vodohospodářských a ekologických opatření v rámci pozemkových úprav

Po schválení KPÚ doporučujeme přednostně realizaci protierozních, vodohospodářských a ekologických opatření v bezprostřední blízkosti VN v k.ú. Leskovec n. Moravici, Razová, Jelení u Bruntálu. Následně doporučujeme realizaci opatření v katastrálních územích v povodí dále od nádrže. A to opatření navržených v rámci již zpracovaných pozemkových úprav v k.ú. Bruntál, Moravský Kočov, Slezský Kočov a po zpracování námi navržených pozemkových úprav realizovat opatření v k.ú., Rýmařov a Stará Rudná.

Revitalizace Černého potoka pod Bruntálem a dalších drobných toků

Navrhujeme zpracování studie proveditelnosti revitalizace Černého potoka pod Bruntálem, která blíže prověří možnosti revitalizace tohoto úseku toku. Černý potok je tokem s vysokou koncentrací znečištění a účinek realizované revitalizace na snížení znečištění toku nebude zanedbatelný. Náklady na realizaci jednoho kilometru toku obdobných parametrů se pohybují kolem 8 mil. Kč.

Průzkum rybího společenstva v nádrži a následný návrh biomanipulačních opatření

Doporučujeme provést inventarizační průzkum VN a to alespoň z hlediska přirozené reprodukce ryb. Průzkum ryb je třeba spojit s průzkumem základních parametrů prostředí, ovlivňujících vývoj rybího společenstva. Na základě znalostí stavu rybích populací a charakteru VN bude možné provést návrh potenciálních biomanipulačních opatření.

Závěr

Vzhledem k charakteru VN Slezská Harta a jejího povodí je jednoznačně opatřeními první volby minimalizace emisí fosforu ze sídel, ať už se chovají jako bodové či difúzní zdroje. Bodové zdroje fosforu jsou prostorově ohraničené a v porovnání s potenciálními plošnými zdroji jsou investice sem zaměřené mnohem efektivnější. Náležitou pozornost je třeba věnovat také emisím fosforu za srážko-odtokových událostí.

Při eliminaci emisí fosforu ze sídel je nezbytné nejen pečlivě zvážit využití moderních technologií, ale zásadní pozornost musí být věnována také komunikaci a spolupráci s místními subjekty, protože možnosti restriktivních postupů jsou značně omezené. Snaha o potřebnou míru odstraňování fosforu z odpadních vod je komplikována skutečností, že pouhé splnění legislativních požadavků je obvykle naprosto nedostačující k tomu, aby vodní nádrže byly chráněny před eutrofizací. Je proto třeba jednáními zainteresovaných subjektů hledat cesty, jak dosáhnout potřebně nízkých koncentrací na odtoku z ČOV. Vzhledem ke strategickému významu vodárenské soustavy nádrží Kružberk – Slezská Harta pro nadregionální zásobování pit-

nou vodou, je nezbytné v zájmovém území přijmout přísnější standardy pro vypouštění odpadních vod, než je požadováno příslušnými právními předpisy, zejména v parametru celkový fosfor.

Z dalších opatření lze doporučit opatření snižující vnos fosforu do toků z plošných zdrojů (KPÚ, realizace protierozních opatření), zejména na pozemcích v blízkosti vodní nádrže, dále revitalizaci vodních toků a optimalizaci rybí obsádky ve VN. Tato opatření jsou doplňková a podpůrná a nemohou sama o sobě významněji snížit stupeň eutrofizace povrchových vod.

V případě Slezské Harty rozhodně nelze doporučit žádné chemické zákroky na přítocích nebo na vlastní nádrži a není třeba se

zabývat ani sedimenty v nádrži. Žádné z těchto opatření nemá potenciál přinést pozitivní efekt adekvátní vysokým nákladům.

Literatura

- [1] *PÖYRY ENVIRONMENT a.s., Snížení eutrofizace v povodí vodní nádrže Slezská Harta v MSK, Brno, 2011.*
- [2] *SKALIČKA M., ŠTRAJT M., ONDRUŠÁK Č., JUSKO J., Studie jakosti vody v údolní nádrži Slezská Harta, Ostrava, 2009, 50 s.*

ENTWICKLUNG DER TROPHIE IN AUSGEWÄHLTEN TALSPERREN UND SPEICHERN DES FREISTAATES SACHSEN, DIE AUSDRÜCKLICH ZUM BADEN ERLAUBT SIND (EU-BADEGEWÄSSER) UND MASSNAHMEN ZU EINER VERBESSERUNG DER WASSERBESCHAFFENHEIT

Ralf Sudbrack¹

¹Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (LTV), Bahnhofstraße 14, 01796 Pirna,
tel.: 49(0)3501-796-354, e-mail: Ralf.Sudbrack@ltv.sachsen.de

Zusammenfassung

Anhand von drei Beispielen wird die Entwicklung der Wasserbeschaffenheit v.a. der Trophie in ausgewählten Gewässern, die im Aufgabenbereich der Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (LTV) liegen, aufgezeigt. Möglichkeiten und Grenzen von Sanierungsmaßnahmen werden genannt. Ein Schwerpunktthema ist dabei der Stand der Abwasserentsorgung im Freistaat Sachsen. Als weiteres Schwerpunktthema wird das Vorkommen von Cyanobakterien behandelt. Ziel der Maßnahmen in den Einzugsgebieten und im Gewässer ist das Erreichen des guten ökologischen Zustands der Fließgewässer, bzw. das Erreichen des guten ökologischen Potenzials in den Talsperren und Speichern des Freistaates Sachsen. Der Fokus des Vortrages liegt dabei auf den biologischen Qualitätskomponenten.

Bei der Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen müssen Gewässerbetreiber, Nutzer, sowie die Gemeinden und Kommunen im Einzugsgebiet abgestimmte Maßnahmen und Zeitschienen einplanen. Gemeinsame Absichtserklärungen, die Bildung von Projektgruppen sowie die Begleitung der Maßnahmen und deren Kontrolle können wesentlich den Erfolg der einzelnen Maßnahmen beeinflussen.

Keywords: Reservoir, Trophic status, Cyanobacteria, Urban waste water treatment in Saxony

Abstract

This article shows the development of water quality, especially trophy, in reservoirs of the State Reservoir Administration of Saxony based on three examples. Opportunities and limits of restoration measures are mentioned with the focus on the state of sewage disposal. Another main focus is the occurrence of cyanobacteria.

The main target of catchment and reservoir management is to achieve a good ecological status/potential for all surface waters in Saxony. The article focuses on biological quality elements. All measures have to be collectively coordinated by the water resource managers, the users and the municipalities according to the given timetable. A joint memorandum, the establishment of project groups and supervision and control of the measures can influence the success of single measures substantially.

Einleitung – Aufgaben der Landestalsperrenverwaltung (LTV)

Seit der Gründung der Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen 1992 als Staatsbetrieb ist sie für die Unterhaltung sächsischer Stauanlagen verantwortlich. Zwei Jahre später ging auch die Bewirtschaftung der Gewässer I. Ordnung des Freistaates in ihren Verantwortungsbereich über. Dem Staatsbetrieb obliegen seitdem wichtige hoheitliche Aufgaben, die im sächsischen Wassergesetz festgeschrieben sind. Gewässerunterhaltung, Planung und Bau von wasserwirtschaftlichen Anlagen oder Hochwasserschutz zählen genauso dazu, wie die Bereitstellung von Wasser für die Bevölkerung, die Industrie und Landwirtschaft. Die Gewässerbetten der sächsischen Gewässer I. Ordnung werden laufend durch die LTV gepflegt sowie landeseigene Schutzdeiche und wasserbauliche Anlagen instand gehalten.

Die LTV betreut und unterhält unter anderem:

- rund 140 Stauanlagen (einschließlich Vorsperren und Vorbecken) mit circa 600 Millionen Kubikmeter bewirtschaftetem Gesamtstauraum
- circa 3.000 Kilometer Fließgewässer I. Ordnung

- rund 300 Kilometer Grenzgewässer zur Tschechischen Republik und Polen
- etwa 650 Kilometer Hochwasserschutzdeiche
- 4 Rohwasserüberleitungsstrecken für Trinkwasserzwecke
- 1 Brauchwasserüberleitungssystem
- 1 Kunstgraben- und Röschensystem (Revierwasserlaufanstalt Freiberg)

Biologische Bewertung der Talsperren (TS) und Speicher (Sp) der LTV (2009) gemäß Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

In Abstimmung mit dem Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaates Sachsen (LfULG) sind 26 LTV-Standgewässer nach den Vorgaben der Sächs. WRRL-VO zu bewerten. 18 TS und Sp sind als HMBW (Heavily Modified Water Bodys) und 8 Speicher und Tagebaurestgewässer als AWB (Artificial water body) ausgewiesen. Bezogen auf die Trophie wurde bei der Erstbewertung wie folgt vorgegangen:

- Ermittlung des aktuellen Trophiegrades des Gewässers. Dies erfolgt im Falle der Talsperren nach der LAWA-Richtlinie „Trophieklassifikation Talsperren“ von 2001 und im Falle von Speichern wegen ihrer Ähnlichkeit mit Seen nach der LAWA-RL „Trophieklassifikation Seen“ von 1998.
- Bewertung der aktuellen Trophie als Vergleich der Ist-Trophie mit einer gewässerspezifischen Referenztrophie nach der

Methodik zur „Abschätzung der Zielerreichung für Talsperren und Speicher nach der WRRL für die Bewertungskomponente Trophie“

Im Ergebnis der Bewertung nach Biologischen Qualitätskomponenten (Phytoplankton/ Trophie) wurden 2009 10 TS gut eingestuft. Dabei handelt es sich ausnahmslos um Trinkwassertalsperren, deren Einzugsgebiet durch ein Wasserschutzgebiet vor übermäßigen Nährstoffeinträgen und sonstigen Einträgen geschützt ist. Weitere 10 TS und Sp wurden als befriedigend und 5 TS und Sp als ungenügend hinsichtlich der Biologischen Qualität eingestuft.

Das Bewertungsverfahren für die Erstbewertung (Vergleich der IST-Trophie mit einer berechneten theoretischen Referenztrophie, s.o.) wird 2013 durch den Phytoplanktonindex (PSI) ersetzt werden. Das Verfahren befindet sich derzeit in der Validierungsphase.

Schwerpunktthema I: Trophie und Cyanobakterien: Ursachen und Maßnahmen

Cyanobakterien sind Urpflanzen mit einer langen erdgeschichtlichen Vergangenheit. Sie existieren seit etwa 3,5 Milliarden Jahren. Es sind 2000 Formen als „Arten“ von Cyanobakterien benannt, welche in 5-7 Ordnungen eingeteilt sind. Ihre Artenvielfalt ist reichhaltig, vom Einzeller bis zur Bildung von großen Kolonien (Abbildung 1). Sie sind darüber hinaus Überlebenskünstler und können sich unter widrigsten Bedingungen perfekt an die Umwelt anpassen.

Morphologische Vielfalt der Cyanobakterien

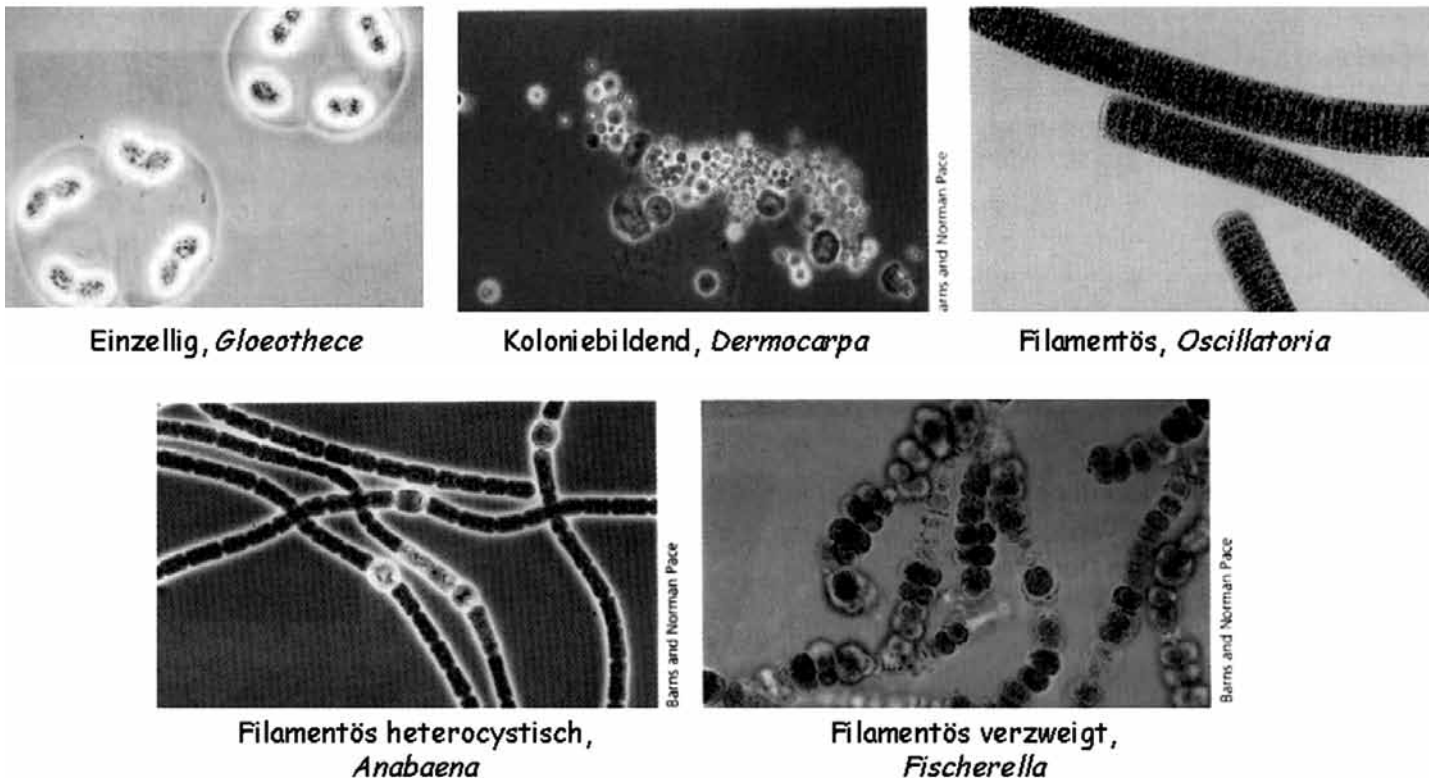


Abbildung 1. – Morphologische Vielfalt der Cyanobakterien (Prof. Dr. Röske, I. (2009), Vortrag an der TU Dresden) – Morphological diversity of cyanobacteria (Prof. Dr. Röske, I. (2009), presentation at the TU Dresden)

Viele Gewässer in Mitteleuropa wurden im 20. Jahrhundert durch Abwässer und landwirtschaftliche Einträge stark überdüngt. In Folge entstanden Algenblüten, insbesondere ein Massenaufreten von Cyanobakterien (photosynthetische Bakterien). Das Problem bei der Überdüngung war nicht nur die absolute Menge von Stickstoff und Phosphor, den beiden wichtigsten Nährstoffen für Algen. Der Mensch hat auch das Verhältnis der beiden Nährstoffe zueinander verändert. Das derzeitige Verhältnis zwischen den Nährstoffen kann ein Massenaufreten gewisser Cyanobakterienarten auslösen, sogar in Seen, die bislang als saniert galten.

Das Auftreten von Cyanobakterien in Gewässern ist indes nicht neu. Die erste der zehn biblischen Plagen kann als Massenaufreten von Algen gedeutet werden, von denen einige Arten z.B. tiefrot sind und verschiedene Toxine enthalten [2. Mose 7, 20–21]. Wissenschaftlich exakt dokumentiert sind Algenblüten der Burgunderblutalge (*Planktothrix rubescens*) schon im Murtensee (1825), im Baldegger See (1884), im Zürichsee (1898) und im Rotsee (1910). Auch in neuerer Zeit wurden regelmäßig giftige Algenblüten beobachtet.

Ursachen für das Auftreten von Algen, hier als Schwerpunkt Cyanobakterien in Gewässern sind vielfältig:

1. (Nährstoff-)Einträge aus dem Einzugsgebiet:

- Flächen- und Bodenmanagement der Landwirtschaft (Erosion, Nährstoffeinträge)
- Kommunale und industrielle Abwasserentsorgung (unzureichende Aufbereitung)
- Naturzustand der Zuflüsse (Selbstreinigungskraft)
- erhöhte Nährstoffeinträge nach Starkregenereignissen
- Management von Fischteichen (regional)
- ...

2. Gewässerintern beeinflussende Prozesse:

- Morphometrie und Schichtungstyp des Gewässers (mittlere Tiefe, dimiktisch oder polymiktisch)
- Bewirtschaftungsbedingte Schwankungen des Stauspiegels
- Einfluss des Sedimentes (Phosphor-Rücklösung)
- Management des Fischbestandes (Raubfisch : Friedfisch)
- ...

