

Česká společnost krajinných inženýrů
České vysoké učení technické v Praze
Univerzita Palackého v Olomouci
Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka
Česká zemědělská univerzita v Praze

Rybníky 2017



Praha 2017





Václav David a Tereza Davidová (eds.)

Rybníky 2017

sborník příspěvků odborné konference

konané

15. - 16. června, 2017

na České zemědělské univerzitě v Praze



Sborník vydalo České vysoké učení technické v Praze ve spolupráci s Českou společností krajinných inženýrů, Univerzitou Palackého v Olomouci, Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. Masaryka, v.v.i. a Českou zemědělskou univerzitou v Praze. Konference byla uspořádána v rámci řešení výzkumného projektu NAZV KUS QJ1620395 „Obnova a výstavba rybníků v lesních porostech jako součást udržitelného hospodaření s vodními zdroji v ČR“ financovaného Ministerstvem zemědělství ČR“.

Recenzní posudky zpracovali:

Ing. Václav David, Ph.D., Ing. Tereza Davidová, Ph.D., Ing. Martin Dočkal, Ph.D., doc. RNDr. Vladimír Falt'an, Ph.D., Mgr. Jindřich Frajer, Ph.D., RNDr. Petr Hekera, Ph.D., Ing. Petr Koudelka, Ph.D., doc. Ing. Josef Krása, Ph.D., Mgr. Jan Martínek, prof. RNDr. František Petrovič, PhD., Ing. Miloš Rozkošný, Ph.D., doc. RNDr. Martin Rulík, Ph.D., doc. Ing. Karel Vrána, CSc.

Předmluva	
David V.	1
Recenzované příspěvky	
Dolanský a Mlýnský rybník v kontextu historického vývoje tzv. Holanské rybníční soustavy na Českolipsku	
Kolka M., Peřina I.	2
Havárie rybníků a vodních nádrží za přívalových povodní v červnu a červenci r. 1875	
Elleder L., Šírová J., Dragoun Z.	15
Identifikace zaniklých rybníků na starých mapách pro potřeby posouzení možnosti jejich obnovy	
Skokanová H., Havlíček M., David V., Pavelková R.	25
Využití lidarových dat pro studium zaniklých rybníků	
Létal A., Netopil P., Pavelková R., Frajer J., Havlíček M., David V.	34
Ekologický stav malých toků v povodí horní Vltavy a problematika přítomnosti rybníků v jejich povodích	
Opatřilová L.	46
Jak na rybníky?	
Duras J., Potužák J.	57
Staňkovský rybník - jak rychle dnes probíhá eutrofizace velké mezotrofní rybníční nádrže (i bez přispění produkčních rybářů)	
Pechar L., Baxa M., Benedová Z., Duras J., Kröpfelová L., Musil M., Potužák J., Šulcová J.	63
Třileté dobrodružství výzkumu rybníka dehtář aneb s rybníkem mezi „jezerní“ badatele projektu NETLAKE	
Potužák J., Šumberová K., Fránková M., Fabšičová M., Ducháček M., Císař K., Duras J.	73
Rybníky a koupací směrnice	
Beděrková I.	82
Distribuce a využití živin ve stabilizačním rybníku ČOV Ledenice	
Vejsada P., Hartman P., Hlaváč, Regenda J.	90
Vyhodnocení extenzivního chovu ryb na pražských rybnících	
Karnecki J.	100

Fyzikálně-chemické parametry vybraných rybníků Jižní Moravy a Vysočiny	
Kopp R., Brabec T., Plišťáková L., Mareš J.	105
Rybníky z pohledu ochrany přírody a krajiny a finanční nástroje	
Kujanová K., Bočevová E.	115
Příklady aplikace ochrany břehů na nádržích	
Gernešová L., Marková J., Pelikán P., Šlezinger M.	123
Kontrola úniku sedimentů a živin při výloveh rybníků, možnosti jejich zadržení a recyklace	
Regenda J., Hartman P., Rutegwa M., Kutý M.	132
Monitoring rybníčních sedimentů v letech 2011 – 2017	
Šulcová J., Baxa M., Kröpfelová L., Baxová Chmelová I.	144

Ostatní příspěvky

Spodní výpusti malých vodních nádrží - opravy a náhrady historických výpustí	
Poláček J., Žatecký S.	156
Technickobezpečnostní dohled na vodních dílech – legislativa a provádění	
Šatecký S.	162
Spodní výpusti malých vodních nádrží a suchých nádrží	
Vrána K., David V.	173
Pozemkové úpravy a voda v krajině	
Holinský J.	185
Výběr vhodné výpusti rybníka	
Dvořák T.	192

PŘEDMLUVA

O rybnících již bylo mnohé řečeno, a to mimo jiné na konferencích konaných v minulých dvou letech (Rybníky – naše dědictví i bohatství pro budoucnost, Rybníky 2016). Neznamená to ovšem, že bylo řečeno vše. Naopak lze říci, že téma rybníků je tak široké, že byt' toho o nich víme mnoho, je stále více toho, co se o nich ještě můžeme dozvědět. I proto, že je téma tak široké, lze oprávněně předpokládat, že není reálné, aby bylo možné tuto komplexní problematiku pojmut jednou osobou. I v tomto oboru je tak nutná jistá specializace v kombinaci s přehledem o dění v dalších oblastech. Konference Rybníky by měla sloužit především jako platforma pro výměnu informací mezi odborníky v jednotlivých oblastech.

Konference konané v minulých dvou letech byly dle ohlasů od jejich účastníků i dle počtu zúčastněných velmi úspěšné. Velmi nás těší přízeň, kterou nám účastníci minulých konferencí zachovali, protože řada z nich se konference účastní opakovaně. Díky tomu nabýváme přesvědčení, že téma je zajímavé a že skladba příspěvků vyhovuje širokému spektru odborníků. Jelikož se koná konference již potřetí a jelikož jsme v tuto chvíli připraveni ji udržet jako pravidelnou akci, zajistili jsme pro sborník kód ISSN, který je určen pro periodické publikace. Bereme přidělení kódu i jako závazek konat konferenci i v následujících letech.

Skladba příspěvků na letošní konferenci je opět velmi pestrá. Ve sborníku tedy naleznete příspěvky zabývající se kvalitou vody v rybnících a malých vodních nádržích, témata související s historií rybníků a analýzami těch, které v průběhu věků zanikly, sedimenty, ale stranou nezůstanou ani témata technická a environmentální. Významným tématem jsou na letošní konferenci spodní výpusti malých vodních nádrží, kterým je věnováno hned několik příspěvků.

Naše konference se koná těsně před začátkem letních prázdnin, tak bych si dovolil zakončit tuto předmluvu přáním. Přeji všem účastníkům konference hezké a příjemně strávené léto a mnoho pozitivních zážitků. Současně doufám, že pozitivním zážitkem bude i naše konference a že její účastníci budou odcházet s pocitem účelně a příjemně stráveného času. Nám organizátorům pak přeji, abychom i v příštích letech mohli mít dobrý pocit z toho, že nabízíme zajímavou akci, o kterou je zájem, a aby se nám dařilo připravit program, který přiláká tak velké množství účastníků.

DOLANSKÝ A MLÝNSKÝ RYBNÍK V KONTEXTU HISTORICKÉHO VÝVOJE TZV. HOLANSKÉ RYBNIČNÍ SOUSTAVY NA ČESKOLIPSKU

DOLANSKÝ AND MLÝNSKÝ POND IN THE CONTEXT OF THE
HISTORICAL DEVELOPMENT OF THE SO CALLED HOLANY POND
SYSTEM IN THE REGION OF ČESKÁ LÍPA

Miroslav KOLKA^{1,✉}, Ivan Peřina²

¹Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Liberci, oddělení specialistů,
Jablonecká 642/23, 460 01 Liberec

²Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Liberci, referát výzkumů,
průzkumů a dokumentace, Jablonecká 642/23, 460 01 Liberec
[✉]kolka.miroslav@npu.cz

Abstract

Dolanský and Mlýnský pond are a part of the extensive system in the basin of the Beaver creek (Bobří potok) around the villages Stvolínky, Holany and Zahrádky, which is formed by a unique system of channels often chopped in the sandstone bedrock. The system was built since the 14th century, the greatest expansion it achieved in the period from the 2nd half of the 15th and the 16th century. Dolanský pond together with the local mill dates back already to 1394. Therefore, it belongs among the oldest documented pond reservoirs and mills in the region. The time of formation of the neighbouring Mlýnský pond cannot be determined precisely yet. The wooden constructions of the fishing grounds were dendrochronologically analysed and dated back to 3rd quarter of the 16th century. Due to the close interconnection of both water works we cannot exclude the emergence of a Mlýnský pond already in 14th century.

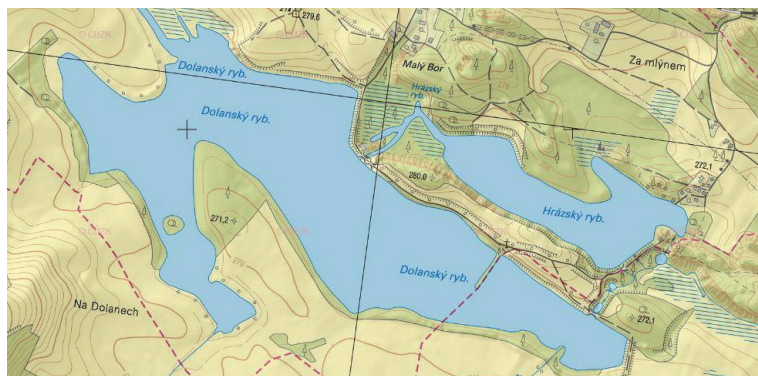
Keywords: the history of the ponds, region Česká Lípa, tracks in the sandstone, water mills

1 ÚVOD

Vybraná dvojice rybníků se souvisejícími technickými stavbami je součástí unikátní rybníční soustavy na Bobřím potoce mezi Stvolínkami, Holany a Zahrádkami u České Lípy. Podstatná část rybníků je dodnes zachována.

Dolanský a Mlýnský/Hrázský rybník tvoří jádro této soustavy. Obě nádrže jsou navzájem propojené výpustními štolami a napouštěcími kanály tak, že je nelze zcela jednoznačně oddělit (obr. 1). Nedílnou součástí hodnoty těchto děl je i jejich zasazení v mimořádně atraktivní krajině, které dominují homolovitě vrcholy Vlhoště a Ronova (důležité zejména pro panorama Dolanského rybníka).

Předložený text je příkladem, jak může vypadat podrobný archivní a terénní průzkum rybníkářského díla. Se stavbou rybníka sloužícího k chovu ryb často souvisí využití vodní síly ke zřízení dalších technických zařízení především mlýnů, které tak představují významnou pramennou základnu i pro kontext studia rybníků [1].



Obr. 1 Výřez ze základní mapy se zachycením vodní plochy Dolanského a Mlýnského rybníka dle www.cuzk.cz

2 DOLANSKÝ RYBNÍK A RELIKTY MLÝNA Č. P. 2

2.1 Dolanský rybník

Voda z Bobřího potoka je do Dolanského rybníka přiváděna od Stvolínek. Východně od obce se těsně před propustkem pod železniční tratí Česká Lípa – Litoměřice do potoka napojují také výpustní kanály od Nebeského a Koňského rybníka. Chobot rybníka s nátokem se nacházejí jižně od zmíněné železniční trati 1 km jihovýchodně od Stvolínek. Plocha nádrže na p. p. č. 1468 v k. ú. Stvolínky má výrazně protáhlý tvar ve směru severozápad – jihovýchod, ze kterého se odpojuje jihozápadně úzký záliv. Břehy lemují četné pískovcové skalní výchozy. Na jihovýchodní straně je rybník plynule prodloužen na pozemku p. č. 322 v k. ú. Holany. Tuto plochu napájí také Litický potok, přitékající z jihu od Litic. Starší a větší část rybníka lze od mladší partie jednoznačně oddělit, díky dodnes v terénu zachované části původní sypané hráze (obr. 2). Zaniklá část hráze

z lomového kamene je patrná v době výlovů. Poloha hráze je rovněž zřejmá z tras dřívějších komunikací, které vedly po její koruně. Při výlovcích je rovněž zřetelné dřívější koryto potoka, kterým byla voda z rybníka vypouštěna. Jeho trasu dnes lemují mohutné pařezy po smýcených stromech (při napuštění jsou skryté pod hladinou, obr. 3).



Obr. 2 Dolanský rybník s reliktem starší východní boční hráze a hradem Ronovem v pozadí, foto I. Peřina 2017.



Obr. 3 Dolanský rybník v pozadí s kopcem Vlhošť, východní mladší výběžek (po r. 1954) po vypuštění, v bahnitě ploše zřetelná alej pařezů kolem starší výpustní východní strouhy, která vedla od východní boční hráze, foto I. Peřina 2014.

Dolní hráz rybníka (p. p. č. 1490 v k. ú. Stvolínky) tvoří od severu ve směru od osady Malý Bor mohutná sypaná hráz, která se stáčí z jižního na jihovýchodní směr. Zejména v jihovýchodním úseku je pro těleso hráze výrazně využit

pískovcový skalní výchoz. Po koruně hráze vede štěrková komunikace lemovaná vysokým stromořadím. Hlavní výpusť z rybníka je situovaná do severní poloviny hráze za ohybem. Dnešní podoba výpusti s betonovými opěrnými zdmi, betonovým přelivem a ocelovými stavidly je výsledkem novodobých úprav, stejně jako železobetonový most, po kterém vede cesta na hrázi přes výpustní kanál. V době vypuštění rybníka jsou před stavidly patrná torza pískovcových zdí někdejšího loviště.

Výpustní kanál na p. p. č. 1510 v k. ú. Stvolínky má podobu hluboké skalní průrvy s téměř přímým průběhem, která končí za skalním masivem vývařišťem. Koryto se následně prudce stáčí k východu do chobotu Mlýnského/Hrázského rybníka. Na počátku skalní průrvy je na odtokové straně mostu v drážích ve svislých skalních stěnách a dně zachováno torzo rámu starších stavidel z mohutných dřevěných trámů. Další četné dráže jsou patrné i v dalším průběhu stěn. Nejspíše se jednalo o konstrukci pažení stavidel a obslužné lávky. U jedné z nejvýraznějších dráží na pravé straně průrvy nedaleko pod mostem jsou vysekány iniciály a datace „GZ 1672“ a „W 1873“, nepochybně související s vodoprávními řízeními.

Jihovýchodně od hlavní výpusti se nachází jalový přepad – bezpečnostní přeliv (opět na p. p. č. 1510 v k. ú. Stvolínky). Nátok má přelivnou hranu z lomového kamene a betonu a přisekané skalní podloží. Cesta na hrázi koryto překlenuje pomocí zděného mostu s půlkruhovou valenou klenbou. Je zděný z pískovcových kvádrů, doplněných u mostovky lokálně smíšeným zdivem a betonem. Za mostem vede přepad hlubokou skalní průrvou, která se na konci stáčí doleva a ústí kaskádovitým přepadem do tůň pod hlavní výpustí. Ve stěnách průrvy jsou opět zachovány dráže po zaniklých dřevěných konstrukcích.

Třetí výpusť je situována do mladší jihovýchodní části rybníka zhruba naproti přítoku Litického potoka. Výpusť není osazena žádným hradicím zařízením. Voda volně odtéká pod zděným valeně klenutým mostem. Jeho těleso leží na severozápadním konci komunikace s p. p. č. 343/2 v k. ú. Holany. Zdivo mostu z pískovcových kvádrů bylo bohužel v roce 2015 nevhodně upraveno a zkomoleno (např. přidáním piliřů). Za mostem voda natéká po pozemku p. č. 326/2 v k. ú. Holany do tůň se stavidlem v betonových opěrných zdech. Odtud vede úzké skalní koryto, ukončené skalní kaskádovitou hranou, po které voda spadá do hluboké tůně (obr. 4). Tento úsek je stejně jako další koryto Bobřího potoka umístěn na p. p. č. 331 v k. ú. Holany. Níže pod tůň se do potoka napojuje odtok od zaniklého mlýna č. p. 1, výpusť z Mlýnského/Hrázského rybníka a posléze také přepad z tůň pod původní historickou výpustí z téhož rybníka. Voda pak dále odtéká východním směrem, kde je koryto rozděleno na dvě větve. Severní větev pokračuje na rybníky Milčanský, Nohavice, Jílek,

Kravský a drobnější nádrže. Jižní větev napájí Holanský rybník a drobnější nádrže kolem bažantnice.



Obr. 4 Východní boční strouha z Dolanského rybníka, vyústění s vodopádem do tůně pod hrází Mlýnského rybníka, foto I. Peřina 2017.



Obr. 5 Dolanský rybník, relikty zaniklého mlýna v těsném sousedství hlavní výpusti, pohled do skalní lednice, kde se nacházelo vodní kolo, v pozadí náhon z rybníka sekaný ve skále, foto I. Peřina 2016.

2.2 Mlýn č. p. 2 (Brettmühle)

V pískovcovém tělesu hráze severozápadně od hlavní výpusti Dolanského rybníka na p. p. č. 1490 v k. ú. Stvolínky je vyražen přírodní kanál na zaniklý mlýn (č. p. 2 v osadě Malý Bor, obec Stvolínky) [2]. Nátok do náhonu je zaslepený a není aktuálně v hrázi patrný. Několikrát zalomený kanál vede na p. p. č. 1510 v k. ú. Stvolínky a má podobu vysoké skalní štoly se stlačeným segmentovým stropem. Ústí do skalní prostory lednice (obr. 5). Vzhledem k zahloubené poloze lednice a výškovým poměrům, zde nechybně muselo pracovat jedno vodní kolo na spodní vodu. Valeně klenutý strop je v horní partii dozděný pískovcovými kvádry. Na skalní stěně nad vyústěním z lednice je vysekána špatně čitelná datace (1700?).

Ze severozápadní strany na lednici navazuje obdélná prostora mlýnice, která je částečně přisekaná do skalního podloží a ve zbylé ploše dozděná pískovcovými kvádry. Strop a v některých úsecích i koruna zdiva chybí. Ve skalní stěně do lednice je prolomen pravoúhlý vstup a vedle něj jsou vysekány schody do zaniklého patra, které stálo nad dnešním terénem. Vedle zmíněného vstupu je velký oválný otvor, který procházela mohutná hřídel vodního kola. V přilehlém koutu mlýnice je vysekáno také zahloubené podkolí pro paleční kolo.

Severozápadně od mlýna se nacházejí dvě do skalního podloží vysekané hospodářské prostory. Bližší z nich fungovala nepochybně jako chlév. Stlačené skalní klenby jsou sklenuté na střední pilíř, na kterém je dobře čitelná datace 1813. Druhý objekt byl zřejmě sklepem. Jeho čelní stěna je dozděná pískovcovými kvádry a obsahuje pravoúhlý vstup s drážkou po nedochovaných dveřích.

3 MLÝNSKÝ/HRÁZSKÝ RYBNÍK A RELIKTY MLÝNA Č. P. 1

3.1 Mlýnský/Hrázský rybník

Mlýnský/Hrázský rybník leží 2,5 km jihovýchodně od Stvolínek, jihovýchodně od osady Malý Bor a 1 km jihozápadně od Hostíkovíc. Rybník je napájen z hlavní výpusti sousedního Dolanského rybníka, ústící do vývařiště a následně se lomící východním směrem do chobotu Mlýnského rybníka (vše na p. p. č. 1510 v k. ú. Stvolínky). Dolanský a Mlýnský rybník jsou odděleny skalní pískovcovou plošinou, která zároveň tvoří dolní hráz prvního z rybníků. Výškově je první nádrž výrazně výše než druhá.

Plochu Mlýnského rybníka (p. p. č. 1523 v k. ú. Stvolínky) vymezuje z jihozápadní strany vysoká skalní plošina (pod dolní hrází Dolanského rybníka), zbylé strany nejsou tak výrazně ohraničené, skalní podloží zde vystupuje

lokálně. Výrazně podlouhlý tvar rybníční plochy ve směru západ – východ je doplněn úzkým zálivem na severní straně. Rybníční stoka vede podél jihozápadního obvodu, ústí v novodobé hlavní výpusti v dolní hrázi a dále je koryto protaženo severovýchodním směrem až do původního loviště (obr. 6). Dolní hráz (p. p. č. 1533 v k. ú. Stvolínky, vzdušní líc na p. p. č. 327 a 326/1 v k. ú. Holany) tvoří jihovýchodní okraj rybníka a sestává z novodobě upraveného sypaného zemního tělesa s povrchem z hrubého štěrku (oprava po povodni v roce 2010) a z torz pískovcové návodní zdi. Zde je umístěna novodobá výpust' a jihozápadně od ní někdejší náhon na zaniklý mlýn č. p. 1 (osada Malý Bor, Stvolínky). Náhon i hlavní výpust' vedou tělesem hráze a jsou přemostěny cestou, která jde po koruně hráze.



Obr. 6 Mlýnský rybník, východní okraj vypuštěného rybníka, detail odhalené trámové konstrukce loviště, foto I. Peřina 2012.



Obr. 7 Mlýnský rybník, stav průřvy staré výpusti před povodní 2010, pohled z mostku ke stavidlům, foto M. Kolka 2008.

Na popsanou dolní hráz navazuje menší skalní pískovcový blok (p. p. č. 1431 v k. ú. Stvolínky), který ze severní a východní strany obklopuje východní výběžek rybníka s historickým lovištěm a původní výpustí. V rámci úprav terénu po povodni v roce 2010 zde bylo odhaleno torzo loviště vymezené trámovým věncem. Dubové trámy (profil cca 22,5 x 28-29 cm) jsou spojené relativně krátkými pláty (22 cm) a zajištěné dlouhými dřevěnými kolíky. Ke dnu je věnec kotven pomocí kůlů čtvercového a pětibokého průřezu (profily 9 x 15 a 9 x 9 cm). Dendrochronologicky datovaná konstrukce byla prozatím zachycena u přírodní stoky a po severním obvodu loviště. Na východní a jižní straně patrně zanikla novodobými úpravami (betonová plošina, šterkový zásyp, proražení cesty). Do prostoru loviště byl v roce 2016 vestavěn nový kašnový přeliv.

Jižně pod lovištěm je odpad z rybníka veden širokou skalní průrvou (na p. p. č. 1532 v k. ú. Stvolínky), která je sevřená skalními suký s lokálně přisekaným lícem (obr. 7 a 9). Průrva se po krátkém cca 50 m úseku větví na výpustní průrva vlevo a bezpečnostní přeliv vpravo. Dno a části stěn byly bohužel po povodni v roce 2010 částečně poničeny těžkou technikou (skalní podloží zčásti odtěženo). Odstraněna byla také stavidla na počátku výpustní průrvy. Jejich umístění dodnes identifikuje v levé stěně svislá drážka, pro umístění stavidlového rámu s lávkou. Drážka je doplněna kapsami a výběžky pro ukotvení nosné konstrukce (v poslední fázi byla z ocelových nosníků) a manipulaci s ní. Před stavidly (ve směru toku) je šikmá drážka pro osazení česlí. Shodná dvojice svislé a šikmé drážky a kapsy pro umístění stavidla a česel se nachází vlevo směrem ke skalnímu nároží. Přímo nad drážky pro stavidlo je ve stěně vysekána vzdouvací značka – rámeček s nápisem „2,3 Met. ü. Schw.“ (2,3 m nad prahem), pod kterým je široká ryska, na jejíž horní hranu dosedají dva trojúhelníky postavené na vrchol. Vlevo od značky jsou nápisy s datacemi (1950?, 1967).