3. „Technische Ausstattung“ des Gewässers

- Vorsperre
- Umleitung/Bypass
- Tiefenwasserentnahme
- Sauerstoffbelüftung
- ...

4. Meteorologie:

- Eisaufruch
- Länge der Frühjahresvollzirkulation/ Schichtungsbeginn der Sommerstagnation
- Temperaturverlauf
- Sonneneinstrahlung
- ...

Die Sanierung von Gewässern und deren Einzugsgebiete bedarf daher komplexer Maßnahmen, deren Kosten und Nutzen ins Verhältnis gesetzt werden müssen (Tabelle 1).

Der Erfolg der Maßnahmen auf die Wassergüte lässt sich zunächst in der P-Reduzierung und bei Anwendung verschiedener Modelle einigermaßen quantifizieren. Ob sich nachfolgend ein Erfolg hinsichtlich der Entwicklung der Algen dauerhaft einstellen wird, hängt jedoch nicht nur von der Reduktion der Nährstoffe ab (s.o).

Bei der Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen müssen daher Gewässerbetreiber, Nutzer, sowie die Gemeinden und Kommunen im Einzugsgebiet gemeinsam abgestimmte Maßnahmen und Zeit-

Tabelle 1. – Ausgewählte Maßnahmen im Überblick (fiktive Talsperre, Maßnahmen nicht vollständig, Abwassermaßnahmen s. nächstes Kapitel) – Overview of selected measures (fictional reservoir, list not complete, sewage measures see next chapter)

	Gewässerinterne Maßnahmen				Externe Maßnahmen im EZG		
Effekte/ Konsequenzen	Bau einer Umleitung	Bau einer Vorsperre	Sedimentberäumung	P-Fällung im Gewässer	P-Fällung im Zufluss	Flächen- und Bodenmanagement	Gewässermanagement der Zuflüsse
Bau- und Umsetzungszeit (a)	ca. 1,5	ca. 3	ca. 3,6	mehr-mals	fort-laufend	10	10
Gesamtkosten inkl. Planung	hoch	hoch	hoch	mittel-hoch Invest	mittel-hoch Invest	privat/ Förder-mittel	mittel
Betriebskosten	mittel	mittel	entfällt	hoch	hoch		
Wassergüte							
Hochwasser-sicherheit							
Niedrigwasser-aufhöhung							
Brauchwasser-bereitstellung							
Tourismus/ Naherholung							
Fischerei							
Eingriff in Schutzgebiete							

schießen einplanen (Absichtserklärung, Projektgruppe, Begleitung der Maßnahmen und Kontrolle).

Schwerpunkthema II: Stand der kommunalen Abwasserentsorgung im Freistaat Sachsen

Für den Standort Sachsen ist der Ausbau der abwassertechnischen Infrastruktur eine zentrale Zukunftsaufgabe, die maßgeblich ökologische, ökonomische und soziale Ziele verbindet.

Der Ausbau einer ordnungsgemäßen, den gesetzlichen Vorgaben entsprechenden Abwasserbeseitigung in Sachsen muss daher die nachstehenden vier grundsätzlichen Ziele verfolgen:

1. Sicherstellung des Gewässerschutzes
2. Sicherstellung der geordneten Trinkwasserversorgung
3. Sicherstellung der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Entwicklung

4. Sicherstellung bezahlbarer finanzieller Belastungen für die Betroffenen

Die Umsetzung dieser grundsätzlichen Ziele im Freistaat Sachsen erfordert eine enge Zusammenarbeit der kommunalen Aufgabenträger mit den zuständigen Behörden sowie eine umfassende Information und regelmäßige Kommunikation mit den betroffenen Bürgern vor Ort.

Gegenwärtig sind im Freistaat Sachsen 681 kommunale Kläranlagen (> 50 EW) mit einer Kapazität von 5,7 Mio. Einwohnerwerten (EW) in Betrieb. Die Auslastung der öffentlichen kommunalen Kläranlagen liegt im Landesdurchschnitt bei 83% (s. Abb. 2)

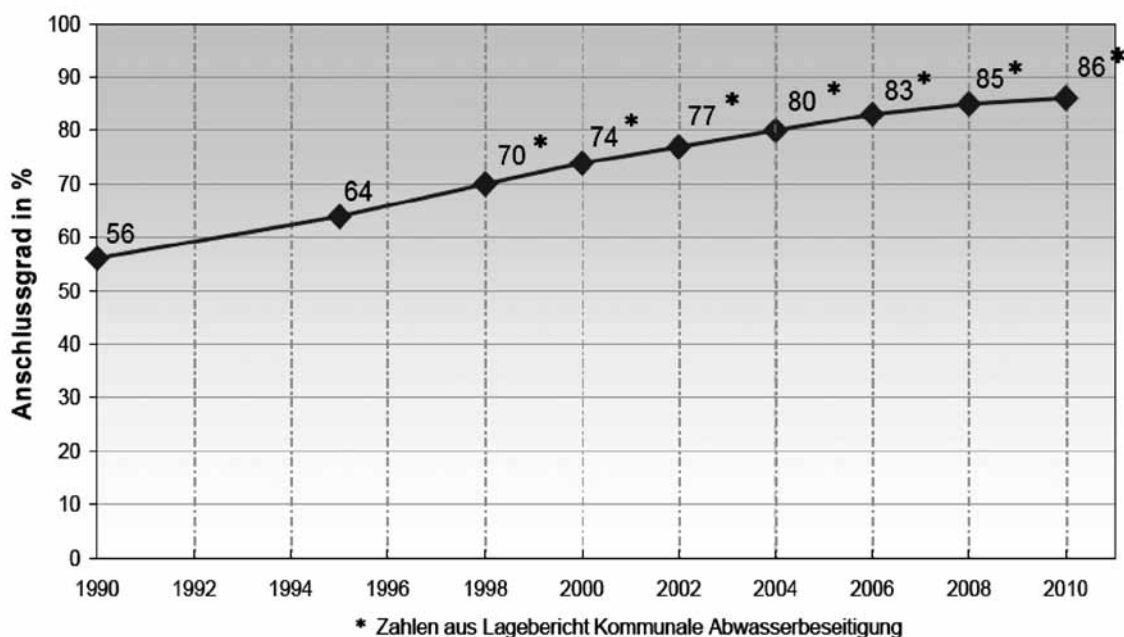


Abbildung 2. – Anschlussgrad an die öffentliche Abwasserentsorgung im Freistaat Sachsen (Zahlen aus dem Lagebericht kommunale Abwasserbeseitigung) - Connection rate to the public sanitation system in Saxony

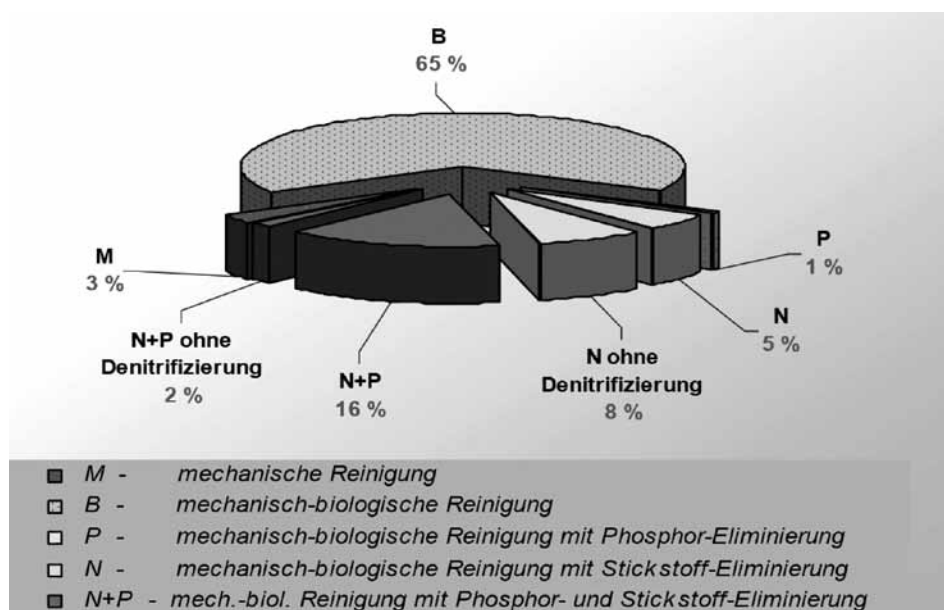


Abbildung 3. – Ausbaugrad der Kläranlagen im Freistaat Sachsen – State of the sanitation systems in Saxony

- 87% aller Kläranlagen (591 KA) wurden nach 1990 neu errichtet, saniert oder erweitert, mit einer Behandlungskapazität von insgesamt ca. 5,5 Mio. EW
- 97% aller Kläranlagen besitzen zumindest eine biologische Reinigung
- 32% aller Kläranlagen besitzen eine weitergehende Abwasserreinigung mit Phosphor und/oder Stickstoffeliminierung

Für ca. 500.000 Einwohner mit derzeit meist desolaten Kleinkläranlagen und abflusslosen Gruben müssen bis Ende 2015 die Abwasserverhältnisse noch saniert werden. Bei der Sanierung aller noch nicht dem Stand der Technik entsprechenden Abwassereinleitungen werden insbesondere Kleinkläranlagen oder örtliche Gruppenkläranlagen als mögliche wirtschaftliche Lösungen von Bedeutung sein (s. Abb. 3)

Durch die optimierte Kombination zentraler und dezentraler Abwasserbehandlungsanlagen bis hin zu Einzellösungen entsprechend dem Stand der Technik wird darüber hinaus erreicht, dass die Infrastrukturfolgekosten für den Bürger und die Fixkosten als Standortfaktor möglichst gering gehalten werden und der Eigenverantwortung und Selbstbestimmung ein größeres Gewicht zukommt.

Haben die kommunalen Abwassurmaßnahmen in den Einzugsgebieten ausgewählter Talsperren und Speicher im Freistaat Sachsen einen messbaren Erfolg hinsichtlich der Nährstoffreduzierung bewirkt?

Den Erfolg einzelner Maßnahmen auf die Wasserbeschaffenheit nachzuweisen ist sehr schwierig, da die Wassergüte in einem Gewässer und das Vorkommen von Algen in diesem Gewässer wie

oben kurz beschrieben von einem komplexen Wirkungsgefüge beeinflusst wird.

Nachfolgend sollen Beispiele gezeigt werden, wie sich die Wasserbeschaffenheit in einigen Einzugsgebieten nachweislich verbessert hat. Es werden aber auch Grenzen aufgezeigt, aus denen ersichtlich wird, dass weitere Verbesserungen nur mit einem zusätzlichen erheblichen Aufwand und finanziellen Mitteln möglich sind und der Erfolg dabei nicht immer abgesichert werden kann.

Die Verbesserung der Trophie ist in den ausgewählten Beispielen seit Mitte der 1990er Jahre nicht nur auf Verbesserungen der Abwassurmaßnahmen im Einzugsgebiet zurückzuführen. Gleichzeitig fanden in den Einzugsgebieten in den letzten Jahren folgende Prozesse statt:

- Extensivierungsmaßnahmen in der Landwirtschaft
- Rückgang des Viehbestandes (GVE/ha)
- Fördermaßnahmen und Umsetzungen im Bereich der umweltgerechten Landwirtschaft (Erosionsmindernde Maßnahmen, Pflanzenbedarfsgerechte Düngung, Zwischenfruchtanbau)
- Demografischer Faktor (Abwanderung der Bevölkerung v.a. aus den ländlichen Gebieten)
- Allgemeiner Gewässer- und Naturschutz (Verbesserung der Selbstreinigungskraft)
- Veränderungen in der Bewirtschaftung der Talsperren und Speicher sowie Verbesserungen der technischen Ausstattungen der Anlagen
- Sanierungsmaßnahmen an Talsperren und Speichern der LTV (Bau/ Sanierung von Vorsperren, Sedimentberäumung in Vorsperren, ...)

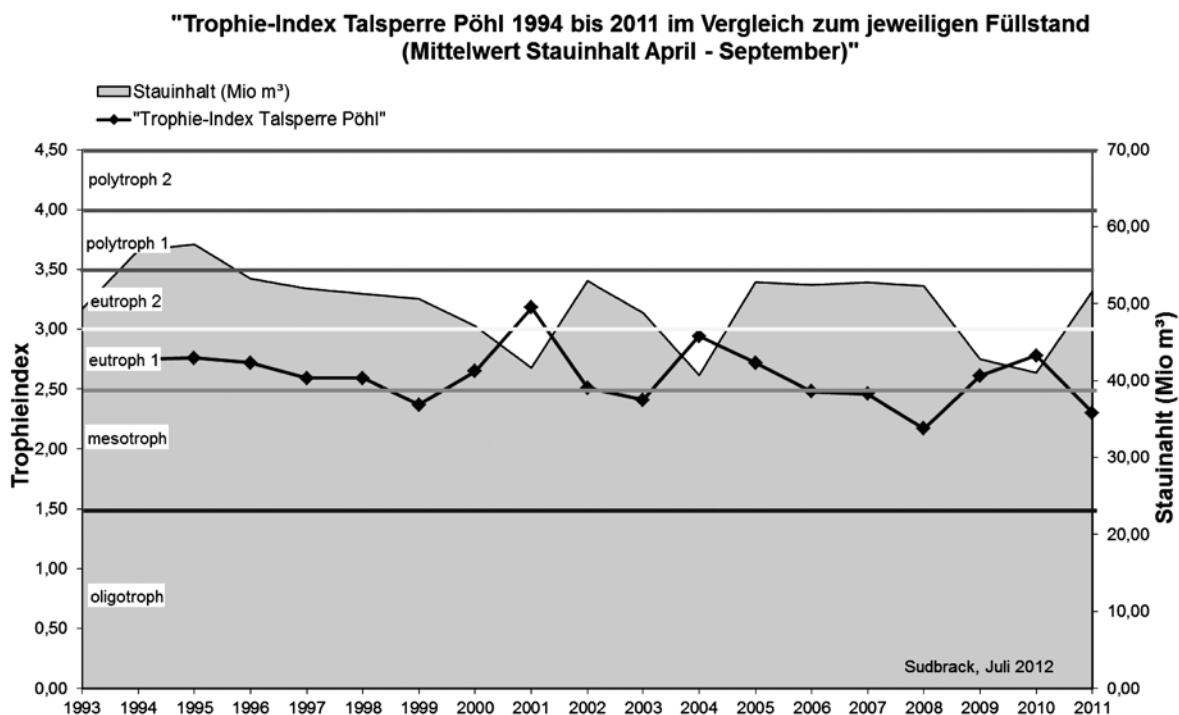


Abbildung 4. – Tiefe, dimiktische Talsperre (Mittlere Aufenthaltszeit bei Stauziel: 1,14 Jahre), Sanierungsziel stabil mesotroph – Deep, dimictic reservoir (mean retention time: 1,14 years)

"Trophie-Index Talsperre Pirk 1994 bis 2011"

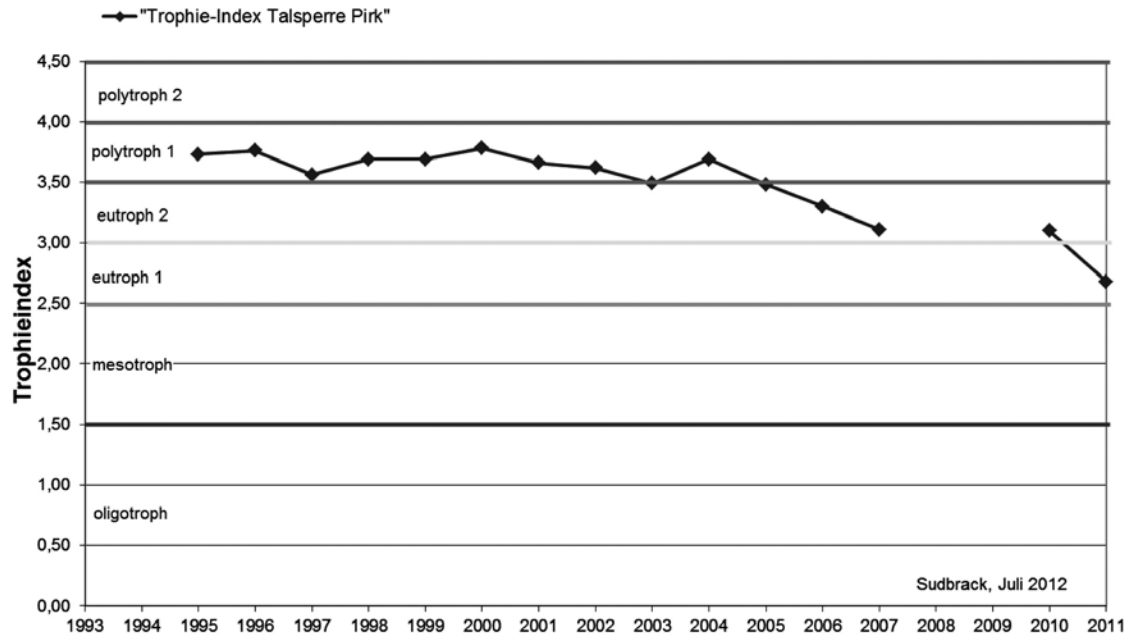


Abbildung 5. – Kleine, oft labil geschichtete Talsperre (Mittlere Aufenthaltszeit bei Stauziel: 0,07 Jahre), Sanierungsziel stabil eutroph 1 – Small reservoir with unstable thermal stratification (mean retention time: 0,07 years) Remediation target: stabil eutrophic 1