Průrva má za zrušenými stavidly pečlivě přisekané svislé stěny. Část pod původní hladinou je přisekaná hruběji a plynule (oble) přechází v dno. Prude se svažující dno je tvarováno odtěžením skalních lavic do tvaru kaskády, která ústí do hluboké tůně na břehu Bobřího potoka (p. p. č. 328 v k. ú. Holany). Zejména ve druhé polovině dna průrvy jsou zhruba uprostřed umístěny řady kapes pro kůly. S tím koresponduje i výskyt drážky a kapes po osazení nedochovaných konstrukcí (na levé stěně ve směru toku jsou to kapsy nebo krátké drážky, na pravé stěně delší drážky, umožňující nasunutí vodorovných trámů). Patrně se jednalo o splavnice (tj. různě umístěna koryta a stavidla), umožňující regulaci vody. Na konci průrvy je most z pískovcových kvádrů s valenou stlačenou klenbou (zábradlí chybí, oblouk je vetknut do bočních skalních opěr). Na mostovce jsou zbytky nepravidelné čedičové dlažby. Před a za mostem jsou ve stěnách další drážky pro zapažení vodního toku. Pravý přeliv tvoří pouze

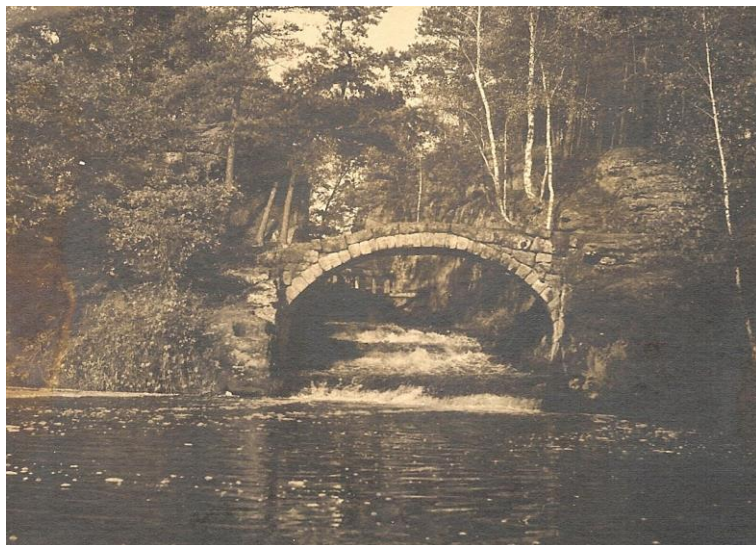
kaskádovitě upravená skalní lavice, doplněná v dolním úseku pískovcovým zdivem.

3.2 Mlýn č. p. 1 (Dammühle)

V jihozápadní partii dolní hráze je umístěna novodobá výpust' a jihozápadně od ní někdejší náhon na mlýn (na p. p. č. 326/1 v k. ú. Holany, obr. 8). Novodobě upravené zdivo náhonu využívá starší konstrukce z pískovcových štuk a v dolní partii z lomového zdiva. Zde je patrná svislá dráže po stavidle, kapsy na jeho zapažení a další konstrukce. Pod hrází jsou v terénu dobře patrné základy vlastního mlýna, které mají obdélný půdorys vedený delší stranou od hráze směrem ke korytu Bobřího potoka. Zdivo je převážně z pískovcových kvádrů, pouze při náhonu je použito lomové zdivo. Mlýnice byla zjevně umístěna přímo při hrázi a na náhonu k ní přiléhala lednice pro vodní kola (později upraveno na turbínový domek). Technologické vybavení nebylo v terénu registrováno, až na vyřazený mlecí pískovcový kámen. Do hráze je ve směru z předpokládané mlýnice zapuštěn pískovcový sklep lichoběžníkového půdorysu vedený šikmo doleva a opatřený vstupním ostěním, převýšenou valenou klenbou a dvojicí segmentových nik. Jižně od mlýna jsou čitelné základy hospodářské stavby.



Obr. 8 Výřez z plánu Mlýnského rybníka a vodních děl mlýnů č. p. 1 a č. p. 2 (Stvolínky – Malý Bor) z roku 1885, SOkA Česká Lipa, zleva zachycení boční tůň pod hrází, náhonu a mlýna č. p. 1 a hlavní výpustě, foto M. Kolka 2012.



Obr. 9 Mlýnský rybník, skalní průrva staré výpusti na archívním snímku z roku 1958, archiv Jiřiny Tomšové.

4 DATOVÁNÍ RYBNÍKŮ, VČETNĚ VÝVOJOVÝCH ETAP

Rybníky jsou součástí rozsáhlé soustavy v povodí Bobřího potoka kolem Stvolínek, Holan a Zahrádek. Po dokeské soustavě je rozsahem největší v severních Čechách. Je tvořená unikátním systémem kanálů sekaných často v pískovcovém podloží. Soustava je vedena ve směru od Stvolínek k Holanům a vyúsťuje tzv. Mnichovskou průrvou do Novozámeckého rybníka. Soustava byla budována od 14. století, největšího rozmachu dosáhla v období od 2. poloviny 15. do 16. století, tj. v době největší konjunktury rybníkářství v Čechách.

Dolanský rybník (Töllnteich) je spolu se zdejším mlýnem (Töllnmühle, pozdější č. p. 2) uváděn již k roku 1394 [3]. Patří tedy mezi nejstarší doložené rybníční nádrže a mlýny v regionu. Sousední nádrž byla nejčastěji nazývána jako Mlýnský rybník (Mühlteich) nebo Hrázský rybník (Dammteich), případně jako Dammühlteich. Doba jejího vzniku se prozatím nedá přesně určit. Vzhledem k dendrochronologickému datování dřevěných prvků v lovišti do 3. čtvrtiny 16. století (první trám datován do rozmezí 1550–1567, u druhého byl poslední změřený letokruh datován do roku 1540, s tím, že poslední letokruhy chybí) je potřeba počítat minimálně s touto datací. I další dendrochronologické datování vzorků dřevěných konstrukcí během archeologického dohledu při stavbě v roce 2017 potvrdilo relikt konstrukce loviště z druhé poloviny 16. století

(archeologické pracoviště muzea v České Lípě, odběr vzorků a laboratorní zpracování Ing. T. Kyncl). Vzhledem k úzkému propojení obou vodních děl ale nelze vyloučit vznik Mlýnského rybníka již také ve 14. století.

První písemné zmínky o Mlýnském rybníce jsou až mnohem mladšího data. Dosavadní literatura předpokládá jeho založení ve 2. polovině 17. století litoměřickými biskupy. Panství Stvolínky náleželo litoměřickému biskupství od roku 1655 až do 20. století. První jistý údaj o nádrži se nachází až v tereziánském katastru (příznávací fassé z roku 1713). Na 1. josefském vojenském mapování (1764–1768, rektifikace 1780–1783) má rybník název Damm Teich. Mlýn pod jeho dolní hrází je označen jako „Herrn oder Damm Mühle“. Rozsah plochy rybníka je na mapování i mladších kartografických pramenech zhruba shodný s dnešním stavem. Na uvedeném mapování, ale i mladších vojenských i katastrálních mapách naopak zjišťujeme, že rozsah sousedního Dolanského rybníka byl kratší o jihovýchodní výběžek. Východní výpustní strouha, sekaná do pískovcového podloží tedy musela být umístěna pouze na Bobřím potoce mimo rybníční nádrž. Tato situace je patrná ještě na leteckých snímcích z roku 1954 (www.kontaminace.cenia.cz).

Na rozdíl od mlýna pod Dolanským rybníkem (pozdější č. p. 2) nebyly prozatím nalezeny starší prameny pro mlýn č. p. 1 pod hrází Mlýnského rybníka. V tereziánském katastru (dokončen k roku 1757) je uveden pouze jeden mlýn s názvem „Hrázský“ a poznámkou, že je vybaven třemi koly a pilou. Na 1. josefském vojenském mapování (rektifikace 1780–1783) je mlýn pod Dolanským rybníkem označen jako „Brett oder Damm Mühle“ mlýn na výtoku z Mlýnského rybníka má název „Herrn oder Damm Mühle“. Nabízí se tedy kuriózní vysvětlení, zda nebyly v tereziánském katastru spojeny obě stavby dohromady. U č. p. 1 je uvedený počet tří kol příliš velký a pila zde není jinak doložena vůbec. Tomu odpovídá také označení obou mlýnů ještě na počátku 20. století jako přední a zadní „Dammühle“, s tím, že č. p. 2 má variantně i název Töllnmühle.

5 ZÁVĚR

Výše uvedená zjištění jsou pouze dílčím výstupem dlouhodobějšího zájmu o problematiku rybníků na Českolipsku. Specifickým rysem regionu je četné zasekání stop konstrukcí do pískovcového podloží, které zde registrujeme v podobě vodního díla obou rybníků tak i v případě konstrukcí dvou zaniklých archeologizovaných mlýnů, kdy především č. p. 2 při hlavní výpusti Dolanského rybníka představuje jeden z nejlépe dochovaných a ojedinělých skalních mlýnů v Čechách, kdy je skutečně větší část dispozice mlýna obsahující původně technologii vysekána ve skalním podloží. Kromě staveb mlýnů je unikátní i

zmiňovaná soustava výpustních zařízení, kdy u obou rybníků registrujeme hlavní výpust' sekanou ve skále, jalový přepad a samostatný náhon k mlýnu. U Dolanského rybníka je zachována ještě boční strouha ve východní hrázi, která odváděla vodu pod Mlýnský rybník např. při vyšším stavu vody či při možných opravách vodního díla.

Takováto sestava výpustí je typická pro řadu rybníků na Českolipsku a využitím unikátního skalního podloží se liší od rybníčních soustav na Chlumecku a Třeboňsku, či jinde v českých zemích. Dodnes lze tak ve skále vyčíst stopy jednotlivých konstrukcí, které jinde nenávratně zmizely, pokud nejsou výjimečně zachovány pod vodou. Vlastní plocha rybníků tak může skrývat ještě cenná archeologická zjištění, jak se ukázalo i v případě Mlýnského rybníka, kde se podařilo trámy loviště datovat pomocí dendrochronologické analýzy již do poloviny 16. století. Malebnou scenerii vodního díla doplňují četné klenuté mostky přes jednotlivé průrvy a strouhy, které umožňovaly komunikaci mezi jednotlivými částmi vodního díla i vlastními mlýny. Krajinný ráz celku a hodnota dochovaných stop a relikvů konstrukcí je bezpochyby jednou z nejhezčích a nejlépe dochovaných ukázek v dané oblasti. Význam lokality umocňuje fakt, že celá tato unikátní soustava je nejspíše vrcholně středověkého původu. Na základě písemných pramenů je možné klást založení Dolanského rybníka nejpozději do poslední čtvrtiny 14. století, u Mlýnského/Hrázského rybníka tyto prameny sice chybí, ale vzhledem k propojení obou vodních děl lze i jeho původ hledat v této době.

Souvislost se založením některých rybníků může mít i zánik staršího panského sídla Milčany (k. ú. Hostikovice) na ostrůvku Milčanského rybníka a jeho přesun do nové polohy Kickelsburg tj. Milčany v druhé sídelní etapě po zatopení prvotní sídla [4]. Zůstaneme-li ovšem ještě u samotných rybníků v povodí Bobřího potka, tak další prostor pro detailní průzkum nabízí zejména i výpustě výše položeného Nebeského rybníka se zajímavými stopami česel či klenutého propustku v hrázi anebo taktéž ve skále sekaná výpust' Kožského rybníka. Podobně je tomu i níže po proudu, kdy již nedaleko za hrázi Mlýnského rybníka se voda v bažinách dělí a umělou stokou směřuje část do Milčanského rybníka a zbylá voda napájí Holanský rybník, u kterého rovněž registrujeme sestavu několika výpustí tj. hlavní výpust', jalový přepad a také unikátní skalní průrvu s náhonem k mlýnu. Průrvu je za dvou obloukovým mostkem signována na skalním bloku vysekaným letopočtem 1713.

K podobným velmi zajímavým závěrům, kdy se průzkum soustředil na dokumentaci stop v pískovci, dendrochronologickou analýzu dochovaných dřevěných konstrukcí a kontext historických pramenů, se dospělo v nedávné době u celé řady lokalit na Českolipsku, kdy lze doložit vznik rybníků zejména v 16. století, výjimečně i starší středověké založení dle písemných pramenů, ale

pozoruhodný je ovšem i mladší vývoj v novověku. Těmto jednotlivým tématům budou věnovány další samostatné texty v odborném tisku.



Obr. 10 Mlýnský rybník, ukázka pořízeného fotoplánu, pohled od východu, hlavní výpust ve skalní průrvě, zpracoval Ing. P. Hlavenka – Ing. J. Vidman 2015.

Literatura

- [1] KOLKA, M. *Technická zařízení na vodní pohon v Dubé, Doksech a okolí*. Liberec: NPÚ, ÚOP v Liberci. 2014. 255 s. ISBN 978-80-87810-03-3.
- [2] FRUNDL, J., PODROUŽEK, K. *Skalní mlýny*. In: *Časopis Společnosti přátel starožitností* 2/2009, s. 95-105. ISSN 1803-1382.
- [3] PANÁČEK, J. *Rybníky v povodí Bobřího potoka na Českolipsku*. In: *Acta onomastica* XL, 1999, s. 164-177. ISSN: 1211-4413.
- [4] GABRIEL, F., PANÁČEK, J. 2000, *Hrady okresu Česká Lípa*, Praha, Ago, s. 73-75, 77-78. ISBN 80-7203-295-X.

Poděkování

Tato práce vznikla v rámci plnění výzkumných cílů NPÚ: Výzkum nemovitých památek v ČR. Aplikace nových metodik průzkumu a dokumentace – ohrožené druhy památek a jejich vybrané exempláře a Průzkum, dokumentace a hodnocení industriálního dědictví financovaných z institucionální podpory Ministerstva kultury ČR na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace.

HAVÁRIE RYBNÍKŮ A VODNÍCH NÁDRŽÍ ZA PŘÍVALOVÝCH POVODNÍ V ČERVNU A ČERVENCI R. 1875

DAM FAILURES AT FISHPONDS AND WATER RESERVOIRS DURING
FLASH FLOODS IN JUNE AND JULY 1875

Libor ELLEDER^{1,✉}, Jolana Šírová², Zvonimír Dragoun

¹ČHMÚ Praha, Oddělení aplikované hydrologie, Na Šabatce 17, 143 00 Praha 4

²ČHMÚ Praha, Oddělení hydrofondu, Na Šabatce 17, 143 00 Praha 4

✉elleder@chmi.cz

Abstract

The contribution presents flash floods in the Czech Lands during May-August 1875. In particular, the damages in fishpond systems are highlighted. In the Czech lands intense storms and flash floods were recorded in the period between June 24 and July 7 more or less every day, and some areas were hit two or three times in a row. Thus, we can talk about a certain period of a sequence of torrential flood days. The total count of collapsed fishponds was lesser comparing with floods in 1714 and 1872. However, this year 1875 could be of interest as an example of impacts of two weeks of flash floods on ponds. It is also a new piece to the mosaic of history describing the ponds origin and extinction.

Keywords: flash flood, 1875, historical hydrology

1 ÚVOD

Proč je rok 1875 pozoruhodný? Jeho zvláštností je vysoký počet konvektivních bouří, které v létě a především od 24. 6. do 9. 7. vedly ke každodennímu výskytu přívalových povodní. Tato situace připomíná formálně podobnou situaci v r. 2009, které byla věnována zvláštní studie [1]. V ČHMÚ Praha se k vydání připravuje rozsáhlejší text věnovaný právě fenoménu r. 1875.

Vzhledem k tradici předchozích příspěvků ČHMÚ Praha (2015, 2016) je i letošní text a referát věnován přehledu havárií na rybnících, které byly způsobeny povodněmi.

2 METODIKA

Cílem studie bylo vytvoření představy o územích zasažených přívalovými povodněmi a vysvětlení meteorologických souvislostí. Nejvhodnějším zdrojem byl dobový tisk výjimečně doplněný kronikářskými zdroji, který jsme se snažili (pokud to bylo možné) interpretovat anebo alespoň využít jako doklad rozsahu konvektivních bouří v jednotlivých dnech. Využili jsme i srážková měření (cca 70 stanic v r. 1875 pro území Čech), ale v tomto textu je neprezentujeme. Hlavním cílem zde je celkový přehled o škodách na rybnících v létě 1875, který prezentujeme.

3 PŘÍČINY POVODNÍ A HYDROLOGICKÁ ODEZVA

3.1 Širší kontext

Od r. 1868 bylo velkým problémem sucho, které nabylo katastrofálních rozměrů zejména v r. 1874. Postavení rybníků, jako využitelné zásoby vody, bylo v této situaci zjevně zcela specifické. Nadějí na možné zlepšení tíživé situace byly četnější srážky v červnu a červenci 1875, které ale měly většinou formu srážek přívalových, a to se všemi doprovodnými jevy včetně většinou lokálních přívalových povodní a následných škod.

Situace měla i evropské souvislosti, katastrofální povodně zaznamenala jižní Francie (Toulouse 23. 6.), Wales (14. 7.), střední Anglie, severní Itálie a řada míst v Německu a tehdejší Rakousku-Uhersku.

3.2 Meteorologické příčiny

Čtyři nebo pět období přívalových povodní v roce 1875 u nás souviselo s výskytem cirkulačních podmínek, které se vzájemně poměrně podobaly. V době výskytu bouří jsme se nacházeli většinou v oblasti nevýrazné brázd nízkého tlaku se současnou advekcí teplého a vlhkého vzduchu od JZ (např. od 24. 6. do 9. 7.), případně v blízkosti zvlněného teplotního rozhraní. Za této situace se většinou v odpoledních hodinách vytvářela konvektivní oblačnost a silné bouřky. Zaznamenané srážkové úhrny nebyly zcela výjimečné, šlo většinou o 40 až 60 mm při typické délce trvání bouří 1-2 h. Jen výjimečně bylo ale jádro bouřky poblíž některého z existujících 70 srážkoměrů, takže skutečné příčinné srážky byly pravděpodobně vyšší.

Po stránce synoptické byla situace v r. 1875 od té v r. 2009 odlišná. Silné bouřky s přívalovými povodněmi se tvořily za dlouhodobějšího východního proudění na okraji rozsáhlejší oblasti nižšího tlaku nad JV Evropou.

3.3 Hydrologická odezva

Desítky silných bouří způsobovaly většinou lokální povodně. Postižen byl především západ a severozápad Čech. Povodně se vyskytly zejména v květnu (22. a 23. 5., 29. 5. až 31. 5.), začátkem června (4. 6. až 6. 6.), nejvíce koncem června a začátkem července (18. 6., 24. 6. až 9. 7.), dále koncem července (17. 7. až 24. 7.) a začátkem srpna (1. 8.). Následkem povodní zahynulo přinejmenším 16 osob, došlo k lokálním přerušením provozu drah, škodám na silnicích, domech a někdy výrazným morfologickým projevům. V 9 či 10 případech došlo k poškození či ohrožení hrází rybníků anebo jiným nehodám, které jsou předmětem tohoto textu.

3.4 Pohotová manipulace na rybnících u Nového Jáchymova a varování obyvatelstvu

Kratší období bouří mezi 4. a 6. 6. přineslo první případ ohrožení hrází rybníků. Večerní bouře na Habrovém p. mezi Novým Jáchymovem a Nižborem připomínala katastrofu z r. 1872. Zkrácený popis přinesl denní tisk, např. Národní Listy: „*Dne 4. června t. r. bylo u nás strašné parno. K šesté hodině večer stahovaly se nad celým okolím husté mraky ... Brzo na to strhl se prudký liják provázen krupobitím; potok se tak rozvodnil a lid postrašený očekával strachem, co se dítí bude. V tom jel posel na koni z Nového Jáchymova, oznamuje, že vytáhli stavidla u tamějších rybníků, by na blízku vody bydlicí lidé ihned vystěhovali. Nastal zmatek všeobecný; lid se stěhoval, dobytek vyváděn na místa bezpečnější. Mezi tím přihnula se mocným proudem voda, protrhávající hráze valí se přes pole, luka a zahrady vše drtící a odnášející.... Želeti jest, že i jeden život lidský v Nové Huti [Nižboru] padl za oběť rozkacenému živlu“*, (Národní Listy č. 157 z 10. 6. 1875). Protržení hrází rybníků na Habrovém p. a jeho následky z r. 1872 [3] bylo ještě v dobré paměti.

3.5 Protržení hráze rybníka na Pekelském p. u Příbrami 24.6.

Ve čtvrtek 24. 6. (jenom den po katastrofální povodni ve Francii v Toulouse) začala každodenní série bouří a přívalových povodní. Jen tento den jich lze v Čechách napočítat téměř 20. Novinová zpráva o stržení rybníku u obce Veselá byla stručná (překlad z němčiny autor): „*Z Mirošova v Čechách je Weltblattu sdělováno: v zdejším okolí strhla se 24. 6. strašná bouře. Přívalový déšť smíšený s kroupami velikosti holubích vajec, následoval krátce poté, voda sbíhala se do proudů a strhala u Veselé hráz rybníka, a sice na dvou místech, zničila tak skoro zcela moučný mlýn.* (Welt-Blatt z 29. 6. 1875). Mohlo jít

pravděpodobně o dnes neexistující rybník na Pekelském potoce. Zničený byl patrně tzv. Pekelský mlýn u Veselé pod ním.

3.6 Protržení hráze rybníka v Tuchoměřicích na Únětickém potoce ve středu 30. 6.

Slánsko, Velvarsko a okolí Prahy byly postiženy přivalovými povodněmi v r. 1875 alespoň třikrát či čtyřikrát. Jen zprávy o poškození Štěpánovského mlýna na Únětickém p. v Tuchoměřicích přinesl tisk třikrát (povodeň tu byla 30.6., 2.7. a 20.7.). K protržení rybníka nad mlýnem došlo ve středu 30. 6., po silné bouři, která oblast na západ od Prahy zasáhla mezi 16. až 17. h. Voda se valila údajně „ze skal“, tedy z okolních strání možná více než vlastním potokem. Nejvíce byl postižen Štěpánkův (Kopanský) mlýn pod soutokem Únětického a Kopanského potoka. Mlynář V. Štěpánek měl v úmyslu vytáhnout stavidla, ale hráz se protrhla dříve a voda zaplavila budovu mlýna. Manželce s dítětem se po schodech podařilo se dostat do bezpečí (Národní Listy č. 190 z 13. 7. 1875). Tak jako v okolí, byly i zde značné škody a mocné nánosy šterku.

3.7 Průtrž rybníků u Mladé Vožice v neděli 30. 5. a v sobotu 3. července

Oblast kolem Mladé Vožice a její blízké okolí bylo zasaženo v létě roku 1875 intenzivními bouřkami přinejmenším čtyřikrát (30. 5., 24. 6., 27. 6. a 3. 7.). Přitom dvakrát došlo v okruhu města k protržení rybníků. Poprvé v neděli 30. 5. byly zasaženy rybníky na horním toku Trnavy: „...*Přivaly vod přetrhly hráze rybníků v Horní Světlé a v Lomné [Zadní Lomná], takže voda z nich vytekla a zároveň při tom i mnoho ryb k zničení přišlo*“. (Pražský Deník, z č. 129, 9. 6. 1875).

Do historie Mladé Vožice se zapsala až bouře ze soboty 3.7. Svědectví o následné povodni podávali různí dopisovatelé novin z Chýnova (Národní Listy), Mladé Vožice (Pražský deník č. 153 z 8. 7. 1875) a Obratic (Politik). Jádro srážek zasáhlo kolem 14 h vysoko položené (kolem 700 m n. m.) rozvodí přítoků Blanice, Trnavy a Lužnice. Povodí bylo již silně nasycené po předchozích událostech a Blanice prudce stoupala, takže kolem Dubiny (obr. 1) se protrhly některé rybníky (nebylo řečeno které) a většina mlýnů (Dubina, mlýny pod soutokem Blanice s Radvanovským potokem, Obecní mlýn) byla v ohrožení. Největší škody byly způsobeny na Podhradském rybníku a na stejnojmenném mlýně (ve vlastnictví mlynáře Rajského). Osazenstvo mlýna se ukrylo na půdě stodoly a v poschodí mlýna odkud je obyvatelé města s nasazením života zachránili. Hráz rybníka se protrhla až ve chvíli, kdy všichni byli již v bezpečí.

Voda starý mlýn (z r. 1639) zcela zničila. Škoda na mlýně představovala 16000 zl. celkem v Mladé Vožici 30 000 zl.



Obr. 1 Výřez (podle stabilního katastru) povodí horní Blanice nad Mladou Vožicí, s postiženou lokalitou rybníka Podhradského a Podhradským mlýnem.



Obr. 2 Zálužský potok mezi Nehvizdky a Čelákovicemi na jehož horním toku se protrhl rybník v obci Nehvizdky (rekonstrukce podle stabilního katastru).

3.8 Protržení rybníka na Nehvizdském potoce u Čelákovic v sobotu 3. července 1875

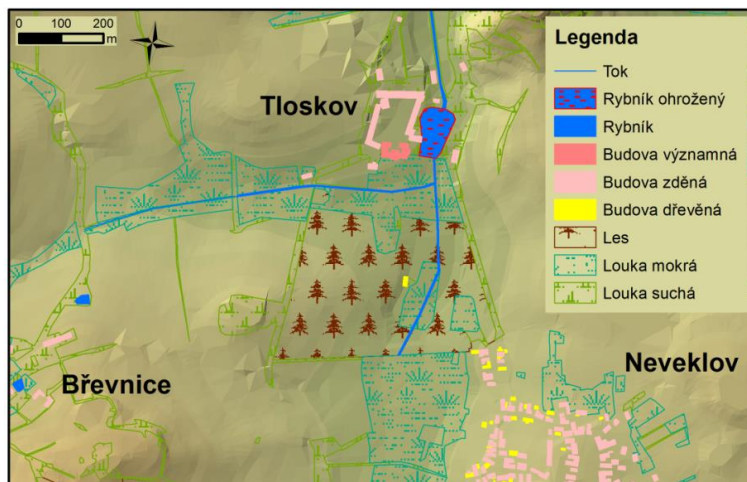
Ve stejný den zasáhla intenzivní bouře i oblast severozápadně od Prahy. Lokalita, zasažená po 15. h přivalovým deštěm leží na návrší na rozvodí Výmoly a Zálužského potoka, (cca 250 m n. m). Vodu proudící z návrší zachytil Zálužský potok ústící do Labe v Čelákovících (obr. 2): „Průtrží mračen postižena byla 3. t. m. také obec nehvizdská (u Ouval). Právě spousty vod lily se s oblak a zaplavily záhy až na loket [60 cm] výše nížiny. S výšin proudily se veliké potoky, které zaplavily v brzku rybník tak, až hráz se protrhla. Voda valila se s největší prudkostí dále. Celé kusy polí byly i s obilím a prstí ornou odplavány. V zahradách vyvráceny ovocné stromy z kořenů. V nedaleké obci Záluží zatopila voda, valící se s rybníka, chlévy a příbytky a při odpadnutí lovení kapři v chlévích a na zahradách, což zajisté jest vzácností“, (Posel z Prahy č. 159 ze 7. 7. 1875).

V případě Zálužského potoka došlo k povodni rovněž v červnu 2013, kdy byl stejný rybník přeplněn vodou, nicméně jeho hráz vydržela.

3.9 Protržení hrází rybníků na Plzeňsku a Přešticku v pondělí 5.7.

Na rozdíl od jiných dní zasáhly bouře v pondělí 5. 7. naše území brzy po ránu. Na Plzeňsku byla již třetí povodeň v krátké době po sobě (předtím 29. 6. a 2. 7.). Nejvýraznější byla povodeň u Přeštic na drobném Kucínském p. Uvádíme zde ukázkou popisu z dobového tisku: „Z Lukavice, 5. července (Pův. dop.) Bouře a krupobití. Již po celých čtrnáct dní [pozn.: tedy údajně od 21. 6., ve skutečnosti spíše od 24. 6.] panují zde bouřky s krupobitím, objevující se dílem každodenně, dílem obden. S nimi spojeny jsou hrozná lijáky, které pole strhávají a obilí rumem zavážejí: také dnes o 4. hod. ranní přihnala se strašná bouře... v okamžení všechny níže položené cesty, louky a pole pod vodou se octly... Jsou místa, kde nejstarší lidé takové povodně nepamatují. Mnohé stavení muselo býti opuštěno a obyvatelé jeho byli nuceni na pahorky utéci: to právě platí o obci Dolce. Jezy, které mají účel vodu zadržovati pro vodárnu zdejší, jsou strženy a na místě jich jsou propastě; nejsilnější dřeva jsou jako třísky přelámána. Silnice přetrženy a mosty zbořené poskytují smutné divadlo...“, (Plzeňské Listy č. 36 z 8.7. 1875). Je otázkou, zda mohlo jít následek o protržení místního Obecního rybníka anebo o nějaké menší nádržky na Kucínském potoce, interpretace textu je ještě otevřená. Druhou postiženou lokalitou byly Všeruby u Plzně: „...Ale v pondělí ráno (5. 7.) o 4. hodině zbudí ze spánku obyvatelstvo celé vřkolní krajiny opět strašně burácení hromu... a v tom stala se průtrž mračen, tedy potřetí tyto dny v našem nejbližším okolí. Rybníky se strhaly, mnoho polí je potrháno. Pohled

na Všeruby jest hrozný, celé městečko jest samé jámy a samé rokle, není možná dopodrobna vypsati, jaké škody tyto 3 dny způsobily...“; (Plzeňské Listy č. 37 z 11. 7. 1875). Podrobnosti o těchto rybnících chybí, snad mohlo jít o drobnější rybníky nad Všeruby anebo rybník Hroznatán u Radvanovic, tedy největší rybník proti proudu nad Všeruby, který tehdy existoval jako dnes.



Obr. 3 Tloskovský potok a rybník ohrožený povodní v pondělí 5. 7. 1875 (rekonstrukce situace podle stabilního katastru).

3.10 Zpráva o ohrožení rybníka v Tloskově u Neveklova v pondělí 5. července

V tentýž den postihly četné bouře i Benešovsko a Neveklovsko. V deníku Bohemia (Bohemia č. 187 z 8. 7. 1875) se objevil popis událostí. Byl zde zaznamenán srážkový úhrn $1\frac{1}{2}$ '' (palce) za 90 minut, což odpovídá 39 mm/90 min, resp. intenzitě deště 25–27 mm/h, Autor článku předpokládal, že tento srážkový úhrn zasáhl rovnoměrně celou horní část povodí Tloskovického potoka s plochou povodí (po přepočtu z jiter) 14,38 km². Odhadl celkový objem spadlých srážek na povodí na cca 540 000 m³ (po přepočtu z krychlových stop). Objem vody, který provedl odtokový objekt Panského rybníka, stanovil hydrotechnickým výpočtem na 150 000 m³. Tento objem vody (jak uvedl) prošel „Panským“ čili Tloskovickým rybníkem (obr. 3), který uzavírá horní část povodí potoka, za dobu 4 h. Z toho vychází průtok průměrně cca 10 m³.s⁻¹, ale v době kulminace možná podstatně více. Pro stejný profil byl podle posudku ČHMÚ odvozen stoletý průtok cca 16 m³.s⁻¹. Můžeme tedy připustit, že v době kulminace mohl být stoletý průtok překročen, alespoň pokud budeme vycházet

z publikovaných údajů. Výpustný objekt i hráz rybníka značný nápor vydržely. Tento příklad hydrologického rozboru povodně uveřejněný v denním tisku je jistě neobvyklý. Tloskov byl uveden později jako srážkoměrná stanice v seznamu stanic v ročence lesnického spolku z r. 1879 (tuto vydal Emanuel Purkyně).

3.11 Zaplavení zrušeného rybníka Kavan u Rakovníka a tragédie v uhelném dole Moravia 5.7.

Těžba uhlí u Rakovníka vedla po r. 1870 k vypuštění rybníka Veliký a rybníka Kavan, tak aby nedocházelo k průsaku vody do šachet. Rybník Veliký byl zřízen roku 1482, r. 1524 byl oddělen rybník Prdatka, později nazývaný Kavan. Při ranní bouři kolem Rakovníka se rozvodnil Lišanský p., který vypuštěný rybník naplnil. Další popis plyne z dobového tisku: „*Dne 5 t.m. snesl se totiž nad okolím rakovnickým takový liják, že vodní průkop poblíž města přeplnil se vodou; voda стекла do šachty a naplnila ji až k vrchu. Ačkoliv dalo se znamení, aby horníci vystoupili nahoru, pohřešují se tři svobodní dělníci...*“, (Národní Listy č. 186 z 9. 7. 1875). Toto neštěstí předznamenalo další podobné události: 22. května 1882 zde údajně zahynuli znovu tři horníci a hornickou činnost u Velkého rybníka „Na Moravii“ ukončila definitivně až třetí povodeň v červnu 1888, kdy byly doly znovu zatopeny.

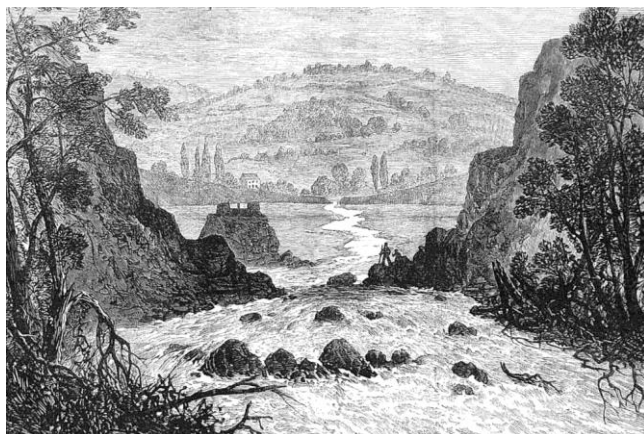
3.12 Protržení hráze rybníka na Točnickém p. v Obytcích u Klatov 6.7.

Následujícího dne postihla jedna z bouří i okolí Klatov, kde již před čtyřmi dny byl těžce postižen bouří v pátek 2. 7. Sobětický mlýn na Mochtínském p., ale souvislost s protržením rybníka je tu nejasná. V úterý 6. 7. se po odpolední bouři rozvodnil přítok Točnického p. u Klatov: „*Děsný přívál provázený bouří strhl se 6. července nad Slavošovicemi, Bolešíný, Obycemi [Obytce] a Kydlinami atd., kde veškeré seno odplaveno a luka zakalena tak, že pokryta jsou silnou vrstvou vymleté na polích prstě. V Obycích přetrhla voda hráz rybníka [není jasné, zda horní či dolní rybník] a zaplavila zahrady ničíc vše, co jí v cestu přišlo. V Bolešínách odplavila ohromné pařezy*“, (Posel z Prahy z 13. 7. 1875).

3.13 Protržení hráze vodní nádrže 14. července ve Walesu

Závěrečná ukázka je zahraniční, zastupuje velké množství jiných povodní v Evropě a je jednou z mála, k níž máme i ikonografický materiál ilustrující protrženou hráz. Po přívalem dešti 14. 7. na jihozápadě Anglie došlo k protržení hráze vodní nádrže (z r. 1792), která vyrovnávala přítok

k Montmountshirském kanálu nedaleko města Cwmbran ve Walesu (obr. 4). Špatně udržovaná hráz se náporem vody prolomila a voda zničila domy pod hrází a textilní manufakturu, celkem se utopilo 14 osob.



Obr. 4 Protržená hráz Cwmbran ve Walesu po přívalemé dešti 14. 7. 1875 (Illustrated London News z července 1875)

4 SHRUTÍ A ZÁVĚR

Celkově uvádíme na našem území 9 až 10 případů protržení nebo ohrožení rybníčních hrází (obr. 5), v povodí Berounky 5 případů (Obytce, Dolce (nejistý), Pekelský mlýn, okolí Všerub a Nový Jáchymov), tři případy v povodí Sázavy (Dolní Lomné, Mladá Vožice, Tloskov), jeden případ v povodí Vltavy (Tuchoměřice) a jeden v povodí Labe (Nehvizdky).

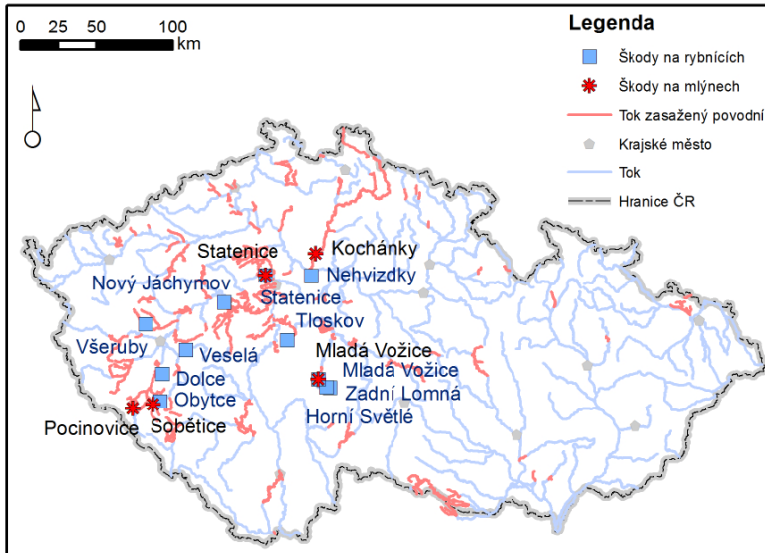
Nejkritičtější dnem byla středa 5. 7., kdy došlo ke dvěma událostem v západních Čechách, ohrožení rybníka v Tloskově a tragedii poblíž rybníka Kavan. Důvodem byl zčásti také nečekaný ranní nástup bouří kolem 4 a 5 h.

Rybníční soustavy v jižních Čechách zůstaly většinou mimo oblasti zasažené přívalemými bouřkami ale také rybníky postižené v r. 1872 kolem Berounky a Bělanky tentokrát nezaznamenaly téměř žádnou úhnu.

Nejnebezpečnější situací byla zjevně průtrž hráže Podhradského rybníka u Mladé Vožice, která vymazala z mapy starý mlýn Podhradec. Jenom velkou náhodou při této situaci nedošlo k obětem na životech. Tři oběti si ale vyžádalo zatopení vypuštěného rybníka Kavan u Rakovníka a následné zatopení šachty dolu Moravia.

Při srovnání s předchozími zpracováními havárií rybníků za katastrofálních přívalemých povodní v letech 1714 [2] a 1872 [3] se tentokrát jedná o situaci

relativně méně významnou, a to jak z hlediska předpokládatelných srážek, odhadovaných průtoků tak celkově evidovaných škod. Na druhou stranu docházelo k povodním a též poškozením rybníčních hrází ne v jediný den, ale po dobu několika týdnů, a to často neméně překvapivě a rychle jako v letech 1714 a 1872.



Obr. 5 Přehled zaznamenaných škod či ohrožení rybníků, mlýnů a úseků zasažených lokálními povodněmi v r. 1875.

Literatura

- [1] KUBÁT, J. a kol. Vyhodnocení povodní v červnu a červenci 2009 na území České republiky (souhrnná zpráva). Praha: ČHMÚ. 2009. [online:] <http://voda.chmi.cz/pov09/doc/01.pdf>
- [2] ELLEDER, L., KREJČÍ, J., ŠÍROVÁ, J. Rybníky na horní Sázavě za povodně v r. 1714: Rybníky - naše dědictví i bohatství pro budoucnost, sborník příspěvků odborné konference 18. -19. června 2015 na SF ČVUT Praha, s 27-35, ISBN 978-80-01-05465-0
- [3] ELLEDER, L., ŠÍROVÁ, J., KREJČÍ, J., KAŠPÁREK, L., DRAGON, Z. Osudy rybníčních soustav v povodí dolní Berounky a Blšanky za katastrofální povodně v květnu 1872.: Rybníky 2016 – sborník příspěvků odborné konference konané 23. - 24. června 2016, 2016 s. 27-35. ISBN 978-80-01-05978-4.

IDENTIFIKACE ZANIKLÝCH RYBNÍKŮ NA STARÝCH MAPÁCH PRO POTŘEBY POSOUZENÍ MOŽNOSTI JEJICH OBNOVY

IDENTIFICATION OF VANISHED PONDS ON OLD MAPS FOR THE
PURPOSE OF ASSESSING THEIR POTENTIAL RESTORATION

**Hana SKOKANOVÁ^{1,✉}, Marek Havlíček¹, Václav David², Renata
Pavelková³**

¹*Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i., Odbor ekologie
lesa, Lidická 25/27, 602 00 Brno*

²*ČVUT v Praze, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, Fakulta stavební,
Thákurova 7, 166 29 Praha 6 – Dejvice*

³*Univerzita Palackého v Olomouci, Katedra geografie, Přírodovědecká fakulta, tř. 17.
listopadu, 771 46 Olomouc
✉hanka@skokan.net*

Abstract

The paper presents methods and partial results of an assessment how to identify vanished ponds that might have some potential for their restoration. For this assessment 9 river basins were selected across the Czech Republic. The identification is based on old maps and ortoimages representing 6 time steps from 1836 to 2014. It consists of several steps. In the first step, all ponds larger than 0.1 ha are vectorised for each time steps. To select ponds that could be potentially restored, only those existing during 1836-1956 were considered. Next, these ponds have to be more than 100 m distant from present anthropogenic features. Such selected ponds are then assessed for presence/absence of remains of their dams. The results show that the number of identified ponds in selected river basins ranges from 3 to 61 and that there are no remains of former dams for the majority of such identified ponds.

Keywords: pond, restoration, potential, old map

1 ÚVOD

S měnícím se klimatem se čím dál častěji vyskytují hydrometeorologické extrémy v podobě povodní na jedné straně a sucha na druhé straně. Projevy těchto extrémů jsou navíc umocňovány špatným hospodařením v krajině, kdy

intenzivní velkoprostorové zemědělství či výstavba rozsáhlých dopravních a jiných technických struktur zhoršují schopnost krajiny vodu zadržovat, tj. její retenci. Zhoršená retence krajiny ovšem není záležitostí posledních desetiletí, ale je to důsledek historického vývoje ovlivňování krajiny, které s rozvojem průmyslové revoluce na konci 18. a v 19. století dosáhlo významných měřítek a v průběhu 20. století akcelerovalo. Mezi zásahy do vodního režimu krajiny patřilo vysušování mokřadů, rušení bývalých rybníků, napřimování vodních toků a později stavba rozsáhlých přehrad. Na jedné straně tedy stála snaha co nejrychleji odvést vodu z krajiny, na straně druhé, poté co se díky těmto odvodňovacím opatřením a dalším příčinám (např. kácení lesů v horních částech povodí) začaly objevovat rozsáhlé záplavy, se přistupovalo k technokratickému řešení ochrany obyvatelstva a sídel před povodněmi, k zásobování sídel a průmyslových podniků vodou a k zavlazňování zemědělské půdy [1].

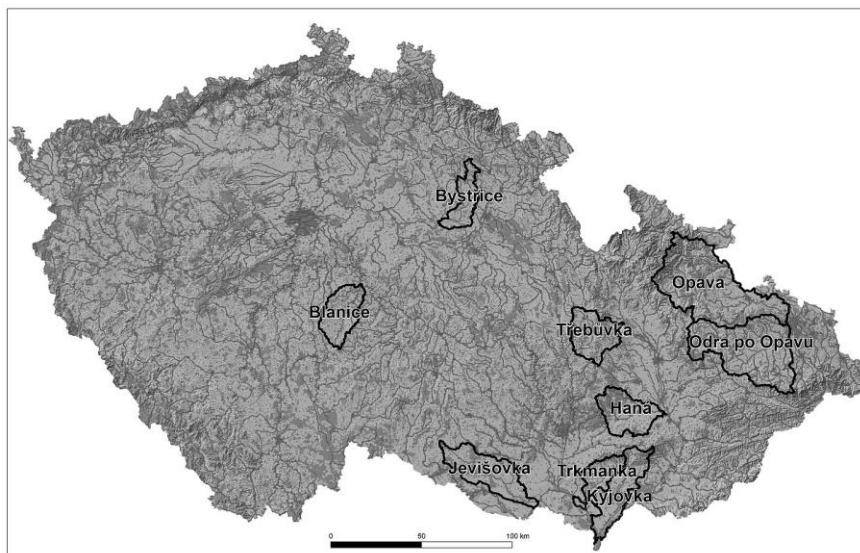
Výstavba přehrad do jisté míry může přispívat ke zvýšené retenci krajiny, nicméně často natropí víc škody než užítku, což je charakteristické především pro velká přehradní díla. Z environmentálního hlediska je pro zadržování vody v krajině zásadnější přistupovat k obnově mokřadů, obnově, resp. výstavbě malých vodních nádrží, kam můžeme zařadit i rybníky [2], revitalizaci a renaturalizaci vodních toků.