"Trophie-Index Talsperre Quitzdorf 1994 bis 2011"

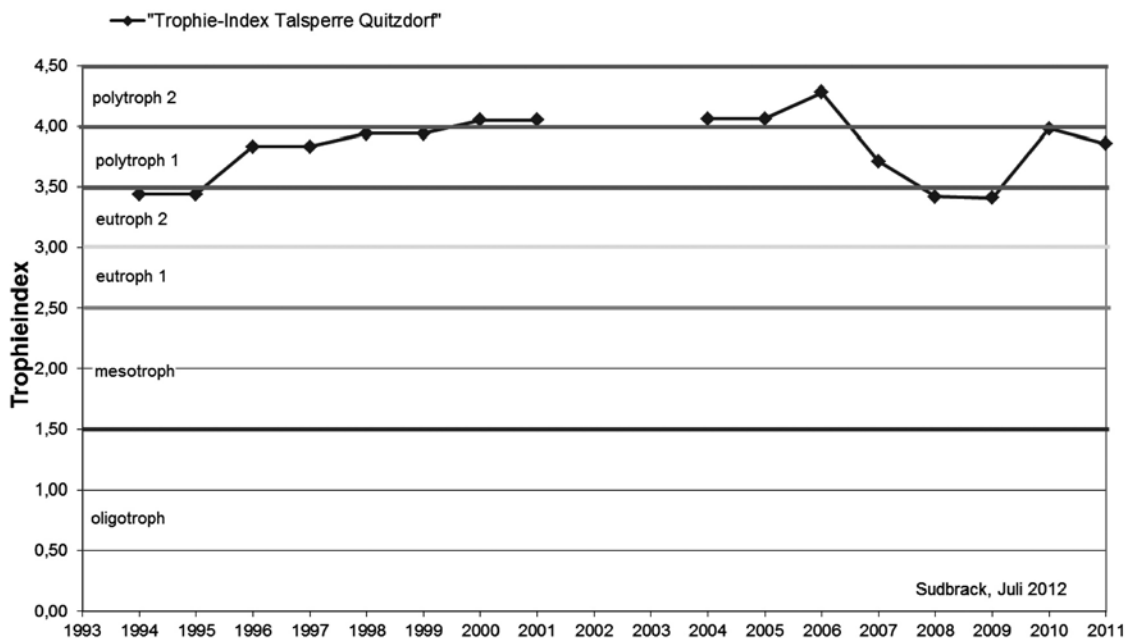


Abbildung 6. – Flache, polymiktische Talsperre (Mittlere Aufenthaltszeit bei Stauziel: 0,62 Jahre), Sanierungsziel stabil eutroph 2 – Shallow, polymictic reservoir (mean retention time: 0,62 years) Remediation target: stabil eutrophic 2

RTUŤ NA PŘÍTOKU DO VD SKALKA – VYHODNOCENÍ A NÁVRHY OPATŘENÍ

Vlastimil Zahradka¹
Jindřich Hönic²

¹Povodí Ohře, státní podnik, Bezručova 4219, Chomutov, tel: 474 636 285, email: zahradka@poh.cz

²Povodí Ohře, státní podnik, Bezručova 4219, Chomutov, tel: 474 636 290, email: honig@poh.cz

Abstrakt

Mezinárodní projekt „Rtuť na přítoku do VD Skalka – vyhodnocení a návrhy opatření“ se zabývá problematikou kontaminace sedimentů nádrže Skalky rtutí v důsledku dvousetletého provozu chemického závodu v Martktredwitzu (1788–1985), jehož dešťová kanalizace byla zaústěna do říčky Kösseine, hlavního přítoku Ryslavy. Sekundárním, stále přetrvávajícím zdrojem kontaminace je říční sediment bohatý na rtuť, který je v podobě splavenin opakovaně mobilizován zvýšenými průtoky a následně transportován do nádrže Skalka, kde se ukládá.

Na české straně se projekt nachází ve fázi studie proveditelnosti. Mezi cíle studie patřil zejména monitoring zátěže rtutí, stanovení množství, rozložení a rizikovitosti dnových sedimentů, vyhodnocení stávajícího vnosu rtuti na přítoku do nádrže, vyhodnocení zatížení rybí populace a návrhy opatření.

Během zpracování studie bylo zjištěno, že historická i současná kontaminace nádrže Skalky je vážným a přetrvávajícím problémem. Zatímco v povrchové vodě za běžného průtoku dochází pouze k minimálnímu transportu do nádrže, tak během zvýšených průtoků dochází k mobilizaci zátěže v povodí nádrže a jeho ukládání v nádrži. Koncentrace rtuti v sedimentech a tkáních ryb jsou nadlimitní.

Vhodným opatřením se jeví sanace nádrže odtěžením sedimentu, avšak pouze za předpokladu zajištění trvalého stavu bez kvantitativně významného vnosu znečištění rtutí z Německa. Vytěžený sediment by pak pravděpodobně mohl být uložen na terén v rámci rekultivace hnědouhelných výsypků na Sokolovsku. Předpokládané náklady odtěžení nádrže se pohybují v rozmezí od 1 do 2 mld. českých korun (od 41 do 82 mil. euro) v závislosti na jednotlivých variantách sanace a objemu odtěžených sedimentů od 0,85 mil. m³ do 1,7 mil. m³.

Mezi závěry studie patří zjištění, že kontaminace nádrže rtutí je problém, který bude přetrvávat minimálně desetiletí. Jako klíčová se jeví opatření nejprve na německé a následně české straně. Podrobné mechanismy mobilizace zátěže, vlivy na ekosystémy, lidskou společnost a veřejné zdraví zatím nejsou podrobně prozkoumány a jejich objasnění se předpokládá v dalších fázích projektu.

Klíčová slova: vodní nádrž Skalka, rtuť, kontaminace, sanace

Abstract

The International project „Mercury in the inflow to the reservoir Skalka - assessment and suggested measures“ deals with the sediment mercury contamination issues of the reservoir Skalka as a consequence of the operation of the chemical factory in Martktredwitz (1788–1985) of which the storm drains were implemented into the stream Kösseine, the main inflow of Rösau. Secondary and still persistent source of contamination is the river sediment rich in mercury, which is in the form of alluvium repeatedly mobilized by the increased flow rate and afterwards transported to the reservoir Skalka, where it accumulates.

As far as the project phase of Czech part is concerned we can refer to the study of feasibility. In the course of the study processing it was found that the historical and current contamination of the Skalka reservoir is serious and long-lasting issue. While on the surface water during the average flow rate there is minimal transport into the reservoir, during the increased flow rate the sediments are mobilized into the catchment area and deposited in the reservoir. The mercury concentration in the sediments and the fish tissue are above the limits.

Appropriate solution seems to be the remediation of the reservoir by the extracting of the sediments but only provided that state would be permanent and of course without significant input of mercury from the German side. The extracted sediment could probably be stored on the terrain within the restoration of the brown-coal spoil tip in the Sokolov Basin.

Conclusions of the study include findings that the mercury contamination of the reservoir is a problem that will last for decades. The crucial measures shall be taken on the German side at first and subsequently on the Czech side. Elaborate mechanisms of the mobilization of the contamination, influence on the eco-system, human society and public health have not been examined in detail yet and their solving is anticipated in the further phases of the project.

Keywords: reservoir Skalka, mercury, contamination, remediation

Úvod

Vodní dílo Skalka bylo vybudováno v roce 1964 na řece Ohři při západním okraji města Chebu. Celkový objem nádrže činí 19,56 mil m³ s plochou hladiny 378 ha. Zhruba 90 % povodí nádrže se nachází na území Spolkové republiky Německo. Mezi hlavní účely nádrže patří spolu s vodním dílem Jesenice na Odravě dlouhodobé zlepšování průtokových poměrů na Ohři v letním období a naopak částečná protipovodňová ochrana v zimním a jarním období. Vodní nádrž dále slouží k výrobě elektrické energie, rekreaci, sportu a rybolovu. Některé tyto aktivity jsou však výrazně omezeny špatnou kvalitou vody, způsobenou vysokým obsahem sinic.

Hlavními přítoky nádrže Skalky jsou řeky Ohře a Reslava. Jedním z přítoků Reslavy je i říčka Kössein, která protéká městem Marktredwitz, kde byl v letech 1788 až 1985 provozován chemický závod, kde se vyráběly anorganické a organické sloučeniny rtuti. Během téměř dvoustletého provozu chemického závodu docházelo k průběžné kontaminaci podloží pod areálem továrny a únikům sloučenin rtuti do dešťové kanalizace zaústěné do říčky Kössein a dále Reslavy a Ohře.

Studie proveditelnosti

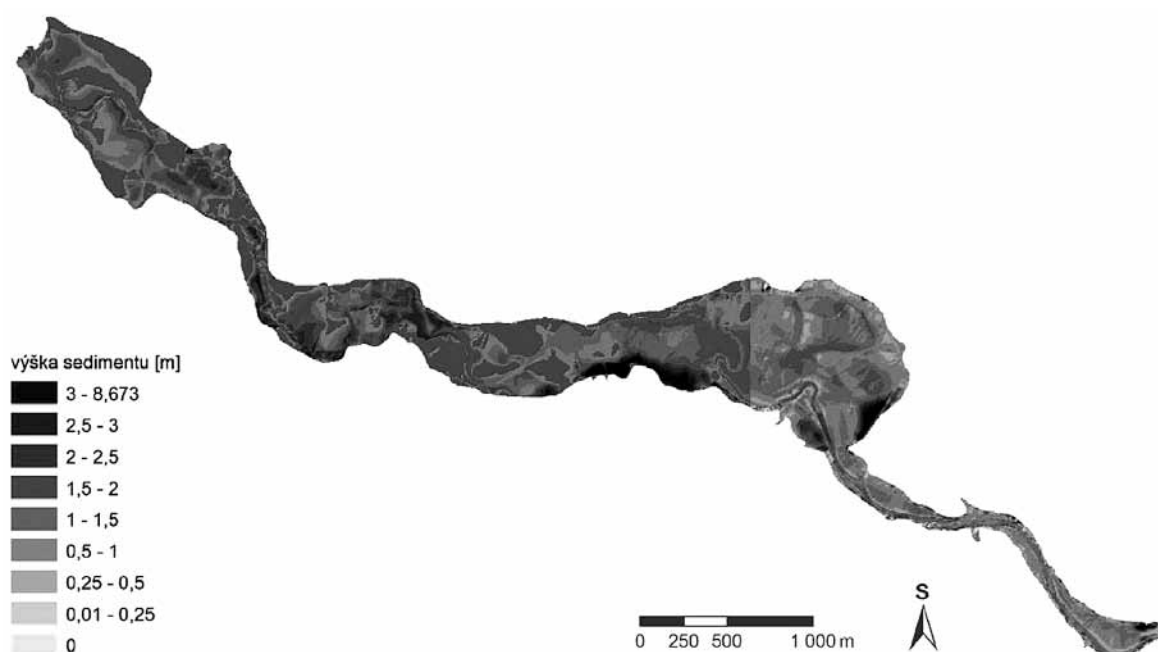
Mezi hlavní cíle studie proveditelnosti patřil monitoring zatížení, množství a rozložení sedimentů v nádrži, vyhodnocení vnosu rtuti na přítoku do nádrže, vyhodnocení zatížení rybí populace, vytvoření databáze získaných dat, jejich vyhodnocení a návrhy opatření.

Jedním ze vstupních podkladů studie byl i dlouhodobý monitoring prováděný Povodím Ohře, státní podnik od 70. let minulého století. Z monitoringu vyplývá, že na začátku sledování dosahovaly koncentrace rtuti na přítoku do nádrže hodnot v řádu jednotek mg/l s klesajícím trendem během let. Podobný vývoj koncentračního zatížení byl zaznamenán i u sedimentů a plave-

nin. Bohužel v posledních letech od roku 2005 dochází ke změně trendu, kdy koncentrace rtuti zejména v sedimentech a plaveních roste.

Během zpracování studie bylo odebráno celkem 50 vzorků sedimentů z celého prostoru nádrže. Zjištěné hodnoty rtuti dosahovaly hodnot od 0,1 do 14,5 mg/kg sušiny s průměrnou hodnotou 2,49. Součástí prací bylo i vyhodnocení vyluhovatelnosti sedimentu dle odpadové legislativy. Bylo zjištěno, že sediment splňuje kritéria II. třídy vyluhovatelnosti. Dále pak bylo odloveno 17 rybích jedinců a provedeny analýzy jejich tkání (svalovina, játra, ledviny). Pouze u dvou jedinců byla zjištěna podlimitní koncentrace rtuti ve svalovině, která činí 0,5 mg/kg u nedravých ryb a 1 mg/kg u dravých ryb. Dá se předpokládat, že jedna ryba splňující hygienické limity (kapr obecný) byla s vysokou pravděpodobností nepůvodní. Druhá ryba (štika obecná) byla na hranici pohlavní dospělosti (3 roky, 1135 g). U ostatních jedinců byly hodnoty obsahu rtuti ve tkáních velmi vysoké a často několikanásobně překračovaly hygienický limit. V rámci studie byl dále proveden monitoring povrchové vody. Celkem bylo odebráno 31 vzorků, přičemž 30 vzorků bylo z hlediska koncentrace rtuti pod mezí stanovitelnosti. Jeden vzorek obsahoval 0,384 µg/l rtuti.

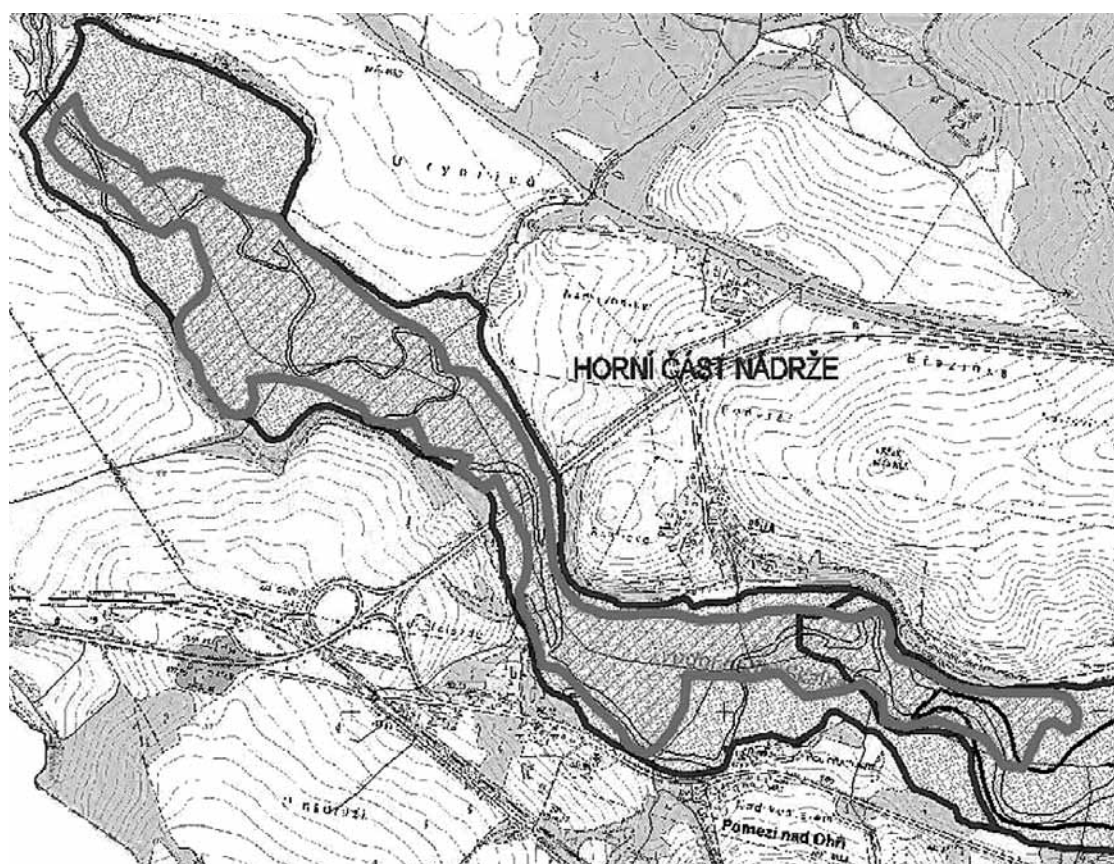
Dalším pracovním celkem studie bylo stanovení mocnosti sedimentů v nádrži. Prvním krokem bylo geodetické zaměření stávajícího povrchu dna nádrže během snížené zimní hladiny a zaměření zatopeného dna z lodi pomocí ultrazvukového snímače. Výsledky zaměření byly následně porovnány s digitalizovaným mapovým podkladem z doby před vznikem nádrže (1951). Dále bylo v nezatopené části nádrže provedeno 664 doplňujících odpichů ocelovou tyčí k zjištění mocnosti sedimentů. Zjištěné mocnosti byly porovnány s mapovými podklady z roku 1951 a výškopisem stávajícího dna. Na základě získaných dat byl vytvořen 3D model dna nádrže k roku 1951 a 2011. Jedním z vytvořených mapových podkladů je mapa rozložení sedimentů ve vodní nádrži Skalka (Obr. 1).