Pro obnovu, resp. výstavbu malých vodních nádrží včetně rybníků lze využít jako podklady staré mapy, které zachycují, kde se tyto útvary v minulosti nacházely. Staré mapy mohou různou měrou zkreslovat přesnou polohu či velikost vodních útvarů na nich zachycených. To je problém především map ze starších období, které nejsou založeny na přesných geodetických základech, ať již se v podmínkách České republiky jedná o Müllerovu mapu Moravy a Čech z počátku 18. století [3] nebo mapy I. rakouského vojenského mapování z konce 18. století [4]. Z tohoto hlediska je vhodnější pro výzkum využít map z novějších období od poloviny 19. století do současnosti, kdy se geodetické základy začaly běžně používat. Prvním představitelem těchto "moderních" map jsou pak mapy II. rakouského vojenského mapování z let 1836-1852 [2]. Tyto mapy sloužily jako podklad pro vytvoření celorepublikové databáze zaniklých rybníků České republiky [2], která může představovat jeden z podkladů pro identifikaci potenciálně obnovitelných rybníků na území České republiky.

Možnost identifikovat potenciálně vhodná místa pro obnovu bývalých rybníků na podkladě starých map a dalších moderních digitálních zdrojů řeší projekt "Obnova a výstavba rybníků v lesních porostech jako součást udržitelného hospodaření s vodními zdroji v ČR", financovaný z programu KUS Ministerstva zemědělství. Tento projekt byl zahájen v roce 2016 a má být ukončen v roce 2018. Na projektu se podílejí pracoviště Českého vysokého učení

technického, Univerzity Palackého v Olomouci, Výzkumného ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví a firma Rovina.

Zde prezentovaný příspěvek nastiňuje metodiku, jakým způsobem využít staré mapy a moderní prostředky dálkového průzkumu Země (DPZ) pro identifikaci potenciálních míst pro obnovu rybníků. Tato metodika je posléze testována ve vybraných povodích České republiky (obr. 1).



Obr. 1 Vybraná modelová povodí

2 MODELOVÁ POVODÍ

Vybraná povodí spadají převážně do povodí třetího řádu. Jedná se o povodí Blaničice, která je dílčím povodím Sázavy, Bystřice, Hané (díličí povodí Hané a Moravy od Hané po Dřevnici), Třebůvky (díličí povodí Moravy od Moravské Sázavy po Třebůvku a Třebůvka), Jevišovky (díličí povodí Jevišovky a Dyje od Jevišovky po Svatku), Kyjovky, Trkmanky (obě díličí povodí Dyje od Svatky po ústí), Odry po Opavu a Opavy (včetně Moravice a Opavy od Moravice po ústí). Povodí Blaničice a Bystřice spadají do povodí Labe, Opava s Odrou do povodí Odry a zbývající povodí do povodí Moravy.

Pro povodí je charakteristická různá velikost, různá nadmořská výška a různá lesnatost. Přehled těchto charakteristik je uveden v tab. 1.

Tab. 1 Charakteristiky zkoumaných povodí v roce 2015 – celková rozloha, lesnatost, maximální, minimální a průměrná nadmořská výška

název povodí	rozloha (km ²)	lesnatost (%)	max. nadm. výška (m)	min. nadm. výška (m)	prům. nadm. výška (m)
Blanice	543	27,0	724	304	480
Bystřice	379	16,7	672	213	288
Haná	614	30,2	656	190	328
Jevišovka	787	25,1	587	171	324
Kyjovka	678	29,0	564	151	232
Odra po Opavu	1616	32,2	1257	203	404
Opava	2088	40,0	1491	204	527
Trkmanka	363	20,2	438	158	239
Třebůvka	580	43,1	677	242	440

3 PODKLADY A METODIKA

3.1 Podklady

Pro identifikaci potenciálu obnovy rybníků byly využity staré topografické mapy z pěti časových období, ortofotosnímky z roku 2014, digitální model ZABAGED z roku 2015 a 5G model reliéfu z roku 2015. Staré topografické mapy byly reprezentovány mapami II. rakouského vojenského mapování v měřítku 1:28 800 z období 1836-1852, III. rakouského vojenského mapování v měřítku 1:25 000 z období 1876-1880, československými topografickými mapami v měřítku 1:25 000 z období 1953-1956 a 1988-1995 a základními mapami ČR v měřítku 1:10 000 z období 2002-2006.

Staré topografické mapy a ortofotosnímek z roku 2014 sloužily k identifikaci vodních ploch, ortofotosnímek byl rovněž využit při získání dat o současných antropogenních plochách. Mezi antropogenní plochy patří zástavba, rekreační plochy a plochy ostatní, především těžební. Digitální model ZABAGED byl využit pro identifikaci lesních porostů a vodních ploch ze současného období. 5G model reliéfu sloužil pro zjištění stavu hráze vybraných rybníků (viz dále).

3.2 Metodika

Identifikace a hodnocení potenciálu obnovy rybníků se sestává z několika kroků. V prvním kroku je hodnocen vývoj vodních ploch ve výše zmíněných šesti obdobích. Znamenalo to vektorizaci vodních ploch nad každou mapovou sadou, přičemž pro období II. rakouského vojenského mapování byla využita již

vzniklá vrstva rybníků, která byla doplněna o rybníky menší. Nejmenší vektorizovanou plochou byly plochy o velikosti 0.02 ha. Zachycené vodní plochy byly rozděleny do 4 kategorií: rybníky, umělé nádrže (zemědělské, průmyslové, požární, koupaliště včetně plováren, přehrady vodní plochy vzniklé po těžbě včetně odkališť) a přírodní nádrže (jezera a tůň vzniklé odškrcením vodních toků).

V následujícím kroku jsou vybrány vodní plochy větší než 0.1 ha. Toto kritérium bylo nastaveno proto, že je vysoce nepravděpodobná obnova menších ploch a zároveň se tím výrazně eliminují umělé vodní nádrže. U takto zvolených ploch byla vypočítána vzdálenost k nejbližší vodní ploše z nejnovějšího období (2015) a k nejbližšímu současnému antropogennímu prvku.

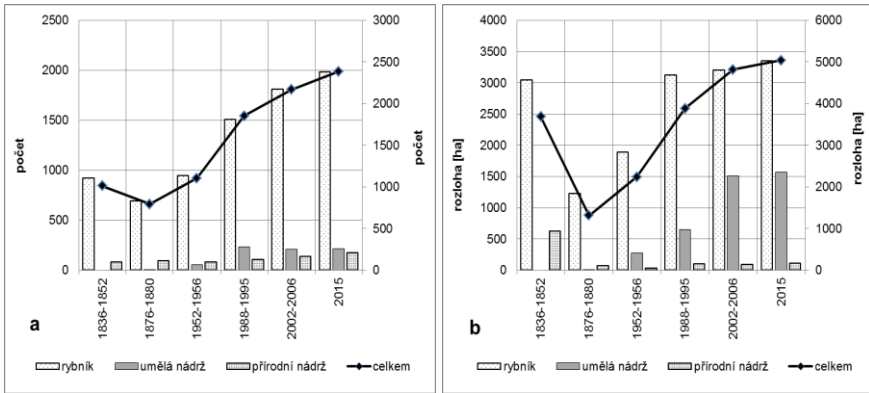
Pro potenciál obnovy jsou brány v potaz pouze vodní plochy, které se nacházely v prvních třech obdobích, tj. 1836-1852, 1876-1880 nebo 1952-1956. Tyto vodní plochy musí také splňovat další dvě kritéria: jejich vzdálenost od současných vodních ploch musí být větší než 100 m. Hranice 100 m byla použita proto, aby se předešlo případným chybám vzešlých s polohopisných chyb při záznamu v dřívějších obdobích. Zároveň se jedná pouze o vodní plochy kategorizované jako rybníky, případně přírodní nádrže.

V posledním kroku jsou z tohoto souboru vybrány pouze plochy, které jsou vzdálené od současných antropogenních ploch více než 100 m (předpokladem je, že vodní plochy, které zasahují do současné zástavby či jsou v jejich bezprostřední blízkosti, se obnovovat nebudou) a spadají do kategorie rybníky.

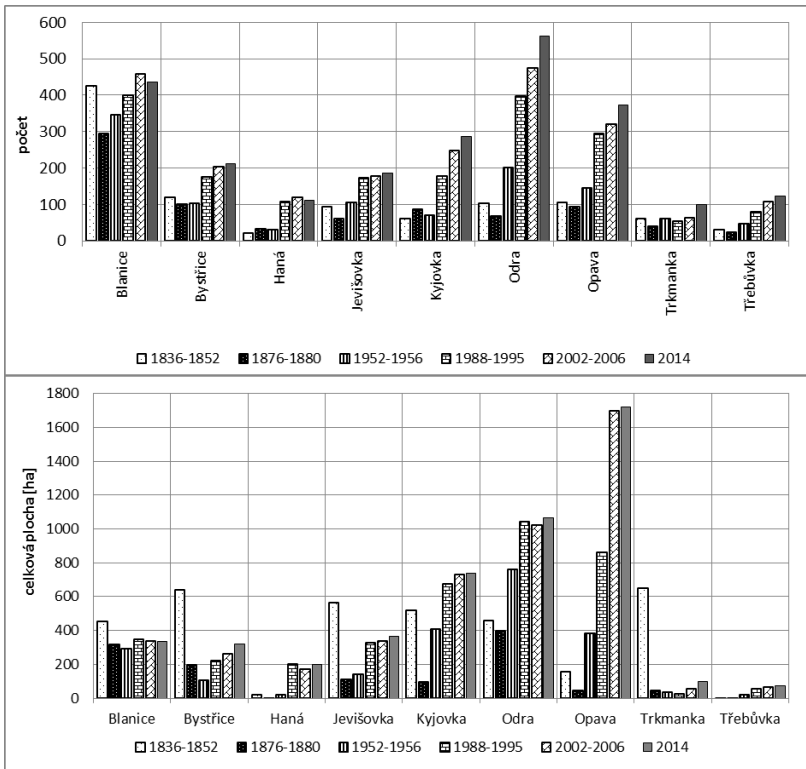
U takto vybraných vodních ploch se podle 5G modelu reliéfu zjišťuje stav hrází. Stav je kategorizován do 6 kategorií, přičemž v prvních třech kategoriích hráz je dobře patrná, v následujících dvou kategoriích jsou dochovány zbytky hráze a v poslední kategorii po hrázi nezůstávají stopy.

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

Analýzy existence vodních ploch v jednotlivých časových obdobích ukázaly typický pokles počtu vodních ploch a jejich rozlohy na konci 19. století ve všech sledovaných povodích, přičemž pokles rozlohy byl markantnější než pokles počtu. Za rušením vodních ploch stálo několik významných hybných sil. Především se jednalo o nerentabilitu chovu ryb, rozvoj cukrovarnictví, zvýšení poptávky po orné půdě, rozvoj těžby uhlí a změny ve zpracování zemědělských produktů [4][2]. V následujících obdobích celkově počet vodních ploch i rozloha stoupaly, nicméně existují regionální rozdíly [4] (obr. 2).



Obr. 2 Celkový vývoj počtu (a) a rozlohy (b) vodních ploch v modelových povodích



Obr. 3 Vývoj počtu (nahore) a rozlohy (dole) vodních ploch v modelových povodích v období 1836-2015

Jak je patrné z grafu na obr. 2, na nárůstu rozlohy vodních ploch se v pozdějších obdobích podílely hlavně umělé vodní nádrže, a to především výstavba přehrad. To je v souladu s budováním velkých vodních ploch pro potřeby zemědělství a průmyslu a jako protipovodňová opatření, typických pro druhou polovinu 20. století [1]. Významnější vliv však měla také výstavba velkých rybníčních soustav, např. na Kyjovce, Odře a Opavě (obr. 3).

Výběr potenciálních vodních ploch pro jejich obnovu, který následoval po prostorové analýze vývoje těchto vodních ploch, značně zredukoval množství vhodných lokalit. Počet potenciálních míst se pohyboval od 3 (povodí Třebůvky) po 61 (povodí Blanice). Z takto vybraných lokalit se jich nejvíce vztahovalo k rybníkům, které existovaly v polovině 19. století (tab. 2).

Tab. 2 Počet potenciálních míst pro obnovu rybníků v modelových povodích a jejich výskyt v prvních třech obdobích a jejich kontinuita (1 – 1836-1852; 2 – 1876-1880; 3 – 1953-1956; K – kontinuita)

název povodí	celkem	1	2	3	K 1/2	K 1/3	K 2/3	K 1/2/3
Blanice	61	46	25	8	15	3	3	3
Bystrice	26	23	11	0	13	0	0	0
Haná	10	4	6	1	1	0	0	0
Jevišovka	21	16	2	4	1	0	0	0
Kyjovka	26	13	14	6	5	2	0	0
Odra po Opavu	10	5	2	5	2	0	0	0
Opava	17	10	6	4	3	0	0	0
Třebůvka	3	1	0	2	0	0	0	0
Trkmanka	9	8	1	0	0	0	0	0

Z hlediska kontinuity vodních ploch byla kontinuita až do 50. let 20. století zaznamenána pouze v povodí Blanice. Pokud nějaká kontinuita zaznamenána byla, jednalo se o první dvě období. Nicméně většina rybníků byla na konci 19. století vysušena a už k jejich obnově nedošlo [6]. Tomu odpovídá i současný stav hrází u výše identifikovaných rybníků.

Většina hrází se v současnosti v krajině vůbec nenachází (u více než 60 % rybníků nejsou v 5G modelu reliéfu zaznamenány žádné stopy hrází). Dochované hráze byly nalezeny pouze u 19 % rybníků. I v tomto ohledu však existují regionální rozdíly. Nejvíce dochovaných hrází bylo nalezeno v povodí Jevišovky a Blanice, zatímco v povodí Třebůvky se nedochovala žádná celistvá hráz a pouze u jednoho rybníku jsou na modelu reliéfu patrné nějaké pozůstatky.

5 ZÁVĚR

Prostorová analýza vývoje vodních ploch ve vybraných povodích ukázala rozdíly v jednotlivých modelových povodích, avšak odhalila i obecný trend výrazného poklesu rozlohy vodních ploch na konci 19. století, spojeného s hybnými silami reflektujícími tehdejší přechod feudální společnosti na společnost průmyslovou, a výrazný nárůst rozlohy vodních ploch ve druhé polovině 20. století, spojený tentokrát s výstavbou velkých vodních nádrží a rybníčních soustav, které nabývaly až průmyslového charakteru.

V současnosti se s prohlubováním environmentálních poznatků od výstavby velkých vodních nádrží ustupuje (i když existují výjimky, viz [5]) a podporuje se obnova, resp. výstavba drobných vodních prvků v krajině a realizace dalších opatření, které by přispěly ke zvýšení retence vody v krajině.

Z tohoto důvodu může zde prezentovaná metodika pro identifikaci vhodných lokalit, kde již v minulosti vodní plochy existovaly, být využita pro obnovu konkrétních vodních ploch. Jako jeden z přínosů této metodiky lze spatřovat fakt, že kromě samotné prostorové identifikace vodních ploch, které se v naší krajině kdysi vyskytovaly, využívá i další moderní nástroje, jež umožňují zjistit potenciál využitelnosti stávajících hrází rybníků a jejich profilů. Nicméně je nutno zdůraznit, že stav hrází identifikovaný pomocí přesného modelu reliéfu je před dalšími konkrétnějšími kroky a opatřeními nutno ověřit terénním průzkumem.

Literatura

- [1] BLACKBOURN, D. *Podmaňování přírody*. Praha: BBart. 2009. 448 s.
- [2] PAVELKOVÁ, R., FRAJER, J., HAVLÍČEK, M., NETOPIL, P., ROZHOŠNÝ, M., DAVID, V., DZURÁKOVÁ, M., ŠARAPATKA, B.. *Historical ponds of the Czech Republic: an example of the interpretation of historic maps*. Journal of maps, 12 (S1). 2016. p. 551-559.
- [3] KREJČÍ, J., CAJTHAML, J.. *Müller's maps of the Czech lands and their analysis*. Acta Geodetica et Geophysica Hungarica, 44 (1). 2009. p. 27-38.
- [4] HAVLÍČEK, M., SKOKANOVÁ, H., DAVID, V., PAVELKOVÁ, R., NETOPIL, P., ŠARAPATKA, B.. *Historický vývoj vodních ploch ve vybraných povodích v České republice*. In: David, V., Davidová, T. (eds): Rybníky 2016, sborník příspěvků odborné konference konané 23.-24. června 2016 na České zemědělské univerzitě v Praze. 2016. Praha: ČSKI, ČVUT, UPOL, VÚV, ČZU. p. 2-10.

- [5] LANGHAMMER, J. (Ed.). *Současné přístupy k řešení protipovodňové ochrany na příkladu povodí horní Opavy*. 2008. Praha: Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta. 276 s.
- [6] PAVELKOVÁ, R., FRAJER, J., NETOPIL, P., a kol. *Historické rybníky České republiky: srovnání se stavem v 2. polovině 19. století*. 2014. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský. 167 s.

Poděkování

Príspevek byl zpracován s podporou projektu KUS QJ1620395 s názvem "Obnova a výstavba rybníků v lesních porostech jako součást udržitelného hospodaření s vodními zdroji".

VYUŽITÍ LIDAROVÝCH DAT PRO STUDIUM ZANIKLÝCH RYBNÍKŮ

THE USE OF LiDAR DATA FOR DEFUNCT PONDS

Aleš LÉTAL^{1,✉}, Patrik Netopil¹, Renata Pavelková¹, Jindřich Frajer¹, Marek Havlíček², Václav David³

¹*Katedra geografie Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci,
17. listopadu 12, 771 49, Olomouc.*

²*Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Výzkumné pracoviště
Brno, Lidická 25/27 Brno 602 00 Česká republika*

³*Katedra hydromeliorační a krajinného inženýrství, ČVUT v Praze - Fakulta stavební,
Thákurova 7, 166 29 Praha 6*

[✉]*ales.letal@upol.cz*

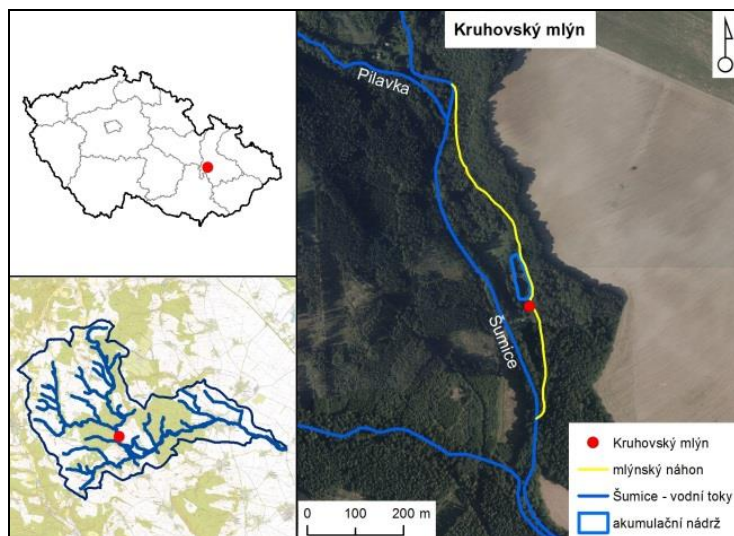
Abstract

The paper deals with the use of LiDAR data for the purpose of mapping defunct ponds in forested areas on the example of the “Kruhovský mlýn” water mill on the Šumice brook. The aim is to demonstrate the usability of these outputs in a complex study of the landscape development with an emphasis on water management.

Keywords: LiDAR data, defunct ponds, water mill, Šumice brook

1 ÚVOD

Lidarová data v současné době představují nový mezník při komplexním poznání krajiny. Technologické aspekty LiDARu přinesly možnosti mapovat a analyzovat v potřebném detailu zalesněné oblasti od úrovně několika čtverečních metrů až po celé státní útvary. Cílem příspěvku je demonstrovat limity a využití technologie v oblasti mapování zaniklých vodních ploch a také demonstrovat využitelnost těchto výstupů v komplexním studiu historického vývoje krajiny v oborovém zaměření historické geografie a archeologie krajiny s důrazem na vodní hospodářství. Komentované charakteristiky vybraných prvků reliéfu byly získány exodynamickou analýzou vývoje reliéfu. Pro dané účely byla zvolena lokalita zaniklého Kruhovského mlýna s mlýnským náhonem a akumulací nádrží, který leží v zalesněném údolí Šumice 1km západně od Laškova u Náměště na Hané.



Obř. 1 Zájmové území lokality „Kruhovský mlýn“ u obce Krakovec.

2 ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ

Pro potřeby příspěvku byla zvolena lokalita Kruhovský mlýn. Předmětem studia je mapování vodohospodářských objektů a jejich využití pro potřeby mlýna a také identifikace doprovodných antropogenních prvků, které rozšiřují informační základnu využití krajiny v širším okolí.

Kruhovský mlýn (Kruhák) na řece Šumici je v současné době výrazně poničený objekt se zachovalými obvodovými zdmi. Od 90. let, kdy byla stržena střešní krytina, došlo ke zhroucení střechy, objekt byl vykraden. Jsou relativně dobře zachovalé vodohospodářské objekty, které sloužily potřebám mlýna. V bezprostředním okolí nejsou trvalé obývané objekty, jen rekreační dřevostavby. Louka nad rybníkem je v letních měsících využívána jako stanový letní tábor. Geologicky podmíněné a hluboce zaříznuté údolí leží v podcelku Bouzovská vrchovina. Dominujícími horninami jsou spondnokarbonské droby a břidlice v kombinaci se slepenci. Na úpatích svahů jsou patrné polohy mladopleistocenních spraší. Strukturální podmíněnost reliéfu se projevuje na svazích údolí. Výchozy odolnějších hornin na erozních svazích byly v minulosti těženy a dokladem jsou drobné těžební tvary. Měně odolné partie mají poměrně mocné vrstvy koluvií, které jsou snadno erodovány, dokladem jsou potom výrazné strže, úvozy, nebo svazky úvozů. Vlastní prostor nivy Šumice je převážně plochým reliéfem, který tvoří polygenetická výplň fluviálních a deloviofluviálních sedimentů. Specifickým rysem jsou oblasti pravostranných

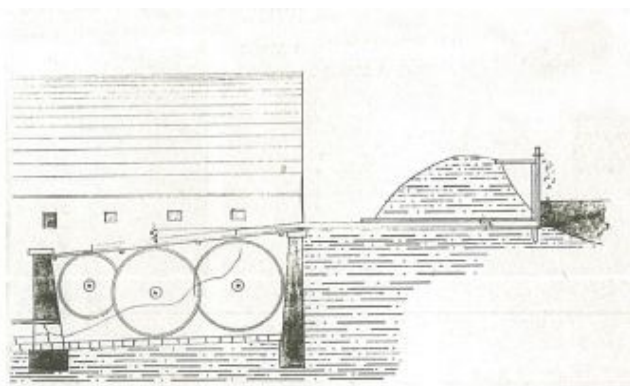
přítoků Šumice, které mají charakter divočících vodních toků s rozsáhlými štěrkovými polohami a výrazně tak ovlivňují průběh koryta hlavního toku.



Obr. 2 Zájmová lokalita na mapě stabilního katastru s vyznačením kamenného stupně.

2.1 Kruhovský mlýn (Chruchowsky Mühle)

Počátek výstavby mlýna a vodohospodářských objektů není možné z dostupných zdrojů ověřit. Dostupné informace uvádí portál „Zaniklé obce“ [1], kde je uvedena poznámka o existenci zápisu o mlýně na matrice obce Krakovec v roce 1750. Mlýn není zobrazen ani na 1. vojenském mapování. Poslední mlynář Eduard Pospíšil na mlýně žil do roku 1955, kde zemřel ve svých 83 letech. Vnitřní vybavení mlýna zde bylo zachováno ještě v 90. letech 20. století, což je doložené fotografiemi. Podle informací od žijících mlynářů nebo jejich potomků (Krakovský mlýn – Trnák, Horní Laškovský mlýn, Dolní Laškovský mlýn) je možné ukončení provozu mlýna stanovit obdobím 1955 – 1965. V současnosti je z mlýna zachováno pouze obvodové zdivo (obr. 8). Velmi dobře zachovalá je lednice s betonovým žlábkem pro pohon vodních kol vedoucí z rybníka o světlosti 60x30 cm. Jedná se o mlýn na vrchní vodu (tzv. korečník). Na návodní zdi mlýna jsou patrné 3 otvory po mlýnských kolech, počet kol potvrzuje i mapa stabilního katastru. Více obrazové fotodokumentace reliktního mlýna je možné vidět na stránkách portálu „Mizející památky“ [2].



Obr. 3 *Nákres systému Kruhovského mlýna. Možné složení: dvě mlecí kola, jedno „stupní“. Upraveno podle (Štěpán 2008, obr. 7/10 str. 151).*

3 TECHNOLOGIE LETECKÉHO LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ DAT A JEJICH ZPRACOVÁNÍ

Technologie laserového skenování LiDAR – Light Detection And Ranging je založeno na principu měření vzdálenosti pomocí svazku laserových paprsků. Letecké laserové skenování má aktivní senzor na palubě letadla, helikoptéry nebo UAV z nichž je specifickým postupem snímán zemský povrch (detailněji v publikaci [3], nebo [4]). Získaná data z měření jsou tzv. mračna bodů, které je nutno pomocí specifických robustních algoritmů filtrovat tak, aby byl získán co nejpřesnější obraz zemského povrchu nebo objektů ležící na něm. Výsledná kvalita dat je ovlivněna zejména kvalitou filtračních algoritmů, kterými jsou zpracována primární data. Podstatnou roli hraje období skenování povrchu, které je nutné provést v jarních měsících před rozvojem vegetace (olistění stromů, keřů, rozvoj travnatých porostů). Reálné zobrazení objektů na výsledném produktu, digitálním modelu reliéfu (DMR), nebo digitálním modelu povrchu (DMP) je závislé na metodě interpolace mračna bodů, kterými jsou dopočítány chybějící údaje. Výpočty s velkým počtem prvků (desítky milionů bodů) jsou velmi náročné na hardwarové vybavení.

Pro analýzu lidarových dat byly využity rutinní postupy a algoritmy, které jsou součástí standardních nástrojů softwaru ESRI ArcGIS ArcMAP 4.1 (obr.5). Přehled možných přístupů uvádí M. Doneus [5] nebo A.F. Jones [6]. Byl také využit soubor nástrojů pro vizualizaci reliéfu „TerrainTools 1.1“ [6] dostupný na stránkách firmy ESRI. Výpočet lokálního reliéfu byl řešen postupem tvorby tzv. Local Relief Model publikovaný v roce 2010 R. Hessem [7].

4 DATOVÁ ZÁKLADNA

Pro potřeby analýz digitálního modelu reliéfu, vizualizace krajiny a zachycení existujících vodohospodářských objektů byla využita lidarová data ze dvou zdrojů. Prvním zdrojem byla datová sada CDV–NAKI I pořízená v rámci projektu NAKI: „Výzkum historických cest v oblasti severozápadní Moravy a Východních Čech“. Druhým zdrojem dat byla datová sada DMR5G z databáze „Digitální model reliéfu 5. generace“ Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČUZK).

Datovou základnu doplnily dostupné tematické vrstvy prohlížečích služeb ČUZK [8] a mapového serveru CDV „Historické cesty Čech, Moravy a Slezska“ [9].

Lidarová data sady CDV ve formátu GeoTIFF vytvořená interpolací metodou IDW použitá pro analýzy zájmového území byla poskytnuta Mgr. Janem Martínkem z CDV, v.v.i. Tato data byla pořízena v rámci projektu NAKI I v roce 2013. Měření bylo realizováno skenerem Riegl LMS-Q680i ve výšce cca 600-900 m s průměrnou hustotou bodů 3-5 bodů na m². (více v publikaci [10]).

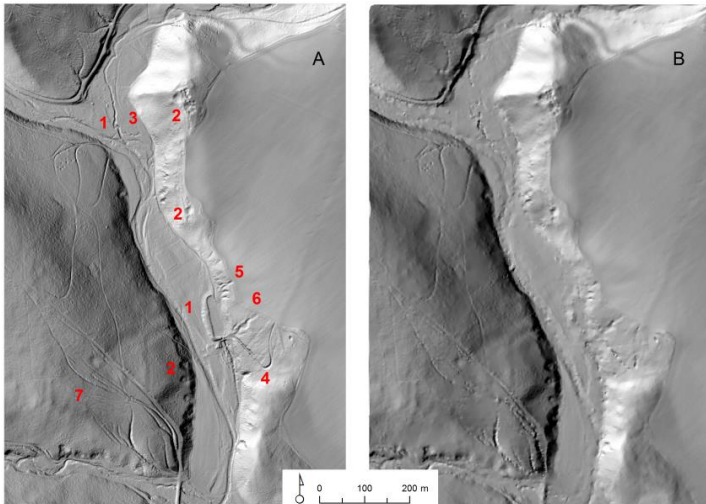
Lidarová data sady DMR5G byla interpolována několika metodami (IDW, ANUDEM, Natural Neighbour). Nejpoužitelnějším výstupem byla interpolace metodou Natural Neighbour (obe. 4). Více k problematice limitů využitelnosti dat nového výškopisného modelu ČR získaného z lidarových dat v práci L. Holaty a J. Plzáka [11].

5 ANALÝZY A VYUŽITÍ LIDAROVÝCH DAT

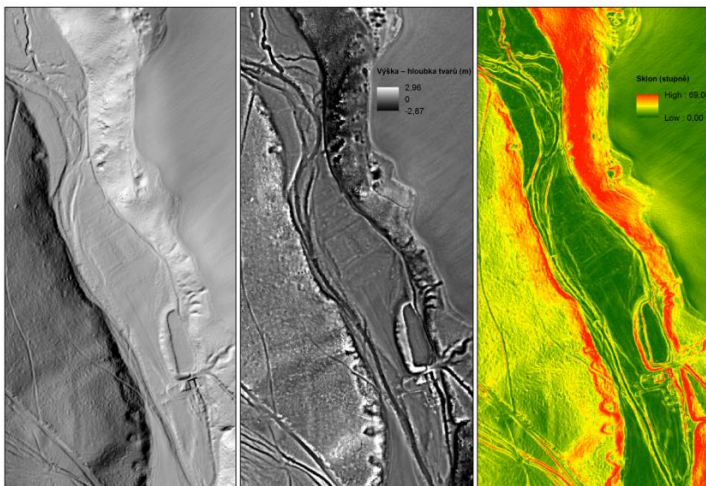
Interpretace výsledků analýz digitálního modelu reliéfu získaného z lidarových dat byla provedena nad daty CDV-NAKI, které mají výrazně vyšší míru detailu (srovnání na obr. 4). Z výsledků je možné rekonstruovat principy fungování vodohospodářské soustavy i ověření energetického výkonu této soustavy.

5.1 Mlýnský náhon

Mlýnský náhon je v současnosti bez vody, oddělen od hlavního toku vlivem převládající hloubkové eroze a zničením stavidla nebo jiného zařízení, které regulovalo přítok vody do náhonu z Šumice. Jedná se o vodní dílo derivační, které odvádí vodu pro pohon mlýna mimo hlavní řečiště. Mapa stabilního katastru (obr. 2) zachycuje situaci z poloviny 19. století, kdy je zřejmé, že Šumice označovaná jako Mlýnský potok byla mohutnějším tokem než Pilavka, která je naznačena pouze liniovým znakem.

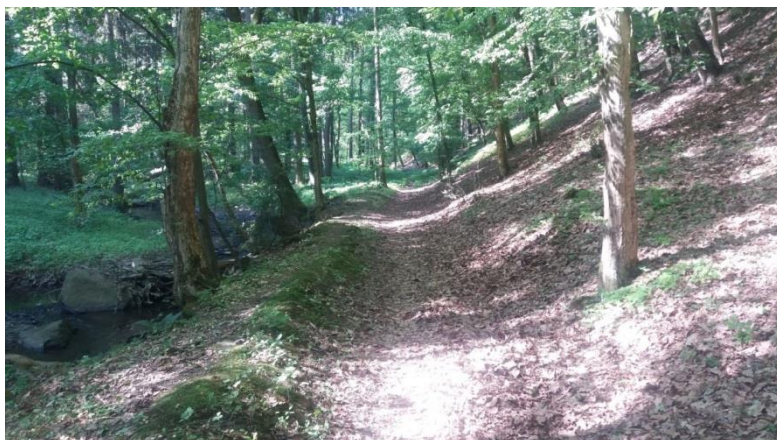


Obr. 4 Vizualizace DMR vytvořeného z dostupných datových sad: **A)** NAKI–CDV **B)** DMR5G ČUZK metodou Cluster Hillshade (Terrain Analyst 1.1). Objekty: 1) brody 2) těžební tvary 3) ramena divočícího toku Pilavky 4) úvoz 5) strže 6) strž



Obr. 5 Významné prvky a objekty v lokalitě „Kruhovský mlýn“ zobrazené metodami vizualizace DMR v rozlišení 1 m. Zleva: Cluster Hillshade – Terrain Analyst 1.1; Lokální reliéf dle Hesse – maska low pass filtru 10 m; Sklon svahů – ArcGIS Spatial Analyst

Přírodní podmínky pro vedení mlýnského náhonu usnadnila existence ramen divočícího toku Pilavky za povodňových situací v oblasti ústí do Šumice (obr. 4). Šumice tedy ostře stáčí tok k levému břehu, podle kterého byl vybudován mlýnský náhon. Pro zajištění dostatečného množství vody pro potřeby mlýna i za nízkých vodních stavů Šumice byl vybudován kamenný násep (obr. 2), který zajišťoval nadržení vody z obou toků. Reliktem zmíněné stavby by mohly být kamenné bloky v korytě (obr. 6).



Obr. 6 Mlýnský náhon a současné koryto Šumice s kamennými bloky (relikty kamenného stupně)

Soutok těchto zdrojnic byl tedy za normálního vodního stavu až v místě kamenného náspu. Mlýnský náhon pokračuje až ke hrázi akumulární nádrže (obr. 9).

Odpadní kanál ústí do Šumice asi 250 m od objektu mlýna. Vzhledem k poloze náhonu na úpatí erozního svahu musela být prováděna jeho pravidelná údržba a odstranění sedimentů. Rizikové byly zejména krátké epizodní události spojené s vodní erozí ze zdrojové oblasti polí pod obcí Krakovec. Dokladem jsou strže částečně vyplněné deluviofluviálními akumulacemi na erozním svahu mezi bývalým kamenným náspem v korytě a akumulární nádrží.

5.2 Akumulační nádrž

Vzhledem k malé vodnosti říčky Šumice bylo pro provoz mlýna nutné vybudování akumulární nádrže. Napájení bylo řešeno pomocí mlýnského náhonu (Šumice) doplněného o vodu z říčky Pilavky pomocí kamenného stupně cca 400 m od objektu mlýna (obr. 2). Ploché údolní dno a malý spád kladl větší nároky na množství materiálu pro stavbu nádrže. Bylo nutné vybudovat širší

boční hráz, která má maximální šířku v základně 18 m, koruna hráze 10 m. Nádrž je poměrně mělká (maximální hloubka 1,5 u návodní strany hráze). Dno nádrže nemohlo být zahlobbeno na úroveň hlavního toku z důvodu zachování potřebného spádu pro pohon mlýnského kola. Výpustním objektem bylo jalové stavidlo, které sloužilo k úplnému vyprázdnění nádrže. Vedle jalového stavidla je kamenný náhon o rozměrech 0,3 x 0,6 m, který sloužil k přivedení vody k vodním kolům. Kamenný náhon byl situován do prostoru přívodního kanálu a zajišťoval funkčnost mlýna i při vypuštěné nádrži (obr. 5). Vypočítaná maximální retenční kapacita akumulární nádrže je přibližně 2300 m³, což by při maximálním využití průtočného profilu (0,18 m²) zajistilo 3,5–4 hodiny provozu. V případě nízkých stavů, které se jistě v povodí pravidelně vyskytovali, využíval provoz mlýna tzv. kaskádové vlny, kterou zajišťovaly 4 mlýny s akumulárními nádržemi situované v povodí nad Kruhovským mlýnem (tab. 1).



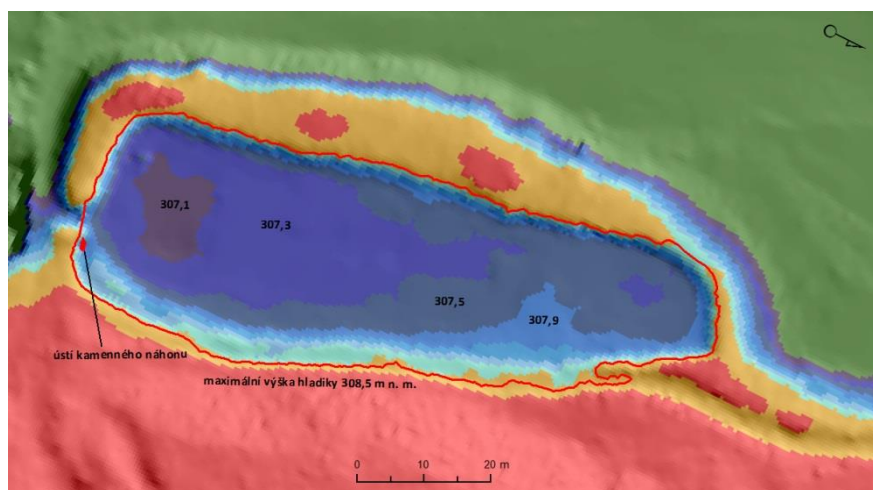
Obr. 7 Zachycení objektů akumulární nádrže: boční hráz, pohled od severozápadu z prostoru letního tábora (vlevo); pohled z akumulární nádrže na ústí kamenného náhonu a torzo mlýnice Kruhovského mlýna (vpravo).

Těleso hráze nemá známky destruktivního poškození. Limitujícím faktorem při obnově by byl kořenový systém vzrostlých stromů. V severozápadní části jsou patrné deluviofluviální (splachové) uloženiny z prostoru nad nádrží. Na obr. 4 jsou patrné výrazné strže na erozním svahu, které jsou překryty splachovými sedimenty z polí nad erozním svahem. Plošný a hloubkový rozsah strží ukazuje na strukturální podmíněnost a mocnou vrstvu koluvia, která je patrná zejména na úvozové přístupové cestě. Je tvořená polohami spraší a prachovci s úlomky a bloky z výchozů odolnějších poloh břidlic. Vlastní regulační prvky nejsou již zachovány, kromě kamenného náhonu, jehož vnitřní část nejeví známky poškození.

Tab. 1 Mlýny v blízkosti Kuhovského mlýna s parametry výkonu (stav 1933).

Vodní tok	Adresa	Živnost	Typ pohonu	Průtok l/s	Spád (m)	Výkon (kW)
Pilavka	Ochoz 18	mlýn	1 k HD	120	6,80	5,18
Pilavka	Budětsko 23	mlýn	1 k HD	170	4,60	5,03
Pilavka	Krakovec 2	mlýn	1 k HD	77	6,20	2,81
Pilavka	Krakovec 4	mlýn	1 k HD	100	5,60	3,55
Šumice	Kandia63	mlýn	1 k HD	120	5,60	4,44
Šumice	Laškov	mlýn	1 k HD	140	5,65	5,18
Šumice	Laškov	mlýn	1 k HD	138	4,86	4,44

Zdroj: Seznam a mapa vodních děl republiky Československé [13]



Obr. 9 DMR prostoru akumuláční nádrže (rozlišení 1 m).

5.3 Ostatní detekované objekty (struktury)

Na mapě sklonitosti a stínovaného reliéfu jsou dobře patrné komunikační trasy v zájmovém území. Hlavní přístupová cesta z Krakovce již neexistuje, je patrná na starých mapách, leteckém měřičském snímku z roku 1953 a také z vegetačních příznaků aktuálních ortofotomap. Zřetelným reliktem je hluboce zaříznutý úvoz ve svahu nad Kruhovským mlýnem (obr. 4, 4). Na levém údolním svahu v okolí kaple svatého Antonínka je patrná drobná lokální těžba stavebního kamene (droba). Podobné drobné lomy najdeme v jihozápadní části území podél pravého údolního svahu Šumice (obr. 4, 2). Překonání řečiště Šumice je možné díky existenci 2 brodů (obr. 4, 1). Na západním (pravém) svahu údolí Šumice jsou patrné výrazné svazky úvozů, které ukazují na existenci lokálního dopravního tahu z Kandie do Rakové u Konice (obr. 4, 7). Kromě těchto tvarů je

v přilehlém svahu nad mlýnem patrná soustava strží, které jsou podmíněny antropogenní činností (polní kultury nad svahem). Většina tvarů je v současnosti aktivní a je překryta mladšími sedimenty. Výrazná strž nad mlýnem může být reliktem cesty (zkratky) nebo pozůstatkem epizodní erozní situace. Výrazné esovitě prohnutí je způsobeno vývratem stromu. Podél celého úpatí levého údolního svahu Šumice jsou zřetelné polohy spraší, které sedimentují v náhonu. V době zvýšených vodností může být náhon aktivován povodňovými vodami Šumice, případně Pilavky.

6 DISKUZE

Z výsledků demonstrovaných v předchozí kapitole jednoznačně vyplývá, že kvalitu lidarových dat ovlivňuje více faktorů. Klíčovým faktorem, který ovlivňuje přesnost a detail mapování je správné načasování měření v době vegetačního klidu a pokud možno v jarních měsících, kdy nebrání průniku mračna laserových paprsků olistění nejen stromového, ale zejména keřového a bylinného patra. V případě trvalých travních kultur a bylinného podrostu, zde hraje významnou roli i přítomnost sněhové pokrývky, která je nevhodnějším činitelem k eliminaci zbytků vegetačního krytu z předešlé sezony a zachycení povrchových struktur. Pro komplexní posouzení a vyhodnocení analýz je nutné analyzovat zájmové území pomocí všech dostupných mapových a datových zdrojů. Velmi pozitivní je s ohledem na změnu krajinných struktur v druhé polovině 20. století analyzovat letecké měřičské snímky a také mapy stabilního katastru, případně pozemkové mapy. I když je výhoda lidarových dat nesporná a poskytuje nám potřebný detail i v oblastech s lesními porosty, nelze opomíjet klasické výzkumné metody, jakými je terénní mapování a prospekce. Správná interpretace analyzovaných tvarů a procesů není bez této složky ani možná. Závěry a výsledky analýz lidarových dat ale nemusí v případě fluvialních procesů v krajině odhalit veškeré souvislosti a vývojové etapy. Fluvialní systém a nivy řek jsou dynamickými systémy, kde významné změny mají epizodický charakter, který je poměrně rychle setřen rozvojem vegetačních krytů, který má v nivní krajině optimální podmínky.

7 ZÁVĚR

Analýzou podrobných lidarových dat ze dvou kampaní bylo ověřeno, že dané technologie jsou dostatečné pro identifikaci vodohospodářských objektů a také celkové situace související s jejich budováním. Kvalita výstupů dovoluje interpretovat také doprovodné antropogenní prvky reliéfu i vlastní zbytky

stavebních prvků mlýna (lednice, mlýnice) případně detekovat recentní aktivitu vodní eroze. Z dostupných zdrojů bylo tedy identifikováno několik poznatků o fungování Kruhovského mlýna. Byl zmapován hlavní zdroj vody pro potřebné technologie mlýna (mlýnský náhon) s detailním zachycením akumulární nádrže s objemem cca 2300 m³, s výraznou boční hrází a plochým dnem. V okolí mlýna byly interpretovány antropogenní dopravní tvary a tvary související s těžbou stavebních surovin (opuka, břidlice). Kvalita datové základny umožnila detailní zmapování fluviálních tvarů v celém úseku nivy Šumice. Závěrem lze konstatovat, že kvalita dostupných lidarových dat prostorové databáze DMR5G ČÚZK nemá ve srovnání s komerčními produkty potřebný detail. Faktory, které ovlivnily výslednou kvalitu těchto dat nelze s určitostí definovat a pro dané území a potřebné rozlišení je nutné využít jiný zdroj, který ale z finančního hlediska není srovnatelný s produktem DMR5G.

- [1] Kruhovský mlýn. *Zaniklé obce*. [Online] [cit.: 10. 5. 2017] <http://www.zanikleobce.cz/index.php?obec=10939>.
- [2] Kruhovský mlýn. *Mizející památky*. [Online] [cit.: 10. 5. 2017] <http://www.mizejicipamatky.cz/index.php/kruhovsky-mlyn/kruhovsky-mlyn-kandie?page=3#category>.
- [3] ŠTRONER, M. a kol. *3D skenovací systémy*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2013.
- [4] DOLANSKÝ, T. *Lidary a letecké laserové skenování*. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně, 2004. 394 s.
- [5] DONEUS, M. Openness as Visualization Technique for Interpretative Mapping of Airborne Lidar Derived Digital Terrain Models. *Remote Sensing*. 2013, Sv. 5, 12, s. 6427-6442.
- [6] JONES, A. F. et al. High-resolution interpretative geomorphological mapping of river valley environments using airborne LiDAR data. 32, 1574–1592. *Earth Surface Processes and Landforms*. 2007, 32, s. 1574-1592.
- [7] Terrain tools 1.1. *ArcGIS*. [Online] ESRI , 2017. [cit.: 10. 5. 2017] <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=4b2ea7c5f87d476a8849c804b81667aa>.
- [8] HESSE, R. LIDAR-derived Local Relief Models – a new tool for archaeological prospection. *Archaeological Prospection*. 2010, 18, s. 67-72.
- [9] Český úřad zeměměřický a katastrální. Prohlížečí služby ESRI ArcGIS Server. *Základní mapy ČR*. [Online] ČÚZK, 2017. [cit.: 10. 5. 2017] <http://ags.cuzk.cz/arcgis/services>.