Obr. 1. – Rozložení sedimentů ve vodní nádrži Skalka

Porovnáním výsledků rozborů a modelu rozložení sedimentů v nádrži byl následně vymezen rizikový sediment, u kterého je koncentrace rtuti vyšší než 0,8 mg/kg sušiny. V horní části nádr-

že leží cca 844 tis. m³ sedimentů, přičemž rizikový sediment tvoří 54 %. Vymezení rizikového sedimentu v horní části nádrže Skalka ilustruje Obr. 2.



Obr. 2. – Vymezení rizikového sedimentu v horní části nádrže Skalka (vnitřní polygon).

Závěry studie a navržená opatření

Studie prokázala, že historický i současný vnos sloučenin rtuti do nádrže je vážným a přetrvávajícím problémem. Zejména během zvýšených průtoků dochází k mobilizaci znečištění a jeho transportu v podobě plavenin a splavenin.

Studie navrhuje jako hlavní řešení problematiky kontaminace nádrže Skalky rtuť odtěžením rizikového dnového sedimentu suchou cestou. Předpokládá se i použití doplňkových sanačních metod jako je air stripping a fytořemediace. Studie předpokládá, že odtěžený materiál nebo jeho převážná část s velkou pravděpodobností nebude odpadem ve smyslu zákona o odpadech a bude možné ho ukládat na povrch terénu a do hnědouhelných jam na Sokolovsku. Náklady na sanaci jsou odhadnuty ve čtyřech variantách v rozmezí 1–2,5 mld. Kč. První varianta počítá s odtěžením pouze horní části nádrže s dvěma podvariantami, které předpokládají buďto odvoz veškerého sedimentu do lokality Sokolova nebo odvoz 50 % do lokality Sokolova a 50 % pro uložení na terén v okolí nádrže. Druhá varianta předpokládá odtěžení celé nádrže a to opět ve dvou podvariantách dle vzdálenosti uložení sedimentu. Přehled navrhovaných variant včetně uvedení objemu těženého sedimentu a odhadnutých nákladů uvádí Tab. 1.

Původem současného znečištění přinášeného vodními toky do nádrže Skalka se zabývala německá část studie, včetně návrhu opatření. S ohledem na stávající aktivitu na německé straně (např. revitalizace a rozvolňování říčních břehů) nelze očekávat výrazné

Tab. 1. – Přehled navrhovaných variant sanace vodní nádrže Skalka

Varianta	Objem sedimentu tis. m ³	Náklady mil. Kč
Odtěžení horní nádrže (100% odvoz)	844	1282
Odtěžení horní nádrže (50% odvoz)	844	918
Odtěžení celé nádrže (100% odvoz)	1680	2566
Odtěžení celé nádrže (50% odvoz)	1680	1777

snížení dotace vodní nádrže sloučeninami rtuti. Rozsah a délku trvání dotace z německé strany v současné době nelze odhadnout a bude se odvíjet od směru vodní politiky Svobodného státu Bavorsko. Je tedy zřejmé, že spolupráce české a německé strany je zcela nezbytná. Nelze totiž uvažovat o sanaci nádrže Skalky bez jistění trvalého stavu bez přítoku rtuti z Bavorska.

Podrobné mechanismy mobilizace zátěže, vlivy na ekosystémy, lidskou společnost a veřejné zdraví zatím nejsou prozkoumány a jejich objasnění se předpokládá v případném pokračování projektu.

Literatura

Titl, F. (2011) *Rtuť na přítoku do VD Skalka – vyhodnocení a návrhy opatření*. Praha.

PROJEKT „ČISTÉ POVODÍ SVRATKY“

Andrea Dáňová¹

¹Krajský úřad Jihomoravského kraje, Žerotínovo nám. 3/5, 601 82 Brno, tel.: 541 652 695,
email: danova.andrea@kr-jihomoravsky.cz

Abstrakt

Projekt „Čisté povodí Svatky“ je víceletým projektem, který slouží k vyřešení dlouhotrvající špatné kvality vody v přehradních nádržích Brno a Víř vlivem přemnožených sinic – cyanobakterií.

Klíčová slova: povodí Svatky; sinice; eutrofizace; nápravná opatření; kanalizace

Abstract

„Clean Svatka river basin“ is an long-term project for resolution of long-lasting poor water quality in Brno and Víř dam lakes. The poor quality is caused by a high occurrence of blue-green algae (cyanobacteria).

Key words: Svatka river basin; cyanobacteria; eutrophication; corrections; sewage system

Projekt „Čisté povodí Svatky“

Projekt „Čisté povodí Svatky“ byl zahájen již v roce 2003 ve spolupráci Jihomoravského kraje, města Brna a Povodí Moravy s.p. Koordinační práce projektu Čisté povodí Svatky zajišťuje Jihomoravský kraj a spolupracuje mimo výše uvedené partnery také s krajem Vysočina a Pardubickým krajem. Podle potřeb a aktuální problematiky, která je řešena se dále spolupracuje se subjekty jako např. Moravský rybářský svaz, Botanický ústav AV ČR, Krajská hygienická stanice, vodoprávní a pozemkové úřady, Česká inspekce životního prostředí, vodárenské společnosti atd. V rámci projektu Čisté povodí Svatky byl zpracován projekt „Realizace opatření na Brněnské údolní nádrži“, jehož nositelem je Povodí Moravy s.p. a je financován z Operačního programu životní prostředí s finančním podílem Jihomoravského kraje a města Brna.

Cílem projektu „Čisté povodí Svatky“ je snížení živinového odnosu z povodí a živinové zátěže toků a nádrží, omezení znečištění z bodových a plošných zdrojů znečištění, obnovení přirozené rovnováhy ve struktuře planktonu, obnovení stability značně poškozeného ekosystému vodní nádrže Brno, s obnovením ekonomické aktivity v regionu a využití víceúčelové funkce nádrže.

Prostředky, kterými je vhodné dosáhnout cílů projektu „Čisté povodí Svatky“ jsou zejména účinné odstranění znečištění bodovými zdroji znečištění prostřednictvím kanalizací a čistíren odpadních vod, revitalizace krajiny, omezení plošných zdrojů znečištění realizací protipovodňových a protierozních opatření s cílem zadr-

žení vody v krajině. Důležitá je osvěta ve vztahu k veřejnosti (byly pořádány besedy, konference, účast na veletrzích apod.) a legislativní změny, např. ustanovení § 39 odst. 10 vodního zákona, kdy z důvodu ochrany vod se nesmí uvádět na trh a prodávat spotřebitelům prací prostředky pro praní textilu s koncentrací fosforu vyšší než 0,5 % hmotnostních. Omezení uvádět na trh se nevztahuje na prací prostředky používané pro praní v průmyslu a institucích, které je prováděné školenými zaměstnanci a na prací prostředky určené pro vývoz nebo pro distribuci do jiných členských států Evropských společenství.

Jihomoravský kraj v rámci projektu „Čisté povodí Svatky“ nejen koordinuje projekt, ale pravidelně organizuje jednání řídicího výboru a zajišťuje spolupráci se všemi partnery projektu. Mezi prioritní činnosti řadí zajištění spolupráce s vodoprávními úřady v zájmovém území, která je zaměřená na řešení vypouštění nečistých odpadních vod do vod povrchových s důrazem na důsledné napojování obyvatel a dalších subjektů na kanalizaci zakončenou čistírnou odpadních vod. Dlouhodobě je prováděna metodická pomoc obcím při řešení problémů v rámci oblasti odkanalizování a čištění odpadních vod, získávání dotací na realizaci kanalizací a ČOV a staveb protipovodňové a protierozní ochrany. Obcím a vodoprávním úřadům byla poskytnuta metodika k připojování obyvatel na kanalizaci zakončenou čistírnou odpadních vod apod. Důležitou činností je zajištění pravidelné informovanosti veřejnosti o vývoji a jednotlivých krocích, které v rámci projektu Čisté povodí Svatky probíhají. Zásadní činností je pak finanční podpora staveb kanalizací a čistíren odpadních vod, staveb protipovodňových a protierozních opatření a finanční podpora v předchozích letech zaměřená na zpracování projektových dokumentací v oblasti vodního hospodářství.

Závěr

Celý projekt „Čisté povodí Svatky“ je náročný zejména pro rozmanitost jednotlivých opatření, které mohou ovlivnit množství živin v povrchových vodách. K realizaci opatření je nezbytná součinnost s obcemi, které se v daném území nacházejí a které jsou nejvhodnějšími nositeli projektů vodohospodářské infrastruktury. Současně jsou opatření finančně náročná, takže nelze očekávat jejich kompletní realizaci, nicméně od roku 2003 došlo k vybudování celé řady čistíren odpadních vod a kanalizací a protipovodňových a protierozních opatření v povodí nad Brněnskou údolní nádrží. Obce k těmto účelům využili možnosti požádat o dotaci zejména z Operačního programu životní prostředí a Jihomoravského kraje,

ze kterého byl dotován také projekt „Realizace opatření na Brněnské údolní nádrži“, jehož nositelem je Povodí Moravy, s.p.

Poděkování

Jihomoravský kraj v rámci projektu „Čisté povodí Svratky“ děkuje za spolupráci všem partnerům, kteří se pravidelně účastní jednání a aktivně přistupují k řešení problémových situací se snahou docílit zlepšení kvality povrchových vod s vědomím dlouhodobé a slo-

žité činnosti náročné nejen na projednávání, ale také na finanční prostředky. Děkuje také všem organizacím, které se v průběhu trvání projektu „Čisté povodí Svratky“ zapojily do procesu a vnesli do něj cenné poznatky. Děkuje lidem, kteří o projekt projevili zájem a děkuje za projevené pozitivní i negativní názory. Poděkování patří také organizátorům konference Vodní nádrže 2012, kteří vyčlenili prostor s exkurzí na Brněnské přehradě k prezentaci tohoto dlouhodobého projektu.

REALIZACE OPATŘENÍ NA BRNĚNSKÉ ÚDOLNÍ NÁDRŽI

Jan Moronga¹, Roman Sládek², Jiří Palčík³

¹Povodí Moravy, s.p., Dřevařská 11, 601 75 Brno, 541 637 601, e-mail: moronga@pmo.cz,

²ASIO, spol. s r.o., Tuřanka 1260/1 627 00 Brno, 548 428 111, e-mail: sladek@asio.cz,

³ASIO, spol. s r.o., Tuřanka 1260/1 627 00 Brno, 548 428 11, e-mail: palcik@asio.cz.

Abstrakt

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 Svratky – 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. Tétoho 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 speciální 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.

Klíčová slova: sinice; opatření; aerace; fosfor

Abstrakt

The project of „The Realization of measures in Brno dam“ started during the year of 2010. The preparation of this project goes back to 2006 when the project of „Clean Svratka river – realization of the measure the I-st Phase“ was elaborated; followed by „The Study of Feasibility of the measures in Brno dam“ in 2007. In 2008 the application for financing support from the „Operační program životního prostředí“ (Operation programme of environment) was submitted. The master project was done in 2009. At the same time, the air application of lime hydrate (2/2008, 4/2008, 4/2009) was performed. In 2009, the water level was decreased with 10 m low and the water surface was aerated with two mobile ship aerators. The Project of Realization of measures in Brno dam has been started during the standard water level of the dam by sterling aeration towers and by precipitation of phosphates in inlet of the dam.

Key words: cyanobacterium; measure; aeration; phosphorus

Úvod

Neustále se zvyšující koncentrace fosforu v povrchových vodách řeky Svratky způsobila nadměrný růst sinic a tím proměnila koupací vodu brněnské přehrady v zápachající jezero. Na brněnské přehradě dosáhla trofizace takové míry, že voda blízko u hladiny se podobala „vrstvě špenátu“. Koupací sezóna 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, které měli přispět k obnovení přehradu 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 snížení 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 výživační tlak planktonofágních ryb na zooplankton, který redukuje rozvoj fytoplanktonu. Do nádrže bylo navíc v roce 2010 a 2011 dodáno 4 400 ks štik a 12 500 ks candáta. Pro udržení vhodné rybí obsádky byl zabezpečen opakovaný odlov bílých ryb i v roce 2009–3 500 ks, 2011–9 000 ks a v roce 2012–3 050 ks. V současné době se provádí průzkum pro získání představy 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 41% roztok síranu železitého) na vtoku do nádrže mělo za úkol vysrážet fosfor přítékající 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 strojoven – kontejnerů rozmístěných na břehu hlavního jezera přehrady. Ve strojovnách 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. Řídící 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 zároven i v příčném profilu od přítoku až pod hráz VD Brno. Do tohoto monitoringu jsou také zahrnuty všechny přítoky do nádrže. Jsou sledovány fyzikálněchemické 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.

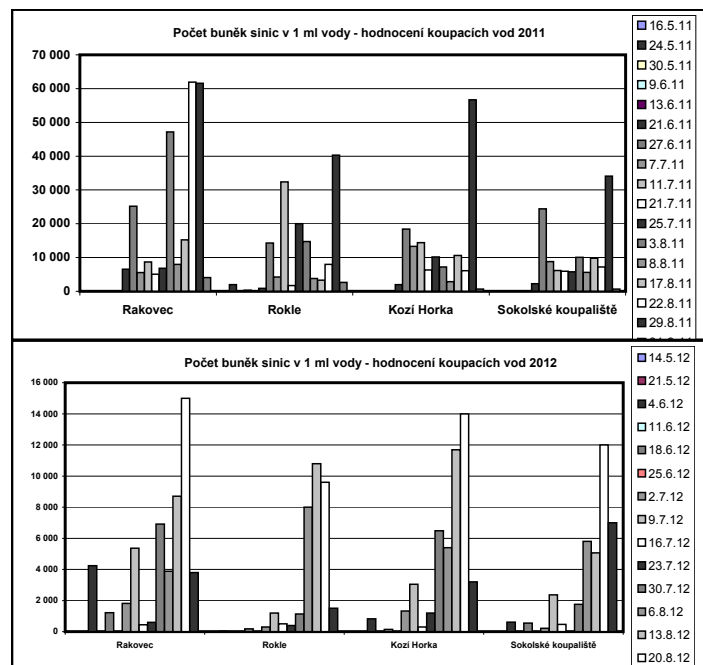
Výsledky tříletého provozu

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, které pravidelně provádí Krajská hygienická stanice ve čtyřech lokalitách nádrže. Před spuštěním projektu byl každý rok během letní sezóny 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 zhodnotitelný také laicky pouhým okem.

Tabulka 1. – Hodnocení koupacích vod dle 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.	06.8.	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.	09.8.	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

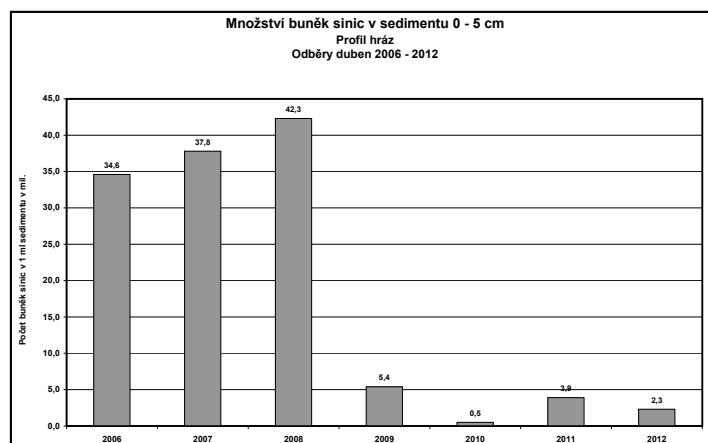


Jako další ukazatel výrazného zlepšení stavu nádrže je množství buněk sinic v sedimentu oproti sezónám před realizací projektu. Množství inokula sinic v sedimentech se snížilo zhruba o 90 %, viz obr. 1, což je jedno z kritérií projektu, kde podmínkou je snížení o min. 50 % buněk sinic.

Druhým kritériem projektu je zvýšení koncentrace kyslíku 1,0 m nade dnem na 2 mg/l a to formou aerace. Data z měření po-

ukazují 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.

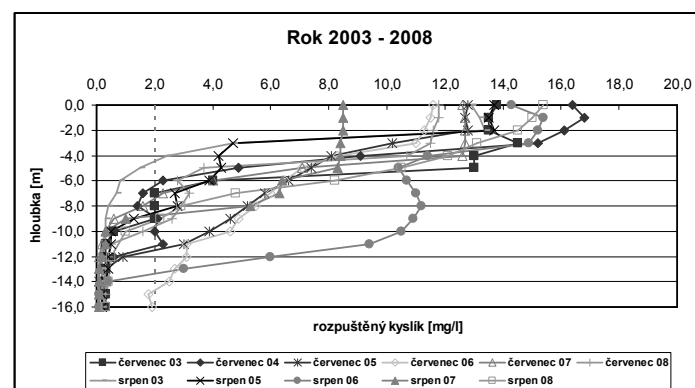
Obrázek 2. – Množství buněk sinic v sedimentu

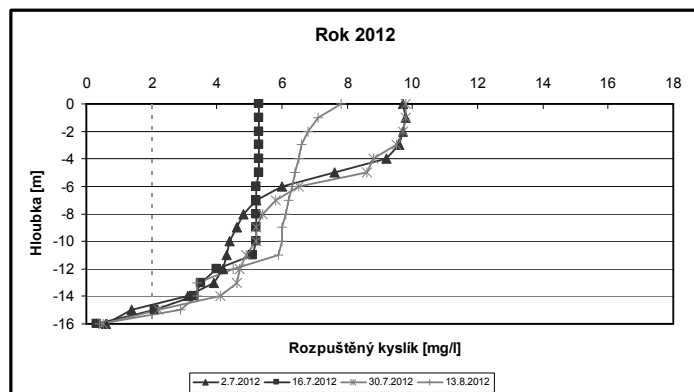
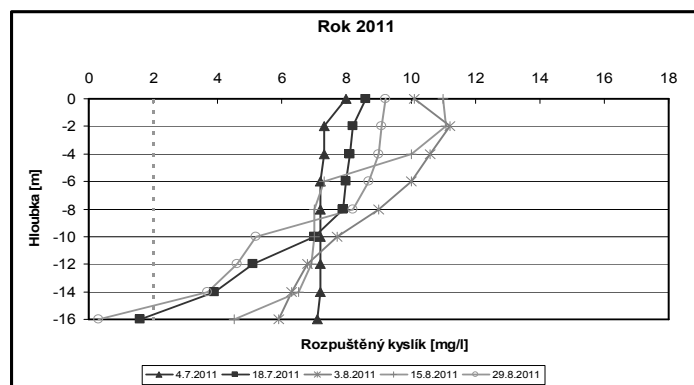
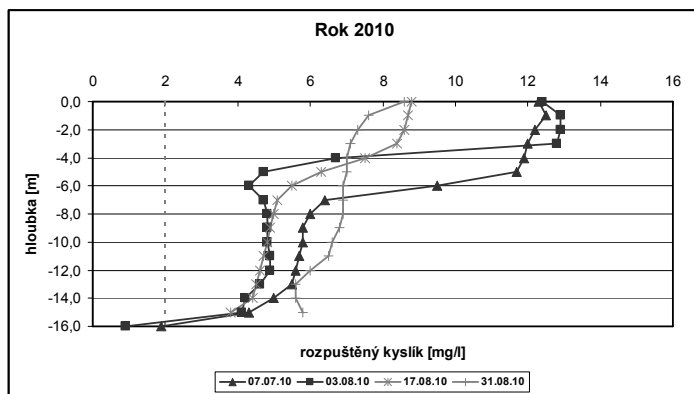


Tabulka 2. – Průměrné hodnoty koncentrace kyslíku 1 m nade dnem měřené v červenci a srpnu příslušného roku

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 ve-

likosti 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%-tní účinnost odbourání fosforečnanů. Toto řešení samozřejmě ani v nejmenším nezbavuje 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.

POSTEROVÁ SEKCE

KVALITA SEDIMENTOV VYBRANÝCH VODNÝCH NÁDRŽÍ NA SLOVENSKU

Pavel Hucko¹

¹Výskumný ústav vodného hospodárstva, Nábr. arm. gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava, SR
telefón: +421 905965515, e-mail: hucko@vuvh.sk

Abstrakt

Cieľom príspevku je zhodnotenie kvality sedimentov akumulovaných vo vybraných vodných nádržiach na Slovensku – Orava, Liptovská Mara, Krpeľany, Hričov, Nosice, Sĺňava, Kráľová, Veľké Kozmálovce, Klenovec, Málinec, Palcmanská Maša, Starina, Bukovec a Zemplínska šírava.

Hodnotenie kvality sedimentov je vykonané podľa zákona č. 188/2003 Z. z. o aplikácii čistiarenskeho kalu a dnových sedimentov do pôdy a o doplnení zákona č. 223/2001 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov a podľa Metodického pokynu MŽP SR č. 549/1998-2 na hodnotenie rizík zo znečistených sedimentov tokov a vodných nádrží.

Kľúčové slová: vodné nádrže; sedimenty; kvalita sedimentov, hodnotenie kvality.

Abstract

Aim of this paper is to evaluate the quality of sediments accumulated in selected water reservoirs in Slovakia – Orava, Liptovská Mara, Krpeľany, Hričov, Nosice, Sĺňava, Kráľová, Veľké Kozmálovce, Klenovec, Málinec, Palcmanská Maša, Starina, Bukovec a Zemplínska šírava.

Sediment quality assessment is performed in accordance with Act No 188/2003 Z. z. on application of sewage sludge and bottom sediments in the soil and amending Act No 223/2001 Z. z. on waste and amending certain laws, as amended, and under the methodological guidelines Ministry of the Environment No 549/1998-2 for risk assessment of contaminated sediments, streams and reservoirs.

Key words: water reservoirs; sediments; sediment quality; quality evaluation.

Úvod

Dnové sedimenty predstavujú významnú súčasť riečneho ekosystému, ktorá má schopnosť akumulovať polutanty z vody ako sú toxické (ťažké) kovy, rádionuklidy a organické látky. V sedimen-

toch sa vo významnej miere akumulujú látky, ktoré v konečnom dôsledku môžu významnou mierou ovplyvniť kvalitu vody, s ktorou sú v kontakte, a to ako v samotnom vodnom útvere, tak aj vo vodách infiltrujúcich cez sedimentačnú vrstvu. Z uvedeného dôvodu sa na toto médium treba pozerať ako na zdroj možného znečistenia obidvoch druhov vôd. Napr. obsah rizikových kovov v povrchových vodách značne závisí na interakciách voda – sediment. Pri vyšších hodnotách pH sa preferuje ich väzba na sediment, nízke hodnoty pH spôsobujú naopak ich uvoľňovanie. Na migráciu niektorých toxických kovov majú vplyv i oxidačno-redukčné podmienky prostredia. Táto závislosť je i príčinou ich vertikálnej stratifikácie v hlbokých uloženiach na dne historických nádrží.

V príspevku sú prezentované výsledky prác spojených s analýzami a hodnotením kvality sedimentov vykonaných v minulosti vo VÚVH Bratislava [1–2].

MATERIÁL A METÓDY

Odbery vzoriek sedimentov

Odbery vzoriek sedimentov sa vykonali pomocou jadrovnicového odberového zariadenia firmy UWITEC. Odbery vzoriek sedimentov boli vykonané v súlade s STN EN 5667-12: 2001 Kvalita vody. Odber vzoriek. Časť 12: Pokyny na odber dnových sedimentov. Vzorky sa odoberali v troch v priečných profiloch v eróznej, prechodovej a sedimentárnej časti jednotlivých nádrží podľa charakteru nádrže. Odoberali sa minimálne 4 bodové vzorky z jedného odberového miesta. Z takto odobratých vzoriek sa urobili zmiešané vzorky pri použití celého odobratého stĺpca – jadra (hodnotenie kvality sedimentu v celej jeho odobratej hĺbke), ktoré sa následne analyzovali podľa požiadaviek jednotlivých hodnotení.

Sledované ukazovatele

Vo vzorkách sedimentov sa stanovili nasledovné ukazovatele: sušina, organický podiel, pH, celkový dusík, celkový fosfor, draslík, horčík, kovy (As, Ba, Be, Cd, Co, Cr_{celk}, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Sb, Tl, V, Zn), PCB (kongenéry č. 8, 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180, 203), PAU (acenaftén, antracén, benzo(a)antracén, benzo(a)

pyrén, benzo(b)fluorantén, benzo(k)fluorantén, benzo(ghi)perylén, dibenzoantracén, fenantrén, fluorantén, fluorén, chrysén, indeno(1,2,3)pyrén, naftalén, pyrén), pesticídy (beta endosulfan, DDT, dieldrin endrin, chlorfeninfos, chlorpyrifos, heptachlór, chlorbenzén, isodrin, HCB, o,p-DDE, o,p-DDT, p,p-DDD, p,p-DDE, trifluralin), prchavé halogénové organické látky a chlór-fenoly (pentachlórbenzén, 1,2,3-trichlórbenzén, 1,2,4-trichlórbenzén, 1,3,5-trichlórbenzén, 2,3-dichlór-fenol, 2,4-dichlór-fenol, 2,5-dichlór-fenol, 2,6-dichlór-fenol, 3,4-dichlór-fenol, 2,4,5-trichlór-fenol, 2,4,6-trichlór-fenol, pentachlór-fenol), TBT, AOX, EOX, NEL-IČ. Rozsah ukazovateľov sa mohol líšiť v rámci jednotlivých zadání prác.

Hodnotenie kvality sedimentov

Hodnotenie kvalitatívnych vlastností sedimentov sa uskutočnilo podľa zákona č. 188/2003 Z. z. o aplikácii čistiarenskeho kalu a dnových sedimentov do pôdy a o doplnení zákona č. 223/2001 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov [3]. Hodnotenie vychádzalo z požiadaviek, ktoré upravujú podmienky, za akých je možné umiestniť vyťažný sediment na pôdu. Zákonom č. 188/2003 Z. z. sa podľa § 1, odsek 1a, upravujú podmienky aplikácie čistiarenskeho kalu a dnových sedimentov do poľnohospodárskej pôdy a do lesnej pôdy tak, aby sa vylúčil ich škodlivý vplyv na vlastnosti pôdy, rastliny, vodu a na zdravie ľudí a zvierat. Medzné hodnoty koncentrácie rizikových látok v dnových sedimentoch sú stanovené v prílohe č. 3 k zákonu a sú uvedené v tabuľke 2.

Ďalej sa hodnotenie kvalitatívnych vlastností sedimentov uskutočnilo podľa Metodického pokynu MŽP SR č. 549/1998-2 na hodnotenie rizík zo znečistených sedimentov tokov a vodných nádrží, ďalej MP MŽP [4]. MP MŽP stanovuje všeobecné princípy pre hodnotenie rizík spôsobovaných nepriaznivými faktormi pre človeka a životné prostredie vyplývajúce v tomto prípade zo sedimentov akumulovaných v tokoch a nádržiach. Výsledkom procesu hodnotenia a riadenia rizík je optimalizácia rizika s cieľom dosiahnuť minimálne spoločensky prijateľnú mieru zdravotného a ekologického rizika. Hodnotenie kvality sedimentov sa vykonalo na základe štandardizovaných hodnôt (hodnoty pre sedimenty sú štandardizované na 10 % obsah organickej hmoty a 25 % podiel lutitovej (prachovito/ílovitej) frakcie so zrnitosťou zložením <0,063 mm) porovnaním s kritériami kvality sedimentov uvedenými v prílohe č. 1 k Metodickému pokynu. Limitné hodnoty uvedené v prílohe č. 1 k MP MŽP reprezentujú miery environmentálnych rizík.

V rámci hodnotenia boli sledované vodné nádrže (VN) – Orava, Liptovská Mara, Krpeľany, Hričov, Nosice, Sĺňava, Kráľová, Veľké Kozmálovce, Klenovec, Málinec, Palcmanská Maša, Starina, Bukovec a Zemplínska šírava. Ich charakteristiky sú uvedené v tabuľke 1.

Výsledky a diskusia

V príspevku je uvedené hodnotenie kvality sedimentov z vybraných vodných nádrží na Slovensku podľa zákona č. 188/2003 Z. z. a Metodického pokynu mžp sr č. 549/1998-2.

Tabuľka 1. – Charakteristiky hodnotených vodných nádrží [5]

Vodná nádrž	Celkový objem /mil. m ³ /	Tok	Max. prev. hl. /m n. m./	Plocha povodia /km ² /
Orava	345,9	Orava	603,0	1181,7
Liptovská Mara	361,9	Váh	565,3	1483,0
Krpeľany	8,33	Váh	425,75	4303,1
Hričov	8,467	Váh	326,5	7152,6
Nosice	35,9	Váh	280,0	7895,0
Sĺňava	12,5	Váh	158,1	10093,0
Kráľová	65,5	Váh	124,0	10641,40
Veľké Kozmálovce	3,23	Hron	175,0	4015,7
Klenovec	8,43	Klenovská Rimava	377,25	88,80
Málinec	26,62	Ipeľ	346,5	84,00
Palcmanská Maša	11,05	Hnilec	786,1	84,5
Starina	59,8	Cirocha	340,0	125,81
Bukovec	23,4	Ida	416,75	55,40
Zemplínska šírava	334,0	Laborec	113,94	1567,30

Hodnotenie kvalitatívnych vlastností sedimentov podľa zákona č. 188/2003 Z. z.

V tabuľke 2 sú uvedené maximálne hodnoty stanovené v sedimentoch vybraných vodných nádrží porovnané s medznými hodnotami z prílohy č. 3, zák. č. 188/2003 Z. z. Z výsledkov analýz vzoriek sedimentov vyplýva, že u hodnotených kovov boli zistené prekročené medzné hodnoty koncentrácie v prípade arzenu u vodných nádrží Veľké Kozmálovce, Palcmanská Maša a Bukovec. Ostatné analyzované kovy vyhovovali podmienkam zákona č. 188/2003 Z. z., aj keď niektoré z nich dosahovali v analyzovaných sedimentoch vyššie hodnoty v porovnaní s ostatnými (napr. kadmium, ortuť a olovo vo VN Bukovec, chróm vo VN Liptovská Mara a meď a zinok vo VN Veľké Kozmálovce).

V skupine ukazovateľov reprezentujúcich organické látky (PAU – polycyklické aromatické uhľovodíky, PCB – polychlórované bifenily a AOX – adsorbovateľné organicky viazané halogény) bolo zistené v sedimentoch prekročenie medzných hodnôt koncentrácie u PAU v sedimente z vodných nádrží Nosice a Veľké Kozmálovce a PCB v sedimente z VN Zemplínska šírava. Vzorky z ostatných nádrží spĺňali podmienky medzných koncentrácií.

Obsah organických látok v sušine vo vzorkách dnových sedimentov, okrem jednej vzorky, bol nižší než je požadovaných 18 %. Zo získaných výsledkov sa ukazuje, že práve obsah organických látok v sedimentoch bude vo všeobecnosti, okrem nevyhovujúcich kvalitatívnych ukazovateľov, najväčším problémom pri ich využití aplikáciou na pôdu, pretože ich hodnoty bývajú pomerne nízke. Pri aplikácii sedimentov na pôdu by bolo potrebné dodať potrebné množstvo organických látok.

Tabuľka 2. – Maximálne hodnoty kovov pre hodnotenie podľa zák. č. 188/2003 Z. z.