- [10] MARTÍNEK, J. Historické stezky Čech, Moravy a Slezska. *Mapový server CDV, projektu NAKI*. [Online] Centrum Dopravního Výzkumu, v.v.i., 31. Prosinec 2013. [cit.: 10. 5. 2017] <http://naki.vectormap.cz>.
- [11] MARTÍNEK, J. a kol. *Identifikace starých cest a dalších objektů za pomoci LLS*. In: GOJDA M. a JOHN J. (eds.) *Archeologie a letecké laserové skenování*. Plzeň: Západočeská Univerzita v Plzni, 2013, s. 228-241.
- [12] HOLATA, L. a PLZÁK, J. Examinace procesu optimalizace "archeologicky korektních" způsobů vyhodnocení dat z leteckého laserového skenování zalesněné krajiny: Potenciál filtrace surových dat, problematika interpolačních algoritmů a způsobů vizualizace antropogenních tvarů v digitálních modelech reliéfu. In: GOJDA J. a JOHN J. (eds.) *Archeologie a letecké laserové skenování*. Plzeň: Západočeská Univerzita v Plzni, 2013, s. 49-80.
- [13] JIRÁK, E. *Seznam a mapa vodních děl republiky Československé: stav koncem roku 1930. Sešit Olomouc*. Praha: Ministerstvo veřejných prací, 1933. s. 40.

Poděkování

Autoři článku děkují Národní agentuře pro zemědělský výzkum, která podpořila projekt NAZV KUS QJ1620395 s názvem "Obnova a výstavba rybníků v lesních porostech jako součást udržitelného hospodaření s vodními zdroji v ČR", v rámci něhož byl vypracován i tento příspěvek.

ÉKOLOGICKÝ STAV MALÝCH TOKŮ V POVODÍ HORNÍ VLTAVY A PROBLEMATIKA PŘÍTOMNOSTI RYBNÍKŮ V JEJICH POVODÍCH

ECOLOGICAL STATUS OF SMALL STREAMS IN THE UPPER VLTAVA
RIVER BASIN AND PROBLEMS OF THE PRESENCE OF PONDS IN THEIR
CATCHMENT AREAS

Libuše OPATŘILOVÁ✉

*Povodí Vltavy, státní podnik, Oddělení plánování v oblasti vod, Holečkova 3178/8,
150 00 Praha 5 - Smíchov
✉libuse.opatrilova@pvl.cz*

Abstract

With regard to the large number of ponds located in the upper Vltava river basin, an initial study on the issue of the link between the assessment of the ecological status of the watercourses and the presence of ponds in their catchment area was made. For the study, small hilly streams were selected where the biological elements were monitored on 47 representative profiles of water bodies. The presence of ponds in the basin was quantified into three categories - low, medium and high load. The BOD₅ parameter measured in the monitored profiles differed statistically between categories. By analysing the multidimensional data of the biological element of benthic invertebrates, it was shown that the ecological status of the watercourses assessed by benthic invertebrates deteriorates with the increasing intensity of the pond load in the river basin, the increasing proportion of muddy substrates at the bottom of the stream, with increasing BOD₅ values, total phosphorus and percentage of arable land in water body.

Keywords: ecological status, ponds, streams, benthic invertebrates

1 ÚVOD

V povodí horní Vltavy má rybníkářství dlouholetou tradici. Celková plocha rybníků, v nichž se chovají ryby, se v této oblasti pohybuje kolem 25 000 ha. Vytváří se v nich polovina produkce ryb České republiky [1]. Obecně platí, že voda odtékající z rybníků má vyšší teplotu, vyšší obsah nutrientů, rozpuštěných i nerozpuštěných látek a je oživena fyto- i zooplanktonem [2], v průběhu

vypouštění rybníka při výlovu navíc dochází ke zvýšenému zatížení odtékající vody především nerozpuštěnými látkami a fosforem. Může tedy výrazně ovlivnit kvalitu vody v navazujících vodních tocích, samozřejmě i v závislosti na kvalitě vody do rybníka přitékající [3]. S ohledem na velké množství rybníků nacházejících se v povodí horní Vltavy je nutné tento vliv podrobněji zkoumat, protože pro navrhování opatření pro zlepšení ekologického stavu vodních toků a pro vyhodnocení splnění environmentálních cílů stanovených v plánech povodí, je znalost aktuálního stavu vodních toků a faktorů, které tento stav nejvíce ovlivňují, zásadní.

Následující příspěvek je proto snahou dát do souvislosti výskyt rybníků v povodí a hodnocení ekologického stavu vodních toků v těchto povodích, se zaměřením na hodnocení fyzikálně-chemických parametrů BSK₅ a celkového fosforu a biologických společenstev makrozoobentosu a fytozobentosu, spolu s kvantifikací struktury dnových sedimentů ve zkoumaných úsecích toků a zemědělského využití území.

2 MATERIÁL A METODY

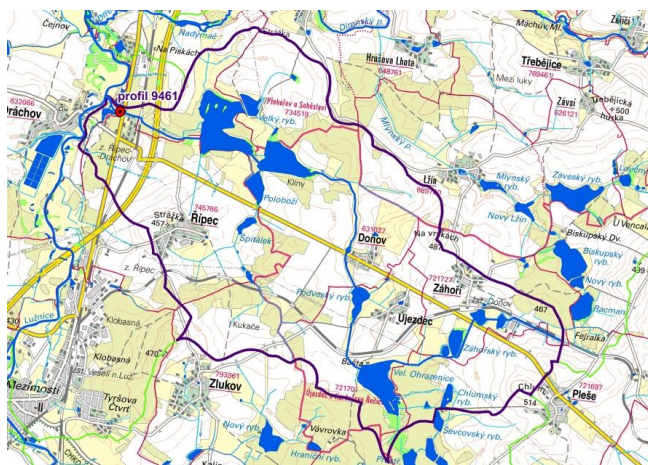
2.1 Monitorované lokality a hodnocení přítomnosti rybníků

V povodí horní Vltavy se na tekoucích vodách nachází celkem 144 vodních útvarů. V těchto vodních útvarech sleduje státní podnik Povodí Vltavy v rámci provozního monitoringu biologické složky na 138 reprezentativních profilech. Pro tuto studii byly vybrány pouze malé pahorkatinné toky v nadmořské výšce od 200 do 500 m nad mořem a velikostí povodí 10 až 100 km². Tento typ toků byl zvolen z důvodu předpokládané náchylnosti k ovlivnění rybníky v povodí a zároveň hodnocení pouze jednoho typu vodních toků podpořilo umístění profilů v geograficky podobném území tak, aby analýzy nebyly ovlivněny velkým rozptylem těchto parametrů.

Z výše uvedených 138 reprezentativních profilů patří do kategorie malých pahorkatinných toků 50 reprezentativních profilů, z toho u 47 byla dostupná data o hodnocení makrozoobentosu a u 39 profilů data o hodnocení fytozobentosu. V reprezentativních profilech jsou hodnoceny tzv. vodní útvary, což jsou jednotky používané pro hodnocení pro Rámcovou směrnici o vodách [4]. V tomto výběru byly zahrnuty především vodní útvary, ve kterých toky pramenily (40 vodních útvarů) a u převážné většiny pokrývaly celý jejich tok, tj. vodní útvar byl tvořen tokem od jeho pramene až po ústí (33 vodních útvarů z hodnocených 47).

Kvantifikace přítomnosti rybníků v povodí hodnocených toků byla provedena do tří kategorií - nízké, střední, vysoké zatížení. Kritérii pro zařazení do jednotlivých kategorií byl počet rybníků v povodí, jejich vzdálenost a

velikost, zda je rybník na hlavním toku či na přítoku. Do kategorie "nízké" zatížení rybníky byly zařazeny profily, kdy se na hlavním toku do vzdálenosti proti proudu 2 km nevyskytoval žádný rybník a dále se vyskytovaly rybníky pouze do velikosti 10 ha, a to i na přítocích. V kategorii "střední" se rybníky mohly vyskytovat blíže než 2 km nad profilem, pokud byly až ve vzdálenosti nad 2 km, byly větší a celkově jich bylo v povodí více než u kategorie "nízké". V kategorii "vysoké" se rybník vyskytoval velmi blízko nad profilem (u pěti profilů do vzdálenosti jednoho kilometru), měl velkou plochu (11 profilů mělo ve vzdálenosti do 5 km nad profilem rybník větší než 10 ha) a v povodí bylo celkově velké množství rybníků (např. obr. 1).



Obr. 1 Povodí Doňovského potoka (červený bod značí reprezentativní profil)

2.2 Metody odběru vzorků

V rámci provozního monitoringu jsou biologické složky odebírány dle platných metodik schválených Ministerstvem životního prostředí pro monitoring pro Rámcovou směrnici o vodách [5]. U makrozoobentosu se jedná o třiminutový kopaný vzorek z habitatů v poměru tak, jak jsou zastoupeny v charakteristickém úseku toku. U fytozobentosu se provádí seškrabání nárostů řas z pěti kamenů nacházejících se v proudnici vodního toku. Do analýz dat byly zařazeny vzorky odebrané v jarní sezóně v období 2010-2016.

2.3 Metody hodnocení ekologického stavu

Seznamy druhů a jejich abundancí nalezených na jednotlivých lokalitách byly zpracovány v jakostní databázi státního podniku Povodí Vltavy a

vyhodnoceny dle platných metodik pro hodnocení ekologického stavu pro Rámcovou směrnice o vodách [5]. Hodnocení makrozoobentosu je založeno na multimetrickém indexu zahrnujícím šest až sedm biologických metrik dle typu toku. Multimetrický index, resp. EQR (= ecological quality ratio) nabývá hodnot od nuly (zničený stav) do jedné (velmi dobrý stav), jednotlivé třídy ekologického stavu mají hranice 0,8 (pro velmi dobrý stav), 0,6 (pro dobrý stav), 0,4 (pro poškozený stav) a 0,2 (pro zničený stav). Fytobentos se hodnotí saprobně-trofickým indexem založeným na individuálních valencích jednotlivých druhů k saprobitě a trofii, jeho EQR nabývá stejného rozsahu hodnot jako u makrozoobentosu, včetně stejných hranic tříd ekologického stavu.

2.4 Metody zpracování dat

Kromě popisu přítomnosti rybníků v povodí a seznamů druhů biologických složek makrozoobentos a fytobentos a jejich abundancí vstupovaly do analýz také roční mediány hodnot celkového fosforu a BSK₅ a údaje o přítomnosti orné půdy ve vodním útvaru jako hodnoty popisující intenzitu obhospodařování krajiny a náchylnost k zatížení vodních toků difuzními zdroji znečištění. Z odběrových protokolů byla převzata data o procentuálním zastoupení jednotlivých typů substrátu ve zkoumaných úsecích toků. Po základní úpravě a vyhodnocení ekologického stavu v jakostní databázi byla všechna data zpracována v programu pro hodnocení vícerozměrných biologických dat CANOCO 5 [6]. Ostatní statistická hodnocení a testování byla provedena softwarem "R" [7].

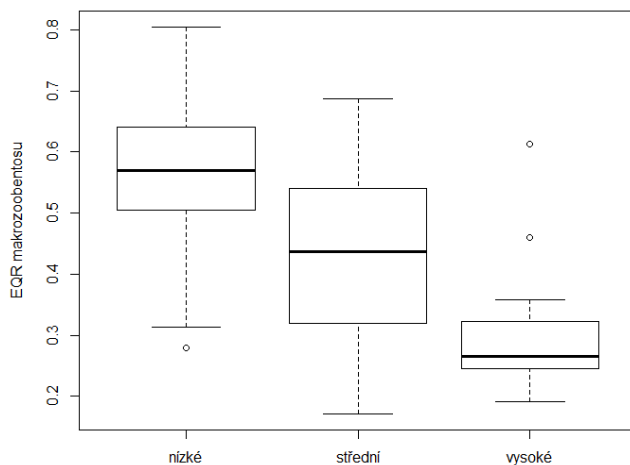
3 VÝSLEDKY A DISKUSE

3.1 Přítomnost rybníků v povodí monitorovaných profilů

Do kategorie "nízké" (zatížení rybníky) bylo zařazeno 16 profilů, do kategorie "střední" 14 profilů a do kategorie "vysoké" 17 profilů. Ani v kategorii "nízké" ovšem nebylo povodí, kde by se nevyskytoval žádný rybník. Vodní toky této kategorie, které zároveň měly dobré hodnocení biologických složek, byly Veveřský potok a Stropnice (Údolí u Nových Hradů), Nezdický potok (Žichovice), Volšovka (Sušice) a Zlatý potok (Blanice). Naopak, do kategorie "vysoké" se zničeným ekologickým stavem patřily profily Olešník (Zbudov), Doňovský potok (Řípec, obr. 1) a Zlatá stoka (Ponědraž pod).

3.2 Hodnocení ekologického stavu makrozoobentosu

Ze 47 hodnocených reprezentativních profilů byl jeden ve velmi dobrém ekologickém stavu (Volšovka-Sušice), v dobrém stavu jich bylo osm a ostatní se nacházely ve stavu středním (14), poškozeném (20) nebo zničeném (4). Hodnocení se statisticky významně lišilo pro jednotlivé kategorie přítomnosti rybníků v povodí (obr. 2, popis rozsahu hodnot EQR viz kapitola 2.3).



Obr. 2 Hodnocení ekologického stavu makrozoobentosu vyjádřeného jako EQR v jednotlivých kategoriích zatížení rybníky v povodí (Kruskal-Wallis chi-squared = 18.159, $df = 2$, p -value = 0.000114; horní a spodní hranice označují 3. a 1. kvartil a horizontální linie uvnitř značí druhý kvartil - medián).

I hodnocení jednotlivých biologických metrik vyšlo statisticky významně odlišné v závislosti na výskytu rybníků v povodí hodnocených toků. Nejvíce se lišily metriky popisující zastoupení citlivých druhů (jepice, pošvatky, chrostici), vztah k zóně toku metaritrál a zastoupení druhů citlivých k organickému znečištění (všechny tři metriky měly statistickou hodnotu $p < 0.001$), dále pak metriky B index z predikčního modelu (porovnává nalezené společenstvo s predikovaným referenčním společenstvem), zastoupení jedinců druhů preferujících kameny a index RETI (popisuje potravní preference), kdy $p < 0.01$. Jediná metrika, používaná pro hodnocení ekologického stavu v tomto typu

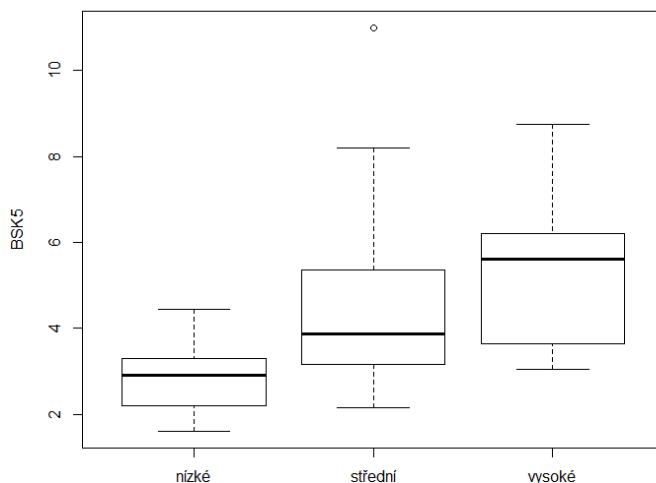
vodních toků, která se mezi kategoriemi zastoupení rybníků v povodí nelišila, byl Margalefův index diverzity.

3.3 Hodnocení ekologického stavu fyto bentosu

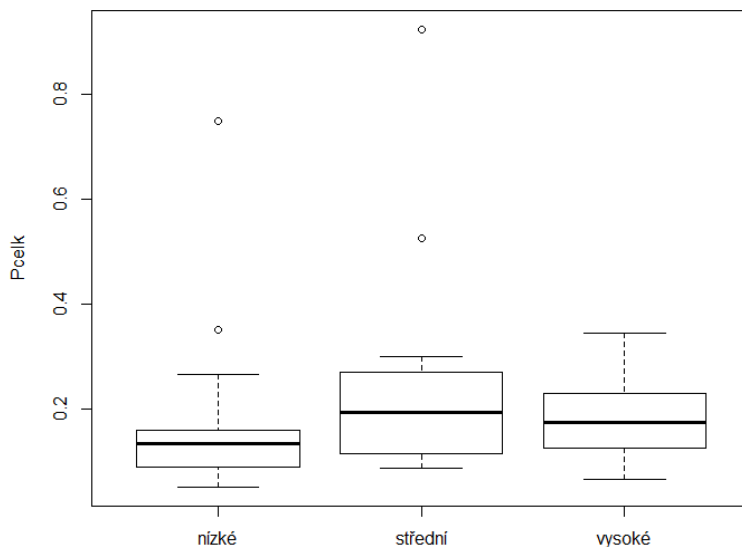
Z 39 hodnocených reprezentativních profilů byl jeden ve velmi dobrém ekologickém stavu (Tuš- Hrdlořezy pod), v dobrém stavu jich bylo pět a ostatní byly ve stavu středním (33). Hodnocení se pro jednotlivé kategorie přítomnosti rybníků v povodí statisticky významně nelišilo.

3.4 Analýzy získaných dat

Z hlediska posouzení organického a živinového zatížení vybraných vodních toků, resp. profilů, byly hodnoceny parametry BSK₅ a celkový fosfor jako roční mediánové hodnoty na studovaných lokalitách. Hodnoty BSK₅ vycházely v jednotlivých kategoriích zatížení rybníky statisticky odlišné (obr. 3), na rozdíl od hodnot celkového fosforu (obr. 4).



Obr. 3 Roční medián BSK₅ (mg/l) na hodnocených profilech v závislosti na kategorii zatížení rybníky v povodí (Kruskal-Wallis chi-squared = 18.159, df = 2, p-value = 0.000114; horní a spodní hranice označují 3. a 1. kvartil a horizontální linie uvnitř značí druhý kvartil - medián)

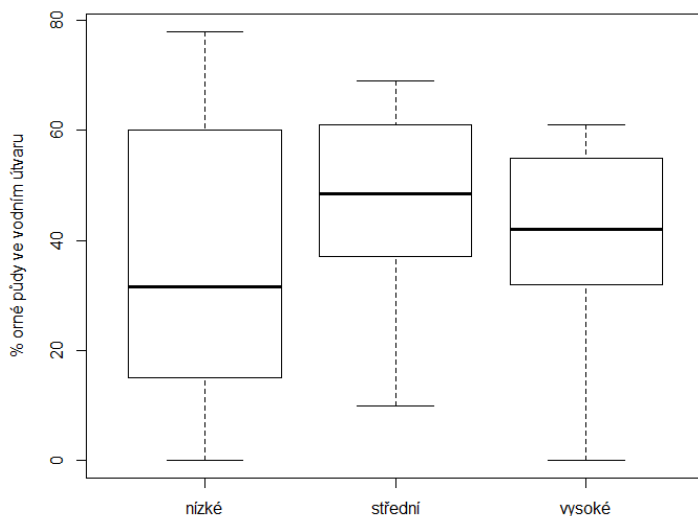


Obr. 4 Roční medián celkového fosforu (mg/l) na hodnocených profilech v závislosti na kategorii zatížení rybníky v povodí (Kruskal-Wallis chi-squared = 2.9399, $df = 2$, p -value = 0.2299; horní a spodní hranice označují 3. a 1. kvartil a horizontální linie uvnitř značí druhý kvartil – medián)

Aby bylo doloženo, že významně vyšší hodnoty organického znečištění a vyšší hodnoty celkového fosforu (i když ne statisticky významně) nejsou jenom důsledkem vyšší intenzity zemědělství v povodích s rybníky, bylo také vyhodnoceno procentuální zastoupení orné půdy v hodnocených vodních útvarech (obr. 5), které se mezi kategoriemi zatížení rybníky v povodí statisticky významně nelišilo.

Dalším krokem při hodnocení dat byla analýza druhových dat makrozoobentosu pomocí přímé gradientové analýzy pro modelování mnohorozměrných závislých dat (v našem případě RDA – redundanční analýza - se 47 vzorky a 232 taxony – po vynechání druhů, které se vyskytovaly pouze na jedné nebo dvou lokalitách). Cílem těchto analýz obecně je zobrazit jednotlivé lokality v dvourozměrném prostoru a tím lépe pochopit jejich uspořádání v prostoru mnohorozměrném a nalézt směr hlavního gradientu v druhových datech. Tento gradient je potom možné vztáhnout k naměřeným abiotickým

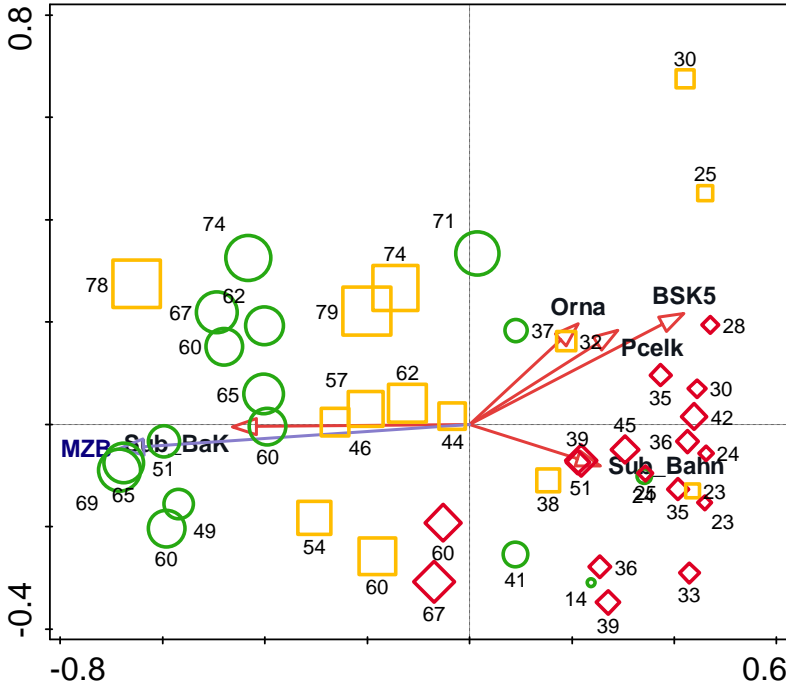
(environmentálním) faktorům, příp. určit, který z těchto faktorů odpovídá za největší variabilitu v datech.



Obr. 5 Procentuální zastoupení orné půdy ve vodních útvarech hodnocených profilů v závislosti na kategorii zatížení rybníky v povodí (Kruskal-Wallis chi-squared = 2.2055, $df = 2$, p -value = 0.332; horní a spodní hranice označují 3. a 1. kvartil a horizontální linie uvnitř značí druhý kvartil – medián)

Analýza ukázala, že i na základě druhového složení společenstev na jednotlivých lokalitách lze zachytit vliv intenzity zatížení povodí rybníky (obr. 6). Model vysvětluje cca 25 % celkové variability v biologických datech. Z grafu lze usoudit, že druhové složení se v závislosti na přítomnosti rybníků v povodí liší (kromě vytvoření poměrně jasných skupin lokalit barevně odlišených dle kategorií je zde vidět i odlišný počet nalezených druhů). Dále graf ukazuje, že zároveň s vysokým zatížením rybníky (značky lokalit červené barva) v povodí stoupá také přítomnost bahnitých substrátů dna na lokalitě (parametr Sub_Bahn). To je tedy další parametr, který je nutné vzít do úvahy, pokud zkoumáme vliv rybníků v povodí na stav vodních toků, viz např. také [8]. Z grafu je také poměrně jasné, že zlepšující se stav makrozoobentosu (MZB) jde zcela opačným směrem než umístění lokalit s vysokým zatížením rybníky a pozitivně souvisí s výskytem substrátu balvany a kameny (Sub_BaK) na dně

toků. Podél osy x je tedy hlavní gradient, který ukazuje, že ekologický stav hodnocený podle makrozoobentosu se zhoršuje se zvyšující se intenzitou zatížení rybníky v povodí, s rostoucím zastoupením bahnitých substrátů na dně toků, se zvyšujícími se hodnotami BSK₅, celkového fosforu i procentuálního zastoupení orné půdy ve vodním útvaru.