Vodná nádrž	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Jednotka	mg/kg							
Orava	3,24	1,06	29,34	30,68	0,101	44,29	27,18	107,2
Liptovská Mara	6,10	2,11	340,81	29,98	0,154	42,18	39,54	114,8
Krpeľany	7,17	1,39	28,60	38,30	0,178	35,80	54,30	134,0
Hričov	6,90	2,05	30,93	42,33	0,675	46,12	41,99	122,0
Nosice	6,17	0,97	31,31	48,70	0,209	50,85	35,44	126,1
Síňava	5,93	1,11	41,70	43,74	0,202	46,98	37,07	110,2
Kráľová	4,82	1,19	29,96	38,93	0,167	46,29	39,85	125,3
Veľké Kozmálovce	41,6	3,65	27,00	110,0	0,770	22,60	68,50	720,0
Klenovec	9,51	0,42	29,00	24,60	0,127	34,20	45,40	118,0
Málinec	6,75	1,06	27,60	22,2	0,103	20,60	29,50	131,0
Palcemanská Maša	86,50	2,11	32,79	68,33	0,817	61,17	80,75	257,8
Starina	8,50	0,94	35,40	47,40	0,492	65,71	32,69	118,3
Bukovec	814,0	5,41	9,75	68,36	3,820	29,80	430,20	301,4
Zemplínska šírava	5,02	1,10	27,80	30,50	0,100	43,90	29,90	103,0
Medzné hodn. koncentrácie	20	10	1 000	1 000	10	300	750	2 500

Vodná nádrž	PAU	PCB	AOX	Organický podiel
Jednotka	mg/kg			%
Orava	1,319	0,0067	15,3	3,41
Liptovská Mara	0,661	0,0196	25,8	6,20
Krpeľany	1,870	0,0203	39,4	2,53
Hričov	2,937	0,0419	13,7	30,47
Nosice	6,404	0,0036	48,1	4,12
Síňava	3,132	<0,0025	34,0	3,70
Kráľová	2,090	<0,0025	20,8	5,15
Veľké Kozmálovce	8,120	0,0467	50,1	2,79
Klenovec	0,470	0,1838	62,4	9,56
Málinec	0,180	0,0135	69,4	3,07
Palcemanská Maša	3,050	0,0259	36,9	8,09
Starina	0,126	<0,0025	<50	1,53
Bukovec	0,436	0,0240	42,0	3,87
Zemplínska šírava	0,270	0,940	3,46	2,10
Medzné hodn. koncentrácie	6	0,8	500	>18

Hodnotenie kvality sedimentov podľa Metodického pokynu MŽP SR č. 549/1998-2

V tabuľke 3 sú uvedené maximálne štandardizované hodnoty stanovené v sedimentoch vybraných vodných nádrží pre ukazovatele kovy. Zistené štandardizované hodnoty sú porovnané s limitnými

hodnotami podľa prílohy č. 1 k MP MŽP, osobitne k maximálnej prípustnej koncentrácii – MPC. Z priestorových dôvodov neuvádzam v príspevku v tabelárnej forme výsledky ostatných sledovaných ukazovateľov – organických látok. V porovnaní s hodnotením podľa zákona č. 188/2003 Z. z. nie sú hodnotené všetky nádrže, ktoré sú uvedené v tabuľke 1 vzhľadom k tomu, že neboli v nich vykonané analýzy potrebné pre štandardizáciu hodnôt.

Z tabuľky 3 vyplýva, že v sedimentoch hodnotených nádrží nevyhovuje hodnotám MPC viacero kovov. Vo VN Orava boli prekročené MPC u Be, Co, Ni, V a Zn; vo VN Liptovská Mara to boli u Be, Cr, Co, Ni, V a Zn; vo VN Krpeľany sa jednalo o Ba, Be, Co, Cu, Ni V a Zn; vo VN Hričov išlo o Cu, Ni a Zn; vo VN Nosice išlo o Be, Co, Ni, V a Zn; vo VN Veľké Kozmálovce sa jednalo o všetky sledované kovy s výnimkou Mo a Tl; vo VN Málinec boli prekročené hodnoty u Ba, Be, Co, Ni, V a Zn; vo VN Palcemanská Maša sa jednalo o As, Be, Co, Cu, Ni, V a Zn; vo VN Zemplínska šírava boli prekročené MPC u Ba, Be, Co, Ni, V a Zn. Najvýraznejšie prekračovanie MPC u kovov bolo zistené vo VN Veľké Kozmálovce.

Tabuľka 3. – Maximálne štandardizované hodnoty kovov pre hodnotenie podľa MP MŽP

Vodná nádrž	Sb	As	Ba	Be	Cd	Cr	Co	Cu
Jednotka	mg/kg							
Orava	<0,06	6,10	-	2,62	2,04	56,46	57,25	70,73
Liptovská Mara	0,23	12,94	-	3,10	4,06	655,4	53,35	69,15
Krpeľany	7,17	6,12	736,0	2,56	2,68	55,11	52,83	83,86
Hričov	<0,04	12,92	-	-	3,95	82,92	-	97,64
Nosice	<0,10	11,61	-	1,51	1,87	60,23	57,69	70,75
Veľké Kozmálovce	276,9	831,4	5641,1	15,87	92,26	538,2	329,4	2286,1
Málinec	1,17	12,80	1283,1	1,91	2,05	53,66	67,07	51,78
Palcemanská Maša	0,16	162,8	-	2,76	4,07	63,61	125,1	157,5
Zemplínska šírava	0,67	9,47	613,1	2,25	2,12	53,61	54,57	70,54
MPC	15	55	300	1,2	12	380	19	73

Vodná nádrž	Hg	Pb	Mo	Ni	Se	Tl	V	Zn
Jednotka	mg/kg							
Orava	0,149	45,30	0,29	141,0	-	-	63,60	283,2
Liptovská Mara	0,230	65,82	0,47	134,3	-	-	65,24	302,9
Krpeľany	0,264	68,70	1,26	114,4	1,57	0,24	107,1	354,7
Hričov	1,005	69,97	-	148,1	-	-	-	325,2
Nosice	0,514	59,03	0,346	161,8	-	-	56,62	332,8
Veľké Kozmálovce	19,63	1543,6	31,57	486,0	35,97	24,84	1115,0	17371
Málinec	0,121	40,89	0,78	67,28	1,11	0,52	165,9	351,6
Palcemanská Maša	1,213	134,9	0,619	195,6	-	-	62,15	685,9
Zemplínska šírava	0,150	49,89	0,69	126,2	1,30	0,17	107,3	273,1
MPC	10	530	200	44	2,9	620	2,6	56

Hodnotenie výskytu PCB v sedimentoch sa podľa MP MŽP vykonáva pre jednotlivé kongenéry (č. 28, 52, 101, 118, 138, 153 a 180) a ich sumu. Hodnoty kongenérů PCB prekročili MPC vo VN Krpeľany u kongenérů č. 52, 138, 153 a 180. Vo VN Veľké Kozmálovce prekročovali hodnoty PCB MPC u kongenérů č. 28, 52, 138, 153 a 180. V jednej vzorke suma kongenérů prekročila testovaciu hodnotu. Vo VN Málinec zistené hodnoty PCB prekročili MPC pri kongenéroch č. 28, 138, 153 a 180. Sediment z VN Zemplínska širava bol najviac znečistený PCB, všetky vzorky prekročovali hodnoty MPC pre hodnotené kongenéry dokonca o niekoľko poriadkov a prekročili aj testovaciu hodnotu 0,03 mg/kg. Suma PCB prekročila aj intervenčnú hodnotu. Vo VN Liptovská Mara bola prekročená MPC v 1 vzorke pre kongenér PCB č. 153. Vo VN Orava hodnoty kongenérů PCB č. 153 a 138 prekročili MPC v na 2 lokalitách. Vo vzorkách sedimentov VN Palcanská Maša boli prekročené MPC u kongenérů PCB č. 138 a 153 v 3 miestach odberu. V prípade VN Hričov kongenéry PCB č. 28, 138, 153 a 180 prekročili MPC v 2 vzorkách. U VN Nosice sa zistilo prekročenie MPC pre kongenér PCB č. 28.

Hodnoty PAU, NEL, EOX v sedimentoch vykazovali rôznu úroveň. Vo VN Krpeľany hodnoty PAU prekročili MPC len v ukazovateľoch antracén a benzo(a)antracén. Vo VN Veľké Kozmálovce prekročili MPC hodnoty PAU u ukazovateľov antracén, benzo(a)antracén, fenantrén, fluorantén a naftalén. Vo VN Málinec boli zistené hodnoty PAU prekračujúce MPC u antracénu, benzo(a)antracénu a naftalénu. Vo VN Orava bola prekročená MPC u fenantrénu v 2 vzorkách, vo VN Palcanská Maša u fenantrénu tiež v dvoch vzorkách. V sedimentoch VN Hričov boli hodnoty PAU prekračujúce MPC zistené u fenantrénu (2 vzorky) a fluoranténu (1 vzorka) a vo VN Nosice u všetkých vzoriek pre fenantrén a fluorantén.

Hodnoty NEL-IČ prekročili MPC sedimentoch VN Veľké Kozmálovce vo všetkých vzorkách, v jednej vzorke vo VN Málinec.

EOX prekročili TVd – testovaciu hodnotu (MPC nie je stanovená) v 2 vzorkách sedimentov z VN Krpeľany, v jednej vzorke vo VN Veľké Kozmálovce, v 3 vzorkách vo VN Málinec a v 2 vzorkách z VN Zemplínska širava. Vo VN Liptovská Mara bola prekročená TVd v jednej vzorke a vo VN Hričov tiež v jednej vzorke.

V sedimentoch boli ďalej stanovené chlórované fenoly, organochlórované pesticídy, organocinické zlúčeniny a prchavé halogénové organické látky. Z organochlórovaných pesticídov boli zistené hodnoty prekračujúce MPC v prípade DDT v 3 vzorkách sedimentov z VN Krpeľany, v 2 vzorkách z VN Veľké Kozmálovce a v 1 vzorke z VN Zemplínska širava.

Záver

V príspevku je uvedené hodnotenie kvality sedimentov akumulovaných vo vybraných vodných nádržiach na Slovensku – Orava, Liptovská Mara, Krpeľany, Hričov, Nosice, Sĺňava, Kráľová, Veľké Kozmálovce, Klenovec, Málinec, Palcanská Maša, Starina, Bukovec a Zemplínska širava.

V zmysle hodnotiacich kritérií (zákon č. 188/2003 Z. z. a MP MŽP SR č. 549/1998-2) možno konštatovať rôznu mieru kontaminácie sedimentov akumulovaných v uvedených vodných nádržiach.

Literatúra

- [1] HUCKO, P. – KOVALČÍK, B. *Riešenie problematiky sedimentov vodných nádrží a možností ich využitia. Záverečná správa VÚVH Bratislava, 2007.*
- [2] HUCKO, P. *Hodnotenie environmentálnych vplyvov sedimentov vodných nádrží a možnosti ich riešenia. Záverečná správa VÚVH Bratislava, 2007.*
- [3] Zákon č. 188/2003 Z. z. o aplikácii čistiarenskeho kalu a dnových sedimentov do pôdy a o doplnení zákona č. 223/2001 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov. Zbierka zákonov, čiastka 91, 2003.
- [4] Metodický pokyn MŽP SR č. 549/1998-2 na hodnotenie rizík zo znečistených sedimentov tokov a vodných nádrží. Vestník MŽP SR, ročník VI, čiastka 5, 1998.
- [5] BEDNÁROVÁ, E. a kol. *Priehradné staviteľstvo na Slovensku. Editor E. Bednárová. Vydanie prvé, Bratislava. Vydavateľstvo KUSKUS, spol. s r.o., 2010. 206 s. ISBN: 978-80-970428-0-6.*

SPOLEČNÁ OPATŘENÍ V OBLASTI OCHRANY VOD NA HRANIČNÍ ŘECE DYJI

Marek Viskot¹

¹Povodí Moravy, s.p., Dřevařská 11, 601 75 Brno, 541 637 252, viskot@pmo.cz

Abstrakt

Tento projekt řeší velmi rozsáhlé území zahrnující povodí Dyje nad nádrží Vranov, vlastní nádrž a dále úsek Dyje mezi vodními díly Vranov a Znojmo. Jedná se o další projekt v rámci přeshraniční spolupráce s Rakouskem. Projekt je hrazen z programu „Evropská územní spolupráce (EÚS) Rakousko – Česká republika 2007-2013“, prioritní osa 2: Regionální dostupnost a udržitelný rozvoj, oblast podpory 2.2 – Životní prostředí a prevence rizik. Jeho cílem je především zastavit trend zhoršování a dlouhodobě zlepšit jakost vody v nádrži Vranov.

Klíčová slova: Dyje, kvalita vody, měření

Abstract

This project solves very large area including Thaya river basin upon Vranov reservoir, reservoir itself and next part of river Thaya between Vranov and Znojmo reservoirs. It is another project within the frame of cross-border cooperation with Austria. The Project is funded by the program “European Territorial Cooperation Austria-Czech Republic 2007-2013”, priority axe 2: Regional Accessibility and Sustainable Development, field of support 2.2. – Environment and risk prevention. Its aim is mainly to stop deterioration tendency of water quality and to improve in the long term water quality in Vranov reservoir.

Key words: Thaya, water quality, measuring

Úvod

Příprava projektu započala v lednu 2012, jehož podoba byla dohodnuta s přeshraničním partnerem na mnoha jednáních. Schválení projektu proběhlo v červnu 2012. Vedoucím partnerem projektu je Povodí Moravy, s.p. a hlavním přeshraničním partnerem je Oddělení vodního hospodářství úřadu Zemské vlády Dolních Rakous. Projekt má také strategické partnery: Jihomoravský kraj, Správa národního parku Podyjí, a Nationalpark Thayatal. Celkový rozpočet projektu je 1 764 500 EUR s realizací v termínu říjen 2012 – říjen 2014. Vlastní projekt je rozdělen na studijní a realizační část. Studijní část zahrnuje celkem tři studie, realizační část pak pilotní ověření,

jako ověření prokysličenosti vodního sloupce a ověření účinnosti sběru biomasy, obojí mobilním zařízením na vranovské vodní nádrži, pilotní ověření biologického potenciálu bočních ramen Dyje. Dále pak realizační část zahrnuje technická opatření ke snížení dopadu havarijního znečištění nádrže Vranov a doplnění měřicích stanic v povodí řeky Dyje.

Studijní část projektu

Studijní část zahrnuje tři studie:

- 1) Studie zlepšení jakosti vod ve vodním díle Vranov.
- 2) Studie zprůchodnění Dyje v úseku Vranov – Znojmo.
- 3) Studie problematiky mrtvého dřeva v národních parcích Podyjí a Thayatal.

Studie zlepšení jakosti vod ve vodním díle Vranov:

Tato studie bude nejrozsáhlejší a bude mít přímé vazby na uvažovaná opatření přímo na Vranovské nádrži. Studie bude zpracována ze dvou pohledů, a to jako negativní vlivy z povodí nádrže, a jako nežádoucí procesy ve vlastní nádrži. Následně se vyhodnotí dopady těchto vlivů, jejich okamžitou a dlouhodobou závažnost a určí efektivnost navrhovaných řešení i s ohledem na ekonomickou náročnost.

V první fázi budou shromážděny dostupné podklady a data včetně podkladů z Česko – rakouské komise pro hraniční vody, bude navržen a proveden doplňující monitoring jakosti povrchových vod v povodí včetně hydrometrických měření, odpadních vod, drenážních vod i účelový sezonní monitoring na nádrži, bude proveden průzkum v terénu. Následně dojde k vyhodnocení bodových, plošných a difúzních zdrojů znečištění. Pozornost bude také např. věnována vyhodnocení zdrojů znečištění v bezprostřední blízkosti nádrže, především se to týká objektů hromadné soustředěné rekreace na březích v okolí hradu Bítov a na levém břehu v blízkosti hráze včetně lodní dopravy. Samostatnou částí bude došetření a monitoring jakostních parametrů přímo v údolní nádrži Vranov. Součástí monitoringu biologických poměrů na nádrži musí být i zjištění složení a stavu rybí obsádky



Obr. 1. – VD Vranov na Dyji při převádění povodně na jaře 2006



Obr. 2. – pevný jez na řece Dyji

Z toho vyplývá nutnost zjistit velké množství ukazatelů a následně sestavit modelové řešení dějů, vedoucí k rozvoji sinicových vodních květů. Bude třeba provést i analýzy jakosti dnových sedimentů, míru jejich mineralizace, zjistit kyslíkové poměry, obsah a formy fosforu atd.

Dále se bude provádět podrobné mapování kyslíkových poměrů ve vertikálách v účelově stanovených profilech se zaměřením na zájmovou oblast vodárenského odběru ve střední části nádrže, jehož cílem je určení problémových míst vhodných pro efektivní nasazení prokysličovacích technologií. Uskuteční se podrobná lokalizace maximálního rozvoje biomasy (sinic) s určením dynamiky

pohybu po nádrži k nastavení parametrů k pilotním opatřením.. Následně budou posouzeny možnosti ovlivňování rozvoje fytoplanktonu řízením rybí obsádky. Studie ve svých výstupech přinese nový systém sledování kvality vody v nádrži a na přítocích do ní, návrh na účinnou eliminaci dopadů potenciálního havarijního znečištění i analýzu rizikovosti starých ekologických zátěží.

Především se však od studie očekává vyhodnocení dopadů pilotních opatření a stanovení účinných konkrétních opatření vedoucích k trvalému zlepšování kvality vody ve vodní nádrži Vranov, stanovení priorit a nákladů potřebných k zabezpečení těchto cílů.

Studie zprůchodnění Dyje v úseku Vranov - Znojmo:

Druhá studie v národních parcích obou zemí bude realizována ve spolupráci se skupinou Voda Úřadu dolnorakouské zemské vlády. V posuzovaném úseku mezi hrázemi vodního díla Vranov a vodního díla Znojmo se nachází desítky překážek pro migraci ryb a vodních živočichů, především historických jezů. Studie se podrobněji zaměří na posouzení migrační prostupnosti překážek, přičemž zohlední nejen biologické aspekty, ale i aspekty technické, památkové ochrany a právní. Bude se také víceméně teoretické zabývat úvahou na těžko překonatelné překážky – přehradní hráze Znojmo.