Obr. 6 Graf analýzy RDA (vysvětlující proměnné: *Orna* – procentuální zastoupení orné půdy ve vodním útvaru, *BSK₅*, *Pcelk*, *Sub_Bahn* – přítomnost substrátu bahno na dně toku, *Sub_BaK* – přítomnost substrátu balvanů a kameny na dně toku; doplňující proměnná, která přímo nevstupovala do analýzy, ale byla přidána do grafu jako doplňující informace – *MZB* – hodnocení makrozoobentosu; jednotlivá čísla udávají počet druhů ve vzorku, barvy značek – profilů – udávají kategorii zatížení rybníky v povodí: zelená – nízké, žlutá – střední, červená – vysoké)

Samozřejmě z výše uvedených analýz nelze jednoznačně prohlásit, že rybníky způsobují nedosažení dobrého ekologického stavu v níže položených vodních tocích. Protože v tuto chvíli nemáme k dispozici data, která by jednoznačněji kvantifikovala vliv rybníků, tj. především jejich přesný přínos

týkající se organického a živinového zatížení vodních toků, příp. vnos jemných sedimentů do vodních toků při manipulaci na rybnících. Nicméně výše uvedené analýzy statisticky významně prokazují, že minimálně jeden typ toků (tj. vodní toky 200-500 m nad mořem s velikostí povodí 10-100 km²) je v povodí horní Vltavy přítomností rybníků ovlivněn. Největším problémem se jeví zvýšená přítomnost organických látek a tím ovlivnění kyslíkového režimu toků pod rybníky, což je v souladu se závěry [9]. Přistupuje k tomu ještě výše nezmíněný fakt, že vodní toky v rybníčních oblastech bývají také výrazně častěji hydromorfologicky upraveny, v námi zkoumané datové sadě bylo významně hydromorfologicky upraveno (tj. především napřímáno a zahloubeno) 21 ze 47 profilů/charakteristických úseků, z toho 14 zároveň náleželo do kategorie vysokého ovlivnění přítomností rybníků.

4 ZÁVĚR

Článek si neklade za cíl být vědeckou studií. Snaží se především upozornit na fakt obtížnosti hodnocení ekologického stavu vodních toků v povodích s významným zastoupením rybníků, resp. na obtížnost plánování dosažení dobrého stavu těchto vodních toků. Kromě přítomnosti rybníků v povodí vstupuje do ovlivnění ekologického stavu toků velké množství dalších faktorů, především zemědělská činnost v povodí, vypouštění odpadních vod a také samotný hydromorfologický stav toků, který výrazně ovlivňuje samočistící schopnost toku. Ke komplexní studii bude potřeba provést podrobnější průzkum a získat rozsáhlejší soubor dat, nicméně výše uvedené analýzy přinejmenším ukazují, že přítomnost rybníků v současné době prokazatelně přispívá k horšímu ekologickému stavu vodních toků. Je otázkou, zda by neměly být vodní útvary s větším počtem rybníků na páteřním toku hodnoceny podle odlišných, specifické situaci přizpůsobených, kritérií. Vzhledem k jejich hydromorfologickému ovlivnění a přerušované kontinuitě toku se také nabízí možnost jejich vymezení jako silně ovlivněných vodních útvarů.

Literatura

- [1] *Plán dílčího povodí Horní Vltavy*, 2016. Povodí Vltavy, státní podnik <http://www.pvl.cz/portal/pdp/VH/index.html>
- [2] Adámek, Z., Helešic, J., Maršálek, B., Rulík, M. (2010). *Aplikovaná hydrobiologie*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod. 350 pp.

- [3] Všetičková, L., Adámek, Z., 2013. The impact of carp pond management upon macrozoobenthos assemblages in recipient pond canals. *Aquac Int* 21(4): 897-925.
- [4] *Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky*, 2005. Aktualizovaný pracovní překlad s anglickým originálem. Praha, MŽP, Odbor ochrany vod.
- [5] http://www.mzp.cz/cz/prehled_akceptovanych_metodik_tekoucich_vod
- [6] <http://www.canoco5.com>
- [7] <https://www.r-project.org>
- [8] Kalous, L., Daněk, T., Romočuský, Š., Petrtýl, M., Rylková, K., Knytl, M., Krajáková, L., 2010. Ichtyofauna malého toku v povodí horního Labe ve středních Čechách: vliv rybníků na druhové složení. *Bulletin VÚRH Vodňany* 46: 5-12.
- [9] Gál, D., Pekár, F., Kerepeczki, É., 2016. A survey on the environmental impact of pond aquaculture in Hungary. *Aquacult Int* 24: 1543-1554.

JAK NA RYBNÍKY?

FISHPONDS – CHALLENGING ECOSYSTEMS

Jindřich DURAS^{1,✉}, Jan Potužák²

¹*Povodí Vltavy, státní podnik, Oddělení plánování v oblasti vod, Denisovo nábř.. 14,
301 00 Plzeň*

²*Povodí Vltavy, státní podnik, útvar VH laboratoří, Emila Pittera 1, 370 01 Č. Budějovice
✉ jindrich.duras@pvl.cz*

Abstract

Despite fishponds are widespread in Czech Republic we don't have enough knowledge about contemporary functioning of these ecosystems. On the other hand, we need to rethink the approach to fishponds probably on the basis of evaluation of ecological potential. It is necessary to estimate ecosystem services according to climate change, needs of contemporary landscape and environmental and social needs. It is clear that much more studies should be done to obtain urgently needed data to solve the issue properly.

Keywords: fish ponds, ecological potential, fish production cycle, climate change

1 ÚVOD

S trochou nadsázky lze říci, že rybníky byly kolébkou naší hydrobiologie a mohli jsme se pyšnit dobrou znalostí rybníčních ekosystémů. Dnes jsme se dostali do situace, kdy jsou poměry na rybnících velmi vzdálené starším poznatkům. Aktuální výzkum je orientován převážně pouze prakticky, tedy na otázky úzce spojené s produkcí ryb, zejména kapra. Poznatků o chování soudobých rybníčních ekosystémů je tak nedostatek. Zároveň ale potřebujeme hledat nové přístupy, které by reflektovaly vývoj poznání v oblasti vody a vodního hospodářství, přírodních poměrů, změn klimatu, ale také změny ve společnosti. A zde máme, podle mého mínění, značný dluh, který je třeba vyrovnat.

2 PŘÍSTUPY K RYBNÍKŮM

2.1 Rybníky a Rámcová směrnice

Rámcová směrnice (Směrnice 2000/60ES Evropského parlamentu a Rady ustanovující rámec pro činnost společenství v oblasti vodní politiky) definuje tzv. vodní útvary (VÚ), kterých se pak také dále výhradně týká. Rybníky představují v ČR pouze 19 útvarů stojatých vod. Jsou zahrnuty do kategorie tzv. HMWB (heavily modified water bodies – silně změněné vodní útvary). V porovnání s celkovým počtem velmi zhruba asi 24 000 rybníků s plochou větší než 1 ha v ČR se tedy Rámcová směrnice týká jen malé až zanedbatelné části z nich. Není tedy divu, že při komplikovanosti rybníční problematiky se během přípravy Plánů v oblasti vod na 3. plánovací období objevily hlasy, aby rybníky nebyly mezi samostatné vodní útvary vůbec zahrnovány. Tím bychom si ušetřili samozřejmě spoustu starostí, ale důležitá otázka, jak k rybníkům přistupovat, by zůstala neřešena.

Rybníky se od ostatních vodních útvarů povrchových vod stojatých (kategorie jezero), což jsou u nás výhradně přehradní nádrže, zásadně liší: specifické složení a hustota rybí obsádky, aplikace krmení a někde i hnojení, vypouštění a výlovy s resetem rybí obsádky, přítomnost cizích až invazních druhů. Není tedy divu, že metodika hodnocení HMWB kat. jezero [1] pro rybníky příliš využít nelze. Pokud to uděláme, vyhodnotíme všechny rybníky jako vodní útvary s ekologickým potenciálem zničeným, výjimečně „pouze“ poškozeným. Vyplnit takový výsledek do tabulky je celkem jednoduché. Do problémů se ale dostaneme v okamžiku, kdy se pokusíme navrhnout opatření, kterými daný VÚ (rybník) dobrého ekologického potenciálu brzy dosáhne.

Je zřejmé, že musíme nevyhnutelně „přemyslet“ (rethink), co vlastně od rybníka v dobrém ekologickém potenciálu požadovat = zamyslet se nad otázkou, jak by měl zdravý rybník fungovat nejen sám o sobě, ale také vzhledem k okolní krajině [2]. V tento okamžik se stává atraktivním již zmíněný návrh rybníky vůbec mezi VÚ nezahrnovat. Máme ovšem za to, že při hledání přístupu k hodnocení rybníků, které jsou samostatnými vodními útvary, budeme hledat zároveň přístup k fenoménu rybník obecně – a to bude velmi pozitivní, protože nic takového zatím neexistuje. Navíc slibně se rozvíjející diskuse nad přípravou vyhlášky regulující rybářské hospodaření na rybnících před několika lety ustala a zatím není „politická vůle“ tuto diskusi obnovit.

2.2 Rybníky a „climate change“

Klimatická změna nepříjemně zasahuje i naše kraje, kterých jak jsme tajně doufali, se týkat nebude. Máme za to, že úlohu rybníků je třeba zvažovat jednak

z pohledu, jak rybníky klimatu prospívají, a jednak z pohledu, jak se jejich chování změnou klimatu mění. O obojím máme k dispozici naprosté minimum dat, zejména v porovnání s tím, jak je naše krajina na rybníky bohatá.

Hydrologové vnímají rybníky spíše jako prvek nepřátelský, který vodu z krajiny za součinnosti okolní vegetace odebírá (odpařuje), tedy zhoršuje vodní bilanci. Zároveň ale rybníky právě odpařováním teplotu svého okolí snižují a navíc podporují i malý vodní cyklus, jenž udržuje vodu v krajině, aby neodtekla s vodou potoka pryč. Praxe dokládá také vliv rybníků na hladinu podzemní vody. Po vypuštění rybníka mizí voda ze studní v přilehlých obcích, což má dopad nejen do situace v dané obci, ale jedná se i o indikaci rozsáhlejších změn v širším okolí. Zhodnocení těchto funkcí rybníků, které by – podle našeho názoru – měly být zahrnuty do hodnocení ekologického potenciálu i do hodnocení rybníků všeobecně, na své podrobnější zpracování teprve čeká.

Klimatická změna, zejména poměrně suché a dlouhé léto může mít, hlavně u nepřítli průtočných rybníků, vliv na teplotní stratifikaci (zvýšení teplotního gradientu hladina-dno a prodloužení jejího trvání), tím i na kyslíkový režim (delší anoxie u dna) a následně i na přestup sloučenin Fe a P ze sedimentu do vodního sloupce. Při vypouštění spodní vody, což při zaklesnuté hladině může být jediný možný způsob, pak může z rybníka odtékat zvýšené množství fosforu. Tím klesá schopnost rybníka P zadržovat, což je významné z pohledu transportu látek v povodí, a stoupá riziko pro stojaté vody níže po toku, neboť jsou dotovány zvýšeným množstvím fosforu. Rámcově popsané schéma je zesíleno v oblastech s huminovými vodami, protože v souvislosti s ústupem acidifikace se intenzita hnědého zbarvení vody zvyšuje a s ní se mění i fyzikální, chemické a biologické poměry. Mění se směrem k vyšší eutrofizaci [3], [4]. Je tedy otázka, jak se bude vyvíjet přirozený potenciál rybníků zadržovat sloučeniny fosforu a jak budeme tento potenciál hodnotit (např. pro Rámcovou směrnici), protože se jedná o důležitou ekosystémovou službu, kterou mohou rybníky poskytovat.

2.3 Rekreační využití rybníků

Rekreační využití představuje nejen koupání přímo v rybníce, ale také pobyt v okolí vodní plochy (turistika, cykloturistika...). Rekreačně ceněné jsou samozřejmě stojaté vody s vodou víceméně průhlednou a bez masového rozvoje sinic, tedy u nás poměrně vzácný úkaz.

- Produkční rybníky – hospodaření je z velké části podřizováno maximalizaci produkce/zisku, což znamená poměrně silné nasazení v průběhu celého produkčního cyklu, a tedy vodu s trvale nízkou průhledností a s pravidelnou přítomností sinic nebo alespoň se silným vegetačním zákalem fytoplanktonu obecně. Dnešní produkční rybníky jsou výsledkem dlouhodobé

snahy o zvýšení jejich úživnosti. To se sice ve většině případů podařilo, ale rybníky se staly ekosystémem, který je jinou než silnou obsádkou kapra obtížně zvladatelný a navíc je velmi rezistentní vůči mírným změnám, (např. snížení rybí obsádky o 10%). K tomu přispívá riziko expanze invazních druhů ryb, zejména střevličky východní (*Pseudorasbora parva*), schopných rychle změnit strukturu potravního řetězce ve prospěch nízké průhlednosti a sinicových vodních květů.

- Sportovní rybníky nejsou obvykle vypouštěny a loveny. Tam, kde (i) správci dbají na „přiměřenou“ rybí obsádku (= rybník není dramaticky přesazován a není uplatňován systém chyt' a pusť) a (ii) nepodporují přikrmování rybí obsádky ani hromadné vnaďení a (iii) ani do rybníka nevstupuje významnější znečištění z povodí, tam mohou sportovní rybníky vykazovat alespoň po první část vegetační sezóny relativně dobrou jakost vody. Příkladem takových rybníků jsou dlouhodobě rybníky Staňkovský a Hejtman na Koštěnickém potoce u Chlumu u Třeboně. Ovšem i v těchto případech se situace zhoršuje.

- Rybníky s projektem jsou víceméně nevyhnutelným důsledkem touhy po čisté vodě celý rok. V realitách ČR totiž jinak než speciálně zaměřeným projektem této mety dosáhnout nelze. V konkrétním projektu pak vystupuje biomanipulace (regulace rybí obsádky) a ekotechnologické zásahy (těžba či ošetření sedimentu, aerace, ošetření vodního sloupce...). Potíž je v tom, že mělká vodní nádrž s průzračnou vodou je velmi nestabilní ekosystém, kde nevyhnutelně dojde k expanzi vodní vegetace. A udržet akvatickou vegetaci pod kontrolou je velmi nákladná záležitost.

Zdá se tedy, že kromě rybníků s velmi specifickým a nákladným režimem hospodaření není cesty, jak rekreační využitelnost rybníků zlepšit. Možnost bude naznačena dále v textu.

2.4 Rybníky a biodiverzita

Mělké vodní nádrže jsou přirozeně místem vysoké diverzity vodní a mokřadní vegetace, bezobratlých organismů, obojživelníků, ptáků. Intenzivní rybářské hospodaření (byť dle oficiální klasifikace se jedná o hospodaření „polointenzivní“) znamená většinou úpadek biodiverzity. Vodní vegetace ustoupí nízké průhlednosti vody a tlaku rybí obsádky, což platí i o většině bezobratlých či obojživelníků. Do role ohrožených se dostávají i např. potápky, které se při lovu pod vodou orientují zrakem a v kalné vodě nenaloví potravu ani pro sebe ani pro mladé. Potřeba dobré jakosti vody v rybnících (průhledná bez sinicových vodních květů), je tedy potřeba i pro udržení bohatší biodiverzity.

Z diskuse neformální pracovní skupiny pro rybníky založené z iniciativy České limnologické společnosti se zdá, že z pohledu ochrany rozmanitosti akvatické vegetace, stejně jako z pohledu zachování udržitelných populací bezobratlých živočichů, obojživelníků a ohrožených druhů ptáků není nezbytné snažit se o **trvalé** dosažení průhledné vody bez sinic. V zásadě by stačilo dosáhnout takového stavu alespoň po první část vegetační sezóny a zhruba 1x za dva roky. To znamená, že bychom se mohli vrátit (alespoň u části rybníků) ke – v minulosti dobře popsanému - typickému dvouhorkovému průběhu.

2.5 Kouzlo prvního horka

Typické dvouhorkové hospodaření znamenalo v prvním roce nižší hustotu rybí obsádky (kapří násada byla ještě malá), která umožnila bohatý rozvoj zooplanktonu, zejména účinných filtrátorů (dafnie), kteří vodní sloupec způehlednili. Čirá voda vydržela zhruba do poloviny léta, kdy zvyšující se predační tlak ryb na zooplankton vedl k vegetačnímu zákalu. V typickém případě byla přítomna i sinice afanizomenon (*Aphanizomenon flos-aquae*). Toto období tak umožnilo rozvoj pestré submerzní vegetace oživené plejádou bezobratlých živočichů. Pulci obojživelníků nebyli vystaveni nekompromisnímu predačnímu tlaku hladových kaprů a dostatečný počet jich dosáhl přeměny a mohl se zapojit do reprodukce v dalších letech. Z pestré potravní nabídky těžili i vodní ptáci.

Ve druhém roce hospodářského cyklu už byla voda víceméně trvale se silnějším vegetačním zákalem. Silnější rybí obsádka přerušila sukcesi submerzní vegetace (která by vedla k monotónním společenstvům) mohutnou disturbancí. Reprodukce obojživelníků a některých druhů ptáků byla málo úspěšná. Nicméně jeden neúspěšný rok pro ně neznamená fatální ohrožení, zejména pokud je v blízkosti (jinde v soustavě) rybník s dobře rozvinutým fenoménem prvního horka.

Tento velmi schematicky popsaný cyklický vývoj jakosti vody v rybnících by patrně vyhověl jak nárokům rekreačního využití, tak potřebě ochrany biodiverzity a zřejmě by mohl být jako pozitivní zohledněn i při hodnocení ekologického potenciálu dle Rámcové směrnice. K další diskusi je samozřejmě otázka, u kterých rybníků (či ve kterých soustavách) by tradiční dvouhorkový vývoj jakosti vody měl být dosahován a jakými prostředky, protože při aktuální situaci (nadbytek fosforu, invazní druhy, ...) zřejmě v řadě lokalit efekt prvního horka nebude možné docílit. Důležitá je samozřejmě otázka minimalizace dopadu do hospodářského výsledku hospodařících subjektů. Za samostatnou úvahu by stála návaznost na tzv. organický chov kapra, tedy ryby produkované za nižší intenzity příkrmování a v přírodě bližších podmínkách, která může v důsledku aspirovat na zdravější a chutnější potravinu.

3 ZÁVĚR

Jakkoli jsou rybníky tradiční složkou naší krajiny a hospodaření na nich je tradičním „řemeslem“, ukazuje se, že nemáme k dispozici dostatek poznatků k tomu, abychom formulovali nový přístup k nim. Změny klimatu, změny v krajině, změny přírodních společenstev (všechny negativní) i změny ve společnosti (např. nároky na snižování exportu živin z krajiny, na krajinu k rekreaci, nároky na zdravou výživu – organický chov „zdravého“ kapra) podle názoru autorů vytvoření onoho nového přístupu vyžadují.

Otevření diskuse nad hodnocením ekologického potenciálu rybníků z pohledu Rámcové směrnice, kam by bylo vhodné zahrnout i zhodnocení ekosystémových služeb rybníků, může být dobrou příležitostí.

Literatura

- [1] Borovec, J., Hejzlar, J., Znachor, P., Nedoma, J., Čtvrtlíková, M., Blabolil, P., Říha, M., Kubečka, J., Ricard, D., Matěna, J., 2014: Metodika pro hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých vodních útvarů – kategorie jezero. Certifikovaná metodika Ministerstvem životního prostředí České republiky 1828/ENV/15. Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, České Budějovice.
- [2] Potužák J., Duras, J., 2017. Rybníky jako HMWB – jak přistoupit k hodnocení jejich ekologického potenciálu? Konference Vodárenská biologie, 1. a 2.2.2017, Praha. Poster.
- [3] Duras J., Potužák J., 2014. Když acidifikace ustupuje. Magdeburger Gewässerschutzseminar 2014 – Gewässerzustand der Elbe – neue Herausforderungen, 18. – 19. September 2014, Špindlerův Mlýn, Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE) (Edit), 30 – 33 pp.
- [4] Duras J., Potužák J., Vašek P., Hejzlar J., 2013. Jak se mění naše acidifikované vody. Sborník Vodní nádrže 2013: 25.-26. září 2013 Brno, Česká republika. Kosour D. (Ed.), Brno: Povodí Moravy, s.p., 2013, str. 109 (Abstract).

**STAŇKOVSKÝ RYBNÍK - JAK RYCHLE DNES PROBÍHÁ
EUTROFIZACE VELKÉ MEZOTROFNÍ RYBNIČNÍ NÁDRŽE
(I BEZ PŘÍSPĚNÍ PRODUKČNÍCH RYBÁŘŮ)**

STAŇKOVSKÝ POND – HOW FAST IS EUTROPHICATION IN LARGE
MESOTROPHIC POND RESERVOIR
(EVEN WITHOUT CONTRIBUTION FROM PRODUCTION FISHERY)

**Libor PECHAR^{1,2}✉, Marek Baxa^{1,2}, Zdeňka Benedová¹,
Jindřich Duras³, Lenka Kröpfelová¹, Martin Musil^{1,2},
Jan Potužák⁴, Jana Šulcová¹**

¹ENKI, o.p.s, Dukelská 145, 37901 Třeboň

²JU v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta Katedra krajinného managementu,
Laboratoř aplikované ekologie, Branišovská 1668, 370 05 České Budějovice

³Povodí Vltavy, státní podnik, Denisovo nábřeží 14, 30420 Plzeň

⁴Povodí Vltavy, státní podnik, Emila Pittera 1, 370 01 České Budějovice

✉libor.pechar@prirodou.cz

Abstract

The Staňkovský pond has been considered as a low productive mesotrophic fishpond over the whole 20th century. But during the last 25 years, this unique fishpond has subjected to enormous eutrophication. The total phosphorus concentrations have increased three times, chlorophyll concentrations increased fourfold. These trends reflect changes in hydrochemical conditions in the catchment area. The effect of fishery management can be considered as minimal in this case. Nevertheless, changes in fish stock, the likely higher biomass of small planktivore fish, may also intensify the symptoms of eutrophication. The results of the long-term monitoring of the Staňkovský pond indicate a permanent problem of the eutrophication of the landscape and insufficient measures to reduce the phosphorus loading in to surface waters. An unpleasant finding is how fast the eutrophication process can proceed and high vulnerability of one of the biggest Czech fishpond.