Zvážit je třeba i stav rybí obsádky a stávající druhové a generační složení rybího společenstva ověřit doplňujícím monitoringem, a tento rozšířit též na další vodní živočichy a ptactvo, kterým je rybí obsádka negativně ovlivňována (kormorán, volavka). Na základě všech těchto zjištění bude navrženo vlastní technické řešení pro

každý objekt zvlášť a bude propracováno na úroveň projektové dokumentace. Součástí studie bude vyhodnocení nákladů a účinnosti navržených opatření.

Studie problematiky mrtvého dřeva v národních parcích Podyjí a Thayatal:

Studie řeší především otázku ochrany vodního díla Znojmo před negativními účinky hromadění mrtvého dřeva u hráze během povodňových stavů. Poskytnutí ucelenějšího pohledu na problematiku mrtvého dřeva v parcích přinese rozšíření a doplnění monitoringu, navazujícího na předchozí šetření tak, aby vznikla žádoucí souvislá šestiletá pozorovací řada. Od studie se očekává, že kromě posouzení ochrany hráze vodního díla Znojmo doprovázeného případným technickým řešením návrhu optimalizačního opatření přinese též rešerši věnovanou problematice mobility dřeva v řekách se zřetelem k jeho splavování do přehrad.



Obr. 3. – VD Znojmo na Dyji při převádění povodně na jaře 2006

Realizační část projektu

Realizační část zahrnuje technická opatření ke snížení dopadu havarijního znečištění nádrže Vranov a doplnění měřících stanic v povodí řeky Dyje.

Pilotní ověření okysličování vodního sloupce a sběr biomasy

Opatření se bude provádět mobilním zařízením umístěným na speciálním plavidle. Účelem provzdušňování bude pilotní ověření použití možné technologie vedoucí ke zlepšení kvality vody v této části nádrže - zlepšení kyslíkového režimu nádrže. Jedná se o minimalizaci anoxických vrstev vody v nejnižších horizontech vodní-

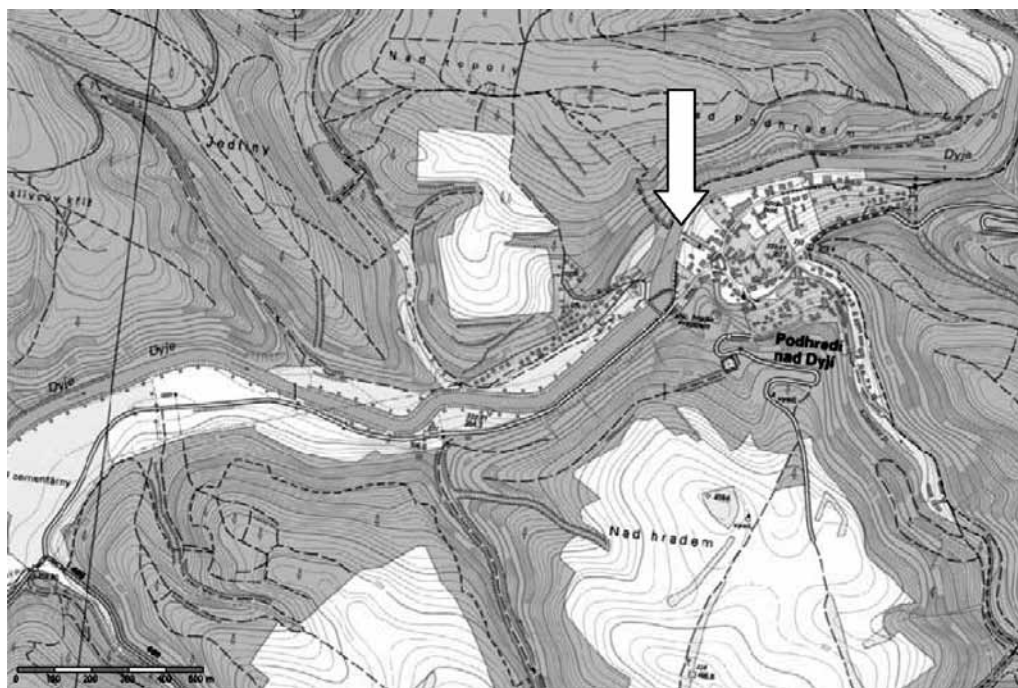
ho díla. Na základě aktuálních měření budou lokalizované oblasti s kyslíkovými deficity ošetřeny tak, aby bylo možno efektivně zlepšit kyslíkový režim nádrže. Technicky se bude jednat o sběr biomasy z vodní hladiny z plavidla. Dalším opatřením bude sběr biomasy. Toto opatření průběžně likviduje zelenou biomasu z vodní hladiny sběrem a separací. Opatření bude doprovázeno monitoringem.

Technická opatření ke snížení dopadu havarijního znečištění vodní nádrže Vranov

Za účelem snížení dopadu případných především ropných havárií budou na vybraném profilu na řece Dyji u Podhradí n. Dyjí a na řece Želetavce u Koberova mlýna zbudována zařízení umožňující snazší zásah hasičských jednotek při instalaci mobilních norných stěn.



Obr. 4. – Mobilní zařízení na sběr biomasy



Obr. 5. – Místo havarijního profilu na řece Dyji

Doplnění sítě měrných stanic v řešené oblasti o chybějící měřicí profily s přenosem nových dat do stávající sítě a databáze

V rámci projektu budou také doplněny měřicí stanice na Dyji a přítocích. Cílem tohoto opatření je zpřesnění a doplnění informací o vývoji průtoků v povodí nad vodními díly Vranov a Znojmo. Informace budou dále využity do srážko – odtokových modelů a pro zpřesňování manipulací na vodních dílech. Jedná se o následující měření

- a) měřicí stanice Červený Hrádek – Vápovka most – instalace tlakového čidla s následným převodem na průtoky v profilu silničního mostu přes Vápovku.
- b) limnigrafická stanice Dačice – vybudování zcela nové limnigrafické stanice na Moravské Dyji. Měřena bude hladina v toku s následným převodem na průtoky, teplota vzduchu a srážky.
- c) srážkoměr VD Dešná – osazení srážkoměrné stanice na vodní dílo Dešná.
- d) měřicí stanice Hardegg – most – instalace tlakového čidla s následným převodem na průtoky v profilu silničního mostu přes Dyji v obci Hardegg.

- e) měřicí stanice Baštův mlýn – jez Havraníky II - instalace tlakového čidla s následným převodem
- f) ultrazvuková měřicí stanice Podhradí nad Dyjí – vybudování

Pilotní ověření biologického potenciálu umělých bočních ramen řeky Dyje

Pilotní opatření u jezu Nad Papírnou na Dyji v Národním parku Podyjí spočívá v úpravě části stávajícího náhonu tak, aby vznikl vhodný profil umožňující provádět variabilní uspořádání konfigurace dna a jeho podélného sklonu. Takto upravený náhon bude

sloužit ke studiu migrace ryb a dalších vodních živočichů a k technickému ověření účelnosti a efektivnosti navrženého řešení pro další obdobné překážky migrace na řece Dyji.

Literatura

Projektový záměr „Vranovská Dyje“ (Povodí Moravy, s.p., 2012)
Projektové dokumentace jednotlivých staveb (Aquacentrum Břeclav, 2012)



Obr. 6. – silniční most Červený Hrádek - Vápovka



Obr. 7. – vodní dílo Dešná



Obr. 8. – jez Nad Papírnou včetně náhonu



Obr. 9. – současný stav náhonu

ADRESÁŘ ÚČASTNÍKŮ KONFERENCE

Bauer Miroslav, Ing.

Fakulta stavební, ČVUT v Praze, Katedra hydromeliorací a stavebního inženýrství, Praha

Blabolil Petr, Mgr.

Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, České Budějovice

Borovec Jakub, RNDr., Ph.D.

Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, České Budějovice

Boukal David, Ing., Ph.D.

Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, České Budějovice

Broža Vojtěch, prof., Ing., Dr.Sc.

Český přehradní výbor

Březková Lucie, Ing., Ph.D.

CHMÚ, Brno, tel.: 541 421 024, e-mail: lucie.brezkova@chmi.cz

Čech Martin, RNDr., Ph.D.

Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, České Budějovice

Dáňová Andrea, Ing.

Krajský úřad Jihomoravského kraje, Žerotínovo nám. 3/5, 601 82 Brno, tel.: 541 652 695, e-mail: danova.andrea@kr-jihomoravsky.cz

Doležal Petr, doc., Dr., Ing.

Vysoké učení technické v Brně

Dostál Tomáš, doc., Ing., Dr.

Fakulta stavební, ČVUT v Praze, Katedra hydromeliorací a stavebního inženýrství, Praha

Draštík Vladislav, RNDr., Ph.D.

Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, České Budějovice

Drbal Karel, Ing., Ph.D.

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Mojžírovo nám. 16, Brno, tel.: 541 126 300, e-mail: karel_drbal@vuv.cz

Duras Jindřich, RNDr., Ph.D.

Povodí Vltavy, státní podnik, oddělení plánování v oblasti vod, Denisovo nábřeží 14, 304 20 Plzeň, tel.: 377 307 352, e-mail: jindrich.duras@pvl.cz

Ferenčík Martin, Ing.

Povodí Labe, státní podnik, Odbor vodohospodářských laboratoří, Víta Nejedlého 951, 500 03 Hradec Králové, tel.: 495 088 762, e-mail: ferencikm@pla.cz

Fiala Daniel, Mgr., Ph.D.

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Podbabská 30, Praha 6, 160 62, e-mail: fiala@vuv.cz

Foller Jan, Ing.

Vodárenská akciová společnost, a.s., Soběšická 156, 638 01 Brno, tel.: 603 804 697, e-mail: foller@vasgr.cz

Frouzová Jaroslava, Ing., Ph.D.

Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, České Budějovice

Hanák Roman, Ing.

Pöyry Environment a.s., Botanická 56, 602 00 Brno, tel.: 541 554 229, e-mail: roman.hanak@poyry.com

Hejzlar Josef, doc., Ing., CSc

Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, České Budějovice

Hönig Jindřich, Ing.

Povodí Ohře, státní podnik, Bezručova 4219, Chomutov, tel.: 474 636 290, e-mail: honig@poh.cz

Hucko Pavel, Ing., CSc.

Výzkumný ústav vodného hospodářstva, Nábr. arm. gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava, SR, telefon: +421 905965515, e-mail: hucko@vuvh.sk

Jan J.

Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, České Budějovice

Janotová Barbora, Ing.

Fakulta stavební, ČVUT v Praze, Katedra hydromeliorací a stavebního inženýrství, Praha

Jaroš Lubomír, Ing., Ph.D.

Povodí Odry s.p., Ostrava, tel.: 596 657 271, e-mail: lubomir.jaros@pod.cz

Jůza Tomáš, Mgr., Ph.D.

Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, České Budějovice

Krása Josef, doc., Ing., Ph.D.

Fakulta stavební ČVUT, Katedra hydromeliorací a stavebního inženýrství, Praha

Kratochvíl Michal, Mgr.

Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, České Budějovice

Krejčí Vlastimil, Ing.

Povodí Moravy, s.p., Dřevařská 11, 601 75 Brno, tel.: 541 637 239, e-mail: krejci@pmo.cz

Kubečka Jan, prof., RNDr., CSc.

Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav,
České Budějovice

Lagová Marcela, Ing.

Fakulta stavební VUT Brno, Ústav chemie, 602 00 Brno, Žižkova
17, e-mail: lagova.m@fce.vutbr.cz

Maršálek Blahoslav, prof., Ing., CSc.

Botanický ústav AV ČR, v.v.i., Lidická 25/27, 602 00 Brno,
tel.: +420 530 506 742, e-mail: marsalek@sinice.cz,

Maršálková Eliška, Ing., Ph.D.

Botanický ústav AV ČR, v.v.i., Lidická 25/27, 602 00 Brno,
tel.: +420 530 506 742, e-mail: eliska.marsalkova@ibot.cas.cz

Marton Daniel, Ing., Ph.D.

VUT v Brně, Fakulta stavební,
Ústav vodního hospodářství krajiny, Žižkova 17, 602 00 Brno,
tel.: 541 14 7 773, e-mail: marton.d@fce.vutbr.cz

Matěna Josef, doc., RNDr., CSc.

Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav,
České Budějovice

Moronga Jan, Ing.

Povodí Moravy, s.p., Dřevařská 11, 601 75 Brno,
tel.: 541 637 601, e-mail: moronga@pmo.cz,

Muška Milan, Mgr.

Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav,
České Budějovice

Nietscheová Jaroslava, prom. práv.

Povodí Vltavy, státní podnik

Novák Jiří, Ing.

VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s.,
Brno, Soběšická 820/156, PSČ 638 0, tel.: 545 532 373,
e-mail: novak@vasgr.cz

Oppeltová Petra, Ing., Ph.D.

Mendelova univerzita v Brně,
Ústav aplikované a krajinné ekologie, Zemědělská 1,
Brno, 613 00, tel.: 545 132 471, e-mail: oppeltova@mendelu.cz

Palčík Jiří, Ing., Ph.D.

ASIO, spol. s r.o., Tuřanka 1260/1 627 00 Brno, tel.: 548 428 11,
e-mail: palcik@asio.cz.

Peterka Jiří, RNDr., Ph.D.

Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav,
České Budějovice

Potužák Jan, Ing., Ph.D.

Povodí Vltavy, státní podnik, útvar vodohospodářských
laboratoří, Emila Pittera 1, 370 01 České Budějovice,
tel.: 387 312 257, e-mail: jan.potuzak@pvl.cz

Prchalová Marie, RNDr., Ph.D.

Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav,
České Budějovice

Punčochář Pavel, RNDr., CSc.

Vrchní ředitel sekce vodního hospodářství,
Ministerstvo zemědělství, Těšnov 17, 117 05 Praha 1
tel.: 221 812 362, e-mail: pavel.puncochar@mze.cz

Randová Hana, Ing.

Ministerstvo životního prostředí, Vršovická 1442/65, 100 00,
Praha-Vršovice, tel.: 267 122 473, e-mail: Hana.Randova@mzp.cz

Rederer Luděk, Ing.

Povodí Labe, státní podnik, Víta Nejedlého 951,
500 82 Hradec Králové, tel.: 495 088 667, e-mail: rederer@pla.cz

Rosendorf Pavel, Mgr.

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.,
Podbabská 2582/30, Praha 6, 160 00, tel.: 220 197 413,
e-mail: rosendorf@vuv.cz

Říha Milan, Mgr.

Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav,
České Budějovice

Schovánková Jana, Ing., Ph.D.

Povodí Labe, státní podnik, Odbor vodohospodářských
laboratoří, Víta Nejedlého 951, 500 03 Hradec Králové,
tel.: 495 088 762, e-mail: schovankovaj@pla.cz

Sládek Roman, Ing.

ASIO, spol. s r.o., Tuřanka 1260/1 627 00 Brno,
tel.: 548 428 111, e-mail: sladek@asio.cz

Starý Miloš, prof., Ing., CSc.

VUT ÚVHK, Brno, tel.: 541 147 770,
e-mail: stary.m@fce.vutbr.cz

Stojanová Stanislava, Ing.

Povodí Labe, státní podnik, Odbor vodohospodářských laboratoří,
Víta Nejedlého 951, 500 03 Hradec Králové, tel.: 495 088 762,
e-mail: stojanovas@pla.cz

Straková Lucie, Ing.

Botanický ústav AV ČR, v.v.i., Lidická 25/27, 602 00 Brno,
tel.: +420 530 506 742, e-mail: luciestraka@gmail.com

Sudbrack Ralf, prom. biol.

Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (LTV),
Bahnhofstraße 14, 01796 Pirna, tel.: 49(0)3501-796-354,
e-mail: Ralf.Sudbrack@ltv.sachsen.de

Sýkora Lukáš, Ing.

Pöyry Environment a.s., Botanická 56, 602 00 Brno,
tel.: 541 554 277, e-mail: lukas.sykora@poyry.com

Tušer M.

Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav,
České Budějovice

Vašek M.

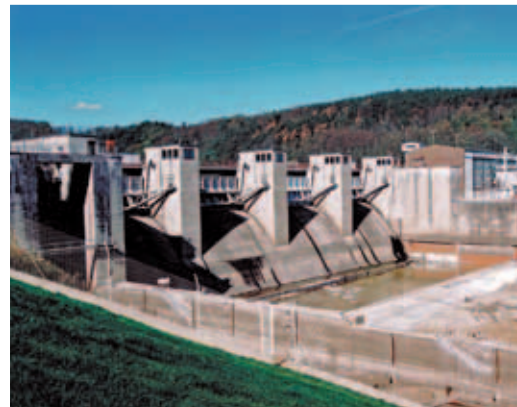
Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav,
České Budějovice

Viskot Marek, Ing.

Povodí Moravy, s.p., Dřevařská 11, 601 75 Brno, tel.: 541 637 252,
e-mail: viskot@pmo.cz

Zahrádka Vlastimil, Ing.

Povodí Ohře, státní podnik, Bezručova 4219, Chomutov,
tel.: 474 636 285, e-mail: zahradka@poh.cz



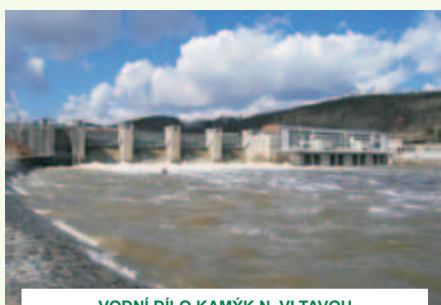
Umění spolupráce

Kvalita, přesnost a důslednost v každém detailu. Společná koordinovaná práce lidí desítek oborů a profesí. Schopnost řešit náročná zadání a odvaha hledat nová řešení. Je tohle umění? Možná ne. Jen to dobře umíme.

- | | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 1/ Plavební komora Hluboká nad Vltavou |
| | 3 | 2/ Vodní dílo Dráteník |
| | | 3/ Vodní dílo Kamýk, rekonstrukce vývaru po povodni |
| 4 | | 4/ Vodní dílo Trnávka |



VODNÍ DÍLO ZÁSKALSKÁ
- ZABEZPEČENÍ PŘED ÚČINKY VELKÝCH VOD



VODNÍ DÍLO KAMÝK N. VLTAVOU
- OPRAVA NÁVODNÍ PLOŠINY



VODNÍ NÁDRŽ S ÚPRAVOU VODY SOUŠ

STAVÍME PROFESIONÁLNĚ

Hydrotechnické stavby

- revitalizace toků
- rekonstrukce objektů na tocích (jezy, plavební komory, atd.)
- protipovodňová opatření
- odstraňování povodňových škod

Výstavba a rekonstrukce vodovodů a kanalizací

- čerpací stanice
- kanalizační a vodovodní řady v otevřených výkopech
- kanalizační a vodovodní řady v ražených štolách

Výstavba a rekonstrukce čistíren odpadních vod a úpraven vody

- průmyslové čistírny
- komunální čistírny
- úpravny vod

- Vodohospodářské stavby
- Rekultivační práce
- Sanace starých ekologických zátěží
- Hydrogeologie
- Nakládání s odpady
- Výsadba a údržba zeleně
- Bezvýkopová pokládka inženýrských sítí
- Řezání vysokotlakým vodním paprskem
- Řešení akustiky
- Tepelná čerpadla

www.talparpf.cz

Holvekova 36, 718 00 Ostrava-Kunčičky,
tel: 596 237 019, email: talparpf@talparpf.cz

HLAVNÍ ČINNOSTI SPOLEČNOSTI:

- vodovody a úprava vod • modelování distribučních sítí • snižování ztrát v rozvodných sítích
- stokování a čištění odpadních vod městských, průmyslových a jiných • technika skládkování
- vodní elektrárny všech typů a velikostí • rekonstrukce vodohospodářských objektů • úpravy a revitalizace vodních toků • jezová zařízení, vakové jezy, propusti a rybí přechody • hráze, přehrady • kolektory, tunely • ochrana proti erozi, rekultivace • zeměměřičství, pozemkové úpravy
- inženýrská geologie, hydrologie • analýzy všech druhů vod včetně technologických návrhů.

ZÁKAZNÍKŮM NABÍZÍME ZEJMÉNA:

- konzultační, poradenskou a posudkovou činnost
- nabídkovou dokumentaci • studie, generely
- dokumentaci pro územní rozhodnutí, stavební povolení a hodnocení vlivů na životní prostředí (EIA) • dokumentaci realizační a skutečného stavu
- zajištění vypsání veřejných soutěží • inženýrskou činnost při přípravě staveb, výstavbě a uvádění do provozu • manipulační a provozní řády • uvádění staveb do provozu a zkušební provoz • žádosti o subvence z podpůrných fondů EU (Fond soudržnosti, Strukturální fondy aj.) • veškeré průzkumné práce.

Ústředí:

Brno, Botanická 834/56, 602 00 BRNO, tel.: +420 541 554 111,
fax: +420 541 211 205, e-mail: trade.wecz@poyry.com

Pobočky:

Praha: Bezová 1658, 147 14 Praha 4, tel.: +420 244 062 353
Ostrava: Varenská 49, 701 00 Ostrava, tel.: +420 596 657 206
Trenčín: Organizační složka, Jesenského 3175, 911 01 Trenčín,
tel.: +421 326 522 600



CREA Hydro&Energy, o.s.

CREA Hydro&Energy, o.s. je klastr, který sdružuje firmy, výzkumné instituce a univerzity působící v oboru technologií pro vodohospodářské stavby, vodní a odpadové hospodářství a obnovitelné zdroje energie.

CREA Hydro&Energy, o.s. provádí výzkum, konzultace, průzkumy, projekty, výrobu, dodávky, instalace, testování, školení a speciální služby pro:

- **Vodní díla** (Přehrady, Úpravný vody, Vodní zdroje, Vodní elektrárny, Čistírny odpadních vod, Vodovody, ...)
- **Odpadové hospodářství** (Skládky, Sanace půd a vod, Energetické využití odpadů, ...)
- **Obnovitelné zdroje energie** (Vodní, větrné, solární a bioplynové elektrárny)



EVROPSKÁ UNIE
EVROPSKÝ FOND PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI

Kemira

Municipal & Industrial



PROJEKT LAKE RESTORATION

REKULTIVAČNÍ METODA

K OBNOVĚ EUTROFIZOVANÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍ

dodávky speciálních produktů na snížení obsahu fosforu
a potlačení rozvoje sinic v přírodních nádržích



DALŠÍ TECHNOLOGICKÉ APLIKACE

úprava pitných a technologických vod

čištění odpadních vod s eliminací fosforu a organického znečištění
potlačení vláknitých bakterií, odpěňovací procesy

Odour Control – regulace zápachu

DesinFix – dezinfekce odpadních a provozních vod

Kemira CFH – adsorpce arzenu



PRODUKTY

anorganické koagulanty na bázi železa a hliníku

organické polymerní flokulanty a koagulanty

speciální chemikálie

Water is the connection

KEMWATER

PROCHEMIE
www.prochemie.cz

KEMIFLOC

www.kemifloc.cz

KEMIFLOC

SLOVAKIA
www.kemifloc.cz

Omezení rozvoje sinic na vodních nádržích

Ing. Jiří Palčík, Ph.D., ASIO, spol. s r.o., Tuřanka 1, 627 00 Brno, Česká republika, palcik@asio.cz



V posledním desetiletí se problematika nadměrného růstu sinic stává stále závažnějším problémem. Metod řešení je několik od preventivních metod snížení trofie až po opatření, která řeší následek nadměrného růstu sinic [1].

Mezi metody pro omezování rozvoje vodního květu sinic např. patří :

- chemická metoda (dávkování koagulantu, flokulantu),
- biologická metoda (bioseparace fosforu, bioaugmentace, alelopatie),
- mechanické (odtěžení biomasy sinic, odtěžení sedimentu),
- fyzikální (použití ultrazvuku, mikrovlnného záření)[1].

Společnost ASIO se v posledních letech začala intenzivně zabývat problematikou znečištění povrchových vod a omezování rozvoje sinic ve vodních nádržích.

Z celé škály metod a způsobů řešení omezování rozvoje vodního květu sinic v jezerech jsme rozvinuli dva způsoby:

- 1) chemickou metodu dávkování koagulantu,
- 2) mechanickou metodu odstraňování sinic z povrchu hladiny.



Dávkování koagulantu do vodního sloupce jezera

První metoda – dávkování koagulantu pod vodní hladinu se na první pohled zdá být jednoduchá, ale při detailnějším prozkoumání zjistíme, že je zde řada skutečností, kterým je potřeba věnovat důkladnější pozornost. Na základě studia problematiky omezování růstu sinic a na základě konzultace se specialisty v této oblasti jsme vyvinuli plavidlo, které je schopno sofistikovaně a exaktně dávkovat koagulant nebo jinou kapalnou látku pod vodní hladinu. Dávkování probíhá z aplikačního rámu, kterým se koagulant dostává do vody. Aplikační rám je možné umístit do hloubky 10 až 30 cm pod vodní hladinu. Uvažovaná šířka záběru z aplikačního rámu je 10 m. Loď pro dávkování koagulantu je vybavena GPS navigací a sonarem, což umožňuje systematické plavení po vodní hladině.

Co to znamená? To znamená, že lodivod má okamžitou informaci o poloze lodi v GPS souřadnicích, dále pak o rychlosti pohybu lodi a hloubce vodního profilu, nad kterým se právě loď nachází. Tyto informace jsou doplněny o trajektorii již projeté trasy, takže dávkování dvakrát (nebo vícekrát) na jednom místě je vyloučeno. Všechny tyto informace jsou potřebné i pro lodního operátora, který stanovuje množství dávkaného koagulantu, přičemž dávkané množství aplikované látky závisí na koagulační zkoušce, na rychlosti lodi a na hloubce vody v aplikovaném profilu. Tím, že operátor ihned vypočítá dle výše zmíněných požadavků okamžitou optimální koncentraci pro každý profil znamená, že koagulant je dávčován do vody EKOLOGICKY a zároveň EKONOMICKY – dávkuje se jen přesně vypočtenou (potřebnou) dávku – nic má, nic víc – což je ekologické pro ekosystém nádrže a ekonomické pro investora. Vzhledem k tomu, že všechny jmenované přístroje jsou vybaveny datalogery, je možné ze záznamu určit, kdy, kde v jakém profilu se dávkovalo jaké množství koagulantu, což jsou velmi důležité informace pro analýzu a reporting aplikace.

Loď pro aplikování látek pod vodní hladinu má na své palubě zásobní nádrž, která pojme cca 6 t koagulantu. Ten je skladován ve dvou zásobních nádržích na břehu jezera, odkud je přečerpáván do lodi. Zásobní nádrže jsou plněny z autocisterny. Loď jakožto plavidlo podléhá předpisům a schválení Státní plavební správy a musí být opatřena povolením k plavbě v určité plavební zóně. Taktéž lodivod musí mít oprávnění k řízení daného plavidla. V průběhu loňského roku jsme již absolvovali několik aplikací s tímto plavidlem. Konkrétně se jednalo o ošetření nádrže koagulantem polyaluminiumchloridem. Ve vodoprávním rozhodnutí byly stanoveny podmínky aplikace, které bylo nutné respektovat. Nádrž měla cca 68 ha, aplikace probíhala podle vodoprávního rozhodnutí 3 dny. Za tuto dobu byl ošetřen kompletně celý objem nádrže. Průhlednost vody měřená Secchiho diskem před aplikací byla 0,2 m, po aplikaci 3,0 m.

Sběr plovoucí biomasy v nádrži (sběr sinic z hladiny)

Funkce dalšího plavidla, které jsme vyvinuli, je založena na mechanickém odstraňování plovoucí biomasy z vodní hladiny. Tato metoda patří k nechemickým metodám ošetřování vodní plochy, takže není do nádrže dávkována žádná chemikálie. Vodní květ sinic je oddělován filtrací. Separovaná biomasa, která má vzhled a konzistenci mixovaného špenátu, je uskládována v kontejneru na lodi, po zaplnění kontejneru je kontejner vyměněn za jiný a sinice jsou odvezeny k ekologické likvidaci. Přefiltrovaná voda je buď zpět odváděna do jezera nebo může být ještě upravena jinou např. fyzikální či biologickou metodou.



Jak jsme se již zmínili – metod k omezování růstu sinic nebo k odstraňování sinic je mnoho a vývoj dalších není ještě ukončen. S určitostí můžeme však říct, že pokusy o odstranění sinic nebo omezení jejich růstu by měly v první řadě být preventivní a především systematické, tak aby zabránily zvyšování koncentrací fosforu v nádržích a v jejich sedimentech. Vzhledem k tomu, že se také věnujeme výzkumu a technologickým aplikacím v této oblasti, jsme si vědomi, že řešení problematiky sinic vyžaduje systematická opatření a že každá metoda, která umožňuje řízení a cílené a přitom ekologicky odstraňovat sinice nebo omezovat jejich rozvoj je významným přínosem.

Srážení fosforu na přítoku do přehrady

Mezi preventivní metody patří i srážení přitékajícího fosforu do vodní nádrže.

Proč jsme zvolili toto řešení?

Protože základní zdroje fosforu v povodí jsou tyto:

- Vnos fosforu z malých čistíren odpadních vod z obcí – nemají legislativní povinnost srážení fosforu na odtoku z čistírny.
- Vnos fosforu ze zemědělské půdy. Soukromí zemědělci hospodařící v ČR nejsou vázáni žádnými předpisy ohledně aplikace fosfátových hnojiv a ohledně pěstování plodin na svažitých pozemcích v povodí řek.

Vlivem těchto dvou zdrojů vnosu fosforu dochází k jeho nadměrné koncentraci v recipientech potažmo ve vodních nádržích. Tím se zvedá úživnost – trofie vody. Vlivem přísunu vysoké koncentrace fosforu z povodí nad nádrží dochází k masovému rozvoji sinic. Srážením fosforu např. síranem železitým dosáhneme účinnosti odbourání fosforu až 93%. Tím se do vodní nádrže dostává pouze minimální koncentrace fosforu, která přispívá k potlačení masového rozvoje sinic ve vodní nádrži. Se srážením fosforu na přítoku máme zkušenosti na brněnské údolní nádrži, kde tento systém s dálkovým přenosem dat provozujeme již třetím rokem. Účinnosti 93% srážením fosforu spolu s kombinací provzdušňování hlavního jezera jsme dosáhli potlačení nadměrného rozvoje sinic Microcystis aeruginosa na minimální hodnoty.

Aerace přehradní nádrže aeračními věžemi.

Mobilní aerační věže

S výstavbou a provozem aeračních věží máme již několikaleté zkušenosti. Poprvé byly aerační věže použity na brněnské přehradě v roce 2009. V tomto roce byla brněnské přehrada vypuštěna z 12 mil. m³ na 2 mil. m³. Pro zajištění dostatečné koncentrace kyslíku v oblasti nade dnem (z důvodů zamezení úhynu ryb) bylo použito mobilních aeračních zařízení. Tato zařízení byla instalována na dvě plavidla. Aerační zařízení tím byla mobilní a flexibilní v rozsahu hloubek 0–6 m pod hladinou. Maximální hloubka vypuštěné nádrže byla 6 m.

Aerace napuštěné brněnské přehrady

Základní informace o nádrži:

Plocha aerované nádrže: 114 ha

Objem aerované nádrže: 12 mil. m³

Průměrná hloubka: 12 m

Maximální hloubka: 17 m



Aerace napuštěné přehrady 20-ti aeračními věžemi probíhá od roku 2010 z důvodů odstranění anoxické vrstvy v hypolimniu. V roce 2008 (před instalací mobilních i stacionárních aeračních věží) byla anoxická vrstva v nádrži v rozsahu 5 až 17 m pod hladinou.

V současné době je díky 20-ti aeračním věžím (patent firmy ASIO a spol.) zabezpečena koncentrace kyslíku u dna větší jak 2 mg/l. Aerační věže spolu se srážením fosforu na přítoku do přehrady Brno zajišťují již po 2 sezóny ideální koupací podmínky a přehradu bez obávaných sinic.

Aerace pomocí aeračních věží je v současné době unikátní projekt. Je to jedno z komplexu opatření, které byly navrženy na brněnské přehradě k potlačení růstu sinic.

Projekt srážení fosforu na vtoku do nádrže firmy ASIO, spol. s r.o. byl oceněn v celosvětové soutěži IWA „Čestným uznáním“.

Použitá literatura:

[1] Maršálek B., Maršálková E., Vinklárková D. – Nechemické metody omezení rozvoje sinic, Vodárenská biologie 2009, str. 84–93.

hawle

www.hawle.cz



HAWLE. MADE FOR GENERATIONS.



Sweco Hydroprojekt a.s.

Inženýrské, konzultační a projektové služby pro oblast vodního hospodářství, životního prostředí, infrastruktury a stavebnictví

hydrotechnika a hydroenergetika • protipovodňová ochrana • krajinné inženýrství, rekultivace, revitalizace toků a ekosystémů • vodárenství • čištění odpadních vod a stokování • odpadové hospodářství

www.sweco.cz

Rybník Pecháň ve Skřípli, Středočeský kraj

Rekonstrukce hráze, výpustného zařízení a bezpečnostního přelivu

Obnova břehového opevnění

Celkové odbahnění rybníka a vytvoření sedimentačního prostoru ve vtokové části

Povodí Moravy, s.p.
Dřevařská 11, 601 75 Brno

www.pmo.cz