Keywords: fishpond, eutrophication, catchment impact, phosphorus, cyanobacterial bloom

1 ÚVOD

Eutrofizace rybníků je tradičně spojována s intenzifikací rybářského hospodaření. Záměrná eutrofizace rybníků hnojením ve druhé polovině 20. století se významně podílela na navýšení koncentrací dusíku a zejména fosforu v rybníčních vodách. Vyšší rybí obsádky a jejich krmení prohloubily projevy eutrofizace, jakými jsou rozvoj fytoplanktonu a vodní květy sinic.

Skutečnost, že rybníky jsou také zatěžovány přísunem živin z povodí, byla samozřejmě známa. Ale ve druhé polovině 20. století, kdy proces eutrofizace rybníků i povrchových vod kulminoval, nebylo dost dobře možné rozlišit bezprostřední vliv rybářského hospodaření a vstupy živin z okolní krajiny a sídel. Extrémním příkladem je Třeboňsko, kde v 70. a 80. letech byla aplikována do rybníků kejda. Hnojení rybníků a likvidace odpadů ze živočišné výroby tak splynuly v jeden proces.

Od 90. let jsou podrobně, se stejnou metodikou, sledovány Třeboňské rybníky. Další data jsou k dispozici i z Blatenska (z let 2004 - 2005 a z posledních let). V 90. letech a počátkem tohoto století proběhly extenzivní studie rybníků, které jsou v různém režimu ochrany přírody (přírodní rezervace, rybníky v CHKO) v rámci celé České republiky. Vyhodnocení těchto dat ukazuje, že se rozsah a intenzita eutrofizace rybníků od 90. let dále nezvyšuje [1].

Nicméně je opět obtížné rozlišit, zda je to důsledek úpravy intenzity rybářského hospodaření (např. snížení dávek hnojení) nebo pozitivní vliv nižší intenzity zemědělského hospodaření v krajině a lepšího čištění odpadních vod.

V případě rybníků převládá názor, že za jejich stav odpovídá rybářské hospodaření. Je to pochopitelné, protože rybářská aktivita je na první pohled zřetelná a nepochybně ovlivňuje jak vlastní přísun živin, tak projevy eutrofizace, které jsou intenzivnější s vyšší rybí obsádkou.

Vliv přísunu živin z povodí tak patrný zpravidla není, je obtížné jej podchytit a kvantifikovat.

Možnost intenzivní eutrofizace velké rybníční nádrže se v kontextu současného trendu a opatření na zlepšení kvality povrchových vod zdá málo pravděpodobná. Přesto k takovému procesu dochází v současnosti na rybníce Staňkovský, který je rybářsky využíván jen jako sportovní revír.

2 POPIS LOKALITY A ZDROJE DAT

Rybník Staňkovský, leží v katastru obce Staňkov, asi 20 km jižně od Jindřichova Hradce. Východní břeh tvoří hranici s Rakouskem. Rozlohou vodní plochy 241 ha je 9. největší rybník v ČR. Podle objemu zadržené vody, 6.3 mil.

m³ je největší rybníční nádrž. Zároveň je to náš nejhlubší rybník, aktuální hloubka u výpusti je 9,5 m.

Rybník byl postaven v 16. století přehrazením úzkého údolí Koštěnického potoka. Hráz se nachází přímo v obci Staňkov. Rybník lze považovat za mírně průtočný, teoretická doba zdržení je 96 dní. Rybník má dvě části, jihozápadní bazén, částečně přiléhající k obci Staňkov, vodní plocha zde dosahuje šířky až 700 m. Severovýchodním směrem se nachází zatopené úzké údolí Koštěnického potoka, které je asi 5 km dlouhé, ale nejvýše 350 m široké.

Jihozápadní částí leží rybník Staňkovský na okraji Třeboňské pánve, severovýchodní část, zatopené údolí, náleží k Jihočeské vysočině, k části označované jako Dačická vrchovina. Povodí rybníka je asi 120 km² a je tvořeno především rozsáhlými lesy, které obklopují rybník o okruhu téměř 4 km od břehové čáry. Horní část povodí je převážně extenzivně využívaná zemědělská krajina. Tyto parametry jsou pro rybníční nádrž dosti výjimečné a rybník Staňkovský je pro své hydromorfologické parametry podobný menší údolní nádrži.

Údaje o kvalitě vody jsou k dispozici od 90. let minulého století [2]. Od roku 2007 probíhá pravidelný monitoring rybníka Staňkovského v rámci sledování vodních útvarů podnikem Povodí Vltavy (J. Potužák, nepubl. data). V posledních deseti letech proběhla sledování hydrochemických poměrů i z iniciativy Rybářství a.s. Třeboň. V letech 2010-2016, probíhal monitoring Staňkovského rybníka paralelně jak společností ENKI o.p.s, tak laboratoří podniku Povodí Vltavy. Porovnání výsledků z obou laboratoří ukázalo velmi dobrou shodu, a proto průměrné sezónní hodnoty byly vypočteny ze všech dostupných měření. Laboratoř BÚ AVČR v Třeboni v 90. letech a v letech 2000-2001 používala stejné analytické metody a je tak zajištěna srovnatelnost výsledků v čase. Hydrochemická měření zahrnují standardně fyzikálně chemické parametry (teplotu vody, vodivost, alkalitu, pH, koncentraci rozpuštěného kyslíku, a vertikální stratifikaci těchto parametrů), dále stanovení forem uhlíku, dusíku a fosforu (včetně celkového organického C a celkového N, P). Hodnocen je i stav planktonu a koncentrace chlorofylu jako měřítka biomasy sinic a řas.

3 VÝSLEDKY A DISKUZE

Hydromorfologická situace rybníka Staňkovský, především větší průměrná hloubka, průtočnost, geologický charakter povodí a zalesněné okolí rybníka, určovaly jeho nízkou úživnost. To pochopitelně snižovalo zájem investovat větší úsilí do takových to "nadměrných" rybníků jezerního typu. Tuto zkušenost popisuje už Šusta [3]. Nízká produkce rybníka Staňkovský byla příčinou, že roku 1916 byla oddělena hrází jeho jižní mělká část, a byl tak vytvořen rybník

Špačkov. Po druhé světové válce došlo k vysídlení velké části rakouského obyvatelstva z obcí v povodí a po roce 1948 se velká část povodí i část rybníku ocitla v hraničním pásmu. Tyto skutečnosti způsobily, že jak rybářské hospodaření na Staňkovském rybníce, tak hospodářské aktivity v povodí byly až do 90. let minulého století velmi omezené.

První systematická měření hydrochemických parametrů rybníčních vod na Třeboňsku prováděl Dejdar v letech 1949 - 1963, v rámci působení třeboňské centrální laboratoře podniku Státní rybářství. Rybník Staňkovský nebyl pro nízký produkční potenciál zahrnut do sledování, ale jsou k dispozici výsledky z rybníků v blízkém okolí (Purkrabí, Skalice, Svobodný, Špačkov). Pro tyto lokality na okraji Třeboňské pánve jsou v letech 1954 - 1961 typické nižší průměrné hodnoty vodivosti ($150 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) alkality (okolo $0,5 \text{ meq}\cdot\text{l}^{-1}$) a pH mezi 6 - 7. Nízké byly také koncentrace síranů ($18 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) a chloridů ($4 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Tyto hodnoty jsou vesměs nižší, než byly průměry pro celé Třeboňsko [4]. Zajímavé je, že už v té době byly koncentrace dusičnanů poměrně vysoké a srovnatelné v rámci celé Třeboňské pánve. Pro rybníky v oblasti Staňkovského dosahovaly hodnoty $2,8 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Údaje o koncentraci fosfátů nejsou z té doby spolehlivé, pohybují se v rozmezí $0,1 - 0,3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ pro hnojené rybníky. V případě Staňkovského nejsou tato data patrně relevantní.

V 90. letech bylo možné klasifikovat rybník Staňkovský z hlediska eutrofizace jako lokalitu slabě mezotrofní. Rybník evidentně nebyl v období intenzifikace rybářského hospodaření zasažen eutrofizací, ale v chemismu hlavních iontů jsou patrné výrazné změny oproti 50tým létům.

Zvýšila se celková koncentrace rozpuštěných látek, prakticky se zdvojnásobily koncentrace dusičnanů, síranů a chloridů. Vzrostla i alkalita a pH se pohybovalo v rozsahu 7,2 - 8,1 (tab. 1).

Tab. 1 Průměrné sezónní hodnoty vodivosti, alkality a koncentrace dusičnanů, chloridů, síranů, celkového fosforu a chlorofylu-a v letech 1990-1991. Vzorky byly odebrány u hráze poblíž výpusti, 3x v období duben - září.

Staňkovský	Vodivost	Alk	NO₃⁻	Cl⁻	SO₄⁻	TP	Chla
	[$\mu\text{S}/\text{cm}$]	[meq/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[$\mu\text{g}/\text{l}$]
1990	194	0,80	7,16	7,16	43	0,04	7
1991	209	0,93	6,15	6,15	42	0,03	8

(data Pechar BÚ AVČR, Třeboň)

Po roce 1990 a zrušení hraničního pásma se oblast otevřela a došlo k rozvoji různých aktivit, včetně zemědělského hospodaření a turistiky. Rybník Staňkovský se stal rybářským revírem, který obhospodařuje Rybářství Třeboň

a.s. Režim rybářského hospodaření se ustálil na nasazování asi 140 q ročně, především kapra a dosazování dravé ryby (hlavně candát, který se v rybníce úspěšně vytírá). Většina nasazených ryb je v sezóně vychytána.

Výsledky hydrobiologického sledování v letech 2000 a 2001 naznačily, že dochází k určitým změnám. Došlo k výraznému snížení vodivosti, tj. poklesu koncentrace rozpuštěných látek. K nejvýraznějšímu snížení došlo u alkality (tj. v koncentraci hydrogenuhličitanů), a síranů. Koncentrace dusičnanů poklesly také, ale ne v takovém rozsahu. Obdobný trend byl zaznamenán pro celé Třeboňsko [1]. Naproti tomu se navýšily koncentrace celkového fosforu (2x) a chlorofylu (3x). Tato změna však nevyvolala velkou pozornost, rybník Staňkovský pořád vykazoval velmi dobrou průhlednost a kvalita vody byla podstatně lepší, než v okolních lokalitách, které byly podobně rekreačně využívány (tab. 2).

Tab. 2 Průměrné sezónní hodnoty vodivosti, alkality a koncentrace dusičnanů, chloridů, síranů, celkového fosforu a chlorofylu-a v letech 2000-2001. Vzorky byly odebrány u hráze poblíž výpusti, 3x v období duben - září.

Staňkovský	Vodivost	Alk	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	TP	Chla
	[μS/cm]	[meq/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[μg/l]
2000	159	0,63	4,30	4,30	34	0,09	36
2001	154	0,21	4,66	4,66	35	0,13	14

(data Pechar, BÚ AVČR, Třeboň a ENKI ops. Třeboň)

V letech 2010 a 2011 byl stále patrný trend snižování alkality, koncentrací síranů a dusičnanů. Klíčové parametry pro hodnocení eutrofizace, tj. celkový fosfor a chlorofyl zůstaly na stejné úrovni jako v období 2000-2001 (tab. 3).

Tab. 3 Průměrné sezónní hodnoty vodivosti, alkality a koncentrace dusičnanů, chloridů, síranů, celkového fosforu a chlorofylu-a v letech 2010-2011. Vzorky byly odebrány u hráze poblíž výpusti, 3x v období duben - září.

Staňkovský	Vodivost	Alk	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	TP	Chla
	[μS/cm]	[meq/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[μg/l]
2010	114	0,34	2,904	2,81	17	0,09	27
2011	114	0,36	1,364	1,41	16	0,10	25

(data Pechar, ENKI ops Třeboň a Povodí Vltavy s.p.)

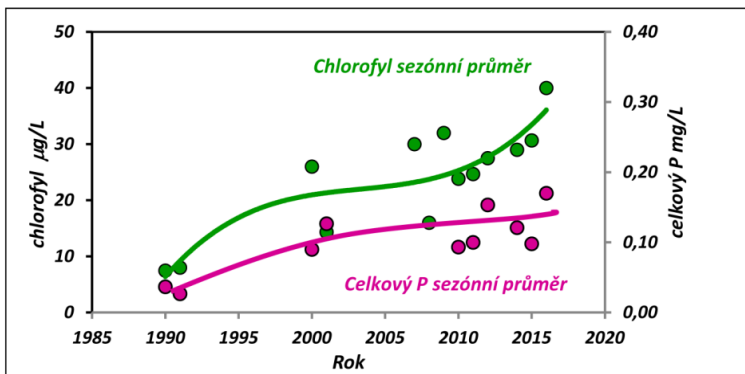
V posledních asi 10 letech se však začaly projevovat symptomy pokračující eutrofizace. V nejhlubších částech rybníka, po ustavení teplotní stratifikace,

dochází k vyčerpání kyslíku a v redukčním prostředí dochází k produkci malého množství sirovodíku. Jeho přítomnost je detekovatelná charakteristickým zápachem, ale analyticky - kvantitativně byl sirovodík naměřen jen koncem sezón v koncentracích 0,5 - 1 mg.l⁻¹. V letním období se častěji a ve větším rozsahu objevoval vodní květ sinic a lokalita byla hygienicky hodnocena negativně jako koupací voda [9]. V roce 2016 došlo zejména v horní části výtopy rybníka k extrémnímu rozvoji vodního květu sinic. Rybník Staňkovský se tak přiblížil stavu, který lze označit jako pokročilá eutrofizace (obr. 1).



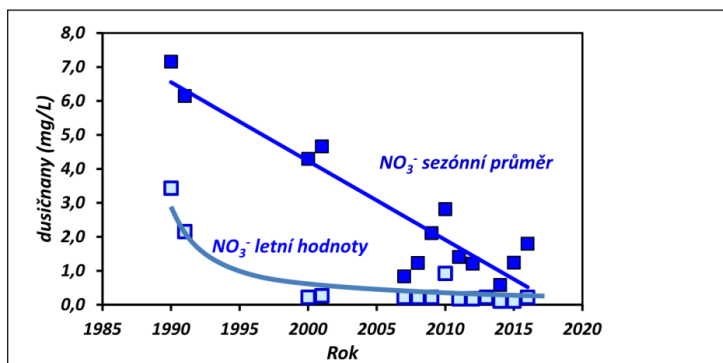
Obr. 1 Vodní květ sinic na přítoku do rybníka Staňkovský (podzim 2016, foto M. Baxa)

Vyhodnocení dat od roku 1990 a výsledků průběžného sledování od roku 2007 zřetelně dokumentuje překvapivě rychlý postup eutrofizace a zhoršení kvality vody v rybníce Staňkovský (obr. 2).



Obr. 2 Dlouhodobý trend koncentrací chlorofylu-a a celkového fosforu v rybníce Staňkovský, 1990 -2016, data představují sezónní průměry z 3 - 6 odběrů během měsíců dubna až října (data Pechar, BÚ AVČR a ENKI ops a Povodí Vltavy).

Na zvýšení nabídky fosforu reaguje plankton vyšší primární produkcí a nárůstem biomasy fytoplanktonu. Zároveň se ve stechiometrickém poměru zvyšuje spotřeba anorganického dusíku. V tomto kontextu je velmi důležitou skutečností zřetelné snížení koncentrací dusičnanů (obr. 3). Protože současně je pozorován i pokles množství síranů a snížení alkality, je velmi pravděpodobné, že příčiny je třeba hledat v hydrochemických poměrech v povodí. Pokles síranů a dusičnanů lze dát do souvislosti s omezením kyselých srážek a s menším vyplavováním dusičnanů z lesních půd. Pokles alkality a chloridů by více odpovídal nižší úrovni vápnění a hnojení zemědělských kultur [5]. Nelze předpokládat, že nárůst celkového fosforu má hlavní příčinu jen v mobilizaci fosforu ze sedimentů ve vlastní nádrži. Ani určitý přísun fosforu z vnaďících a krmných směsí, které používají sportovní rybáři, nemohl způsobit tak zřetelný nárůst. Jako klíčový zdroj fosforu byl v posledních letech identifikován přítok, tj. Koštěnický potok. Průměrná koncentrace celkového fosforu v přítoku v letech 2007 až 2016 byla $0,13 \text{ mg.l}^{-1}$, nejnižší hodnoty neklesly pod $0,05 \text{ mg.l}^{-1}$ a maximální koncentrace dosahovaly $0,30 \text{ mg.l}^{-1}$. Po celé období od roku 2007 do roku 2016 je tento intenzivní přísun fosforu v podstatě stabilní (monitoring Koštěnického potoka, J. Potužák, nepubl. data, Povodí Vltavy s.p.).



Obr. 3 Dlouhodobý trend koncentrací dusičnanů v rybníce Staňkovský, 1990 - 2016, (data Pechar, BÚ AVČR a ENKI ops a Povodí Vltavy, plné čtverce, představují sezónní průměry z 3 - 6 odběrů během měsíců dubna až října, světlé čtverce jsou hodnoty z letních odběrů, červenec až září).

Během roku 2011 byla uskutečněna látková bilanční studie na rybníce Staňkovský [6]. Roční přísun fosforu Koštěnickým potokem činil 2,4 t, tj. 1 g P/m^2 vodní plochy. Rybník zachytil téměř 70% vstupujícího fosforu, který je primárně navázán do sedimentů. Vyšší primární produkce stimulovaná přísunem fosforu však zvyšuje i následné rozkladné procesy. Pokud dojde v takto

ovlivněné nádrži v létě ke stabilní teplotní stratifikaci, hrozí riziko kyslíkových deficitů u dna. Pokud rozklad organických látek pokračuje i po vyčerpání rozpuštěného kyslíku, dochází k denitrifikaci. Tento proces je z rybníků dobře popsán [7],[8]. Absence nebo vyčerpání dusičnanů způsobuje prohloubení redukčních podmínek a nastupuje redukce síranů na sirovodík. Zároveň se ze sedimentů uvolňuje rozpuštěný fosfát. Tím se spouští pozitivní zpětná vazba, která prohlubuje proces eutrofizace nádrže recyklací a mobilizací fosforu v sedimentech. Rybník Staňkovský však v posledních 25 letech zachycoval podstatnou část vstupujícího fosforu do sedimentu. Z dat bilanční studie z roku 2011 [6] vyplývá, že rybníční sediment zachytí 0,7 mg TP/m² za rok. Pokud by se toto množství fosforu objevilo ve vodním sloupci, tj. v celém objemu vody rybníka, znamenalo by to zvýšení koncentrace TP o 0,24 mg.l⁻¹. Průměrný roční nárůst koncentrace celkového P činí od roku 1990 0,005 mg.l⁻¹. To znamená, že jen 2% vstupujícího fosforu se v roce 2011 objevilo ve vodním sloupci. Jak zvýšený přísun fosforu z povodí tak následná mobilizace fosforu ze sedimentů mění stechiometrický poměr N/P, který se snižuje. Vyšší potřeba anorganického dusíku pro primární produkci spolu s denitrifikací navozují relativní nedostatek anorganického dusíku. To jsou podmínky pro dominanci sinic ve fytoplanktonu a velmi intenzivní rozvoj vodního květu. Taková situace nastala v září 2016, což ukazuje, že se rybník Staňkovský blíží této další fázi eutrofizace, kdy vnitřní zdroj rybníka bude dalším stimulem eutrofizace (Obr. 1). Také rybí obsádka, zejména velké množství drobné plevelné ryby, se bude podílet na prohloubení projevů eutrofizace, není však jejich příčinou.

Od roku 2017 probíhá podrobný monitoring jak vlastního rybníka, tak povodí Koštěnického potoka. Společnost ENKI o.p.s. Třeboň, Povodí Vltavy, s. p. a Rybářství Třeboň a.s. se domluvily na společném postupu, jehož cílem je upřesnit stav Staňkovského rybníka a identifikovat příčiny takto intenzivní eutrofizace. Zároveň se zvažují možnosti, jak zastavit trend zhoršování kvality vody v této velmi významné lokalitě.

4 SHRNU TÍ

Rybník Staňkovský, který si do konce 20. století zachovával charakter „čisté“ mezotrofní rybníční nádrže, v současné době vykazuje zřetelné projevy eutrofizace, včetně výskytu vodních květů sinic. Za posledních 25 let došlo ke trojnásobnému zvýšení koncentrací celkového fosforu, koncentrace chlorofylu vzrostly čtyřikrát. Tento trend je způsoben změnami v hydrochemických poměrech v povodí. Na jedné straně se snížily koncentrace dusičnanů, síranů a hydrogenuhličitanů (alkalita), ale naopak se zvýšil přísun fosforu z povodí. Právě nízké koncentrace až absence dusičnanů v letním období napomáhají

nárůstu dostupného fosforu pro řasy a sinice. Vliv rybářského hospodaření lze v tomto případě považovat za minimální. I když změny v rybní obsádce, pravděpodobná vyšší biomasa drobných planktonofágních ryb, může projevy eutrofizace zvyrazňovat.

Výsledky dlouhodobého monitoringu rybníku Staňkovský ukazují na stálé riziko vysoké míry eutrofizace krajiny a na nedostatečná opatření ke snižování zátěže povrchových vod fosforem. Nepříjemným zjištěním je skutečnost, jak moc je zranitelná naše největší rybníční nádrž (podle objemu zadržené vody) a jak rychle proces eutrofizace může postupovat.

Literatura

- [1] Pechar, L. (2015): *Století eutrofizace rybníků – synergický efekt zvyšování zátěže živinami (fosforem a dusíkem) a nárůstu rybních obsádek*. Vodní hospodářství 65(7):1-6.
- [2] Pechar, L., Radová, J. (1996): *Hydrobiologické zhodnocení vývoje třeboňských rybníků od konce 19. století*. [In:] IUCN: Trvale udržitelné využívání rybníků v Chráněné krajinné oblasti a biosférické rezervaci Třeboňsko. Význam rybníků pro krajinu střední Evropy.; České koordinační středisko IUCN - Světového svazu ochrany přírody Praha a IUCN Gland, Švýcarsko a Cambridge, Velká Británie, 57 - 78 pp
- [3] Šusta, J. (1898): *Fünf Jahrhunderte der Teichwirtschaft zu Wittigau. – Štětín*. překlad: Lhotský O. 1995. Pět století rybníčního hospodářství v Třeboni. Carpio, Třeboň, 212pp.
- [4] Pechar, L., Příkryl, I., Faina, R. (2002): *Hydrobiological evaluation of Třeboň fishponds since the end of 19th century*. In: Květ J., Jeník J. & Soukupová L. (eds.): *Freshwater Wetlands and Their Sustainable Future: A Case Study of the Třeboň Basin Biosphere Reserve, Czech Republic*. Man and the Biosphere Series 28, UNESCO & The Parthenon Paris, 31-62 pp.
- [5] Pechar, L., Bastl J., Edwards K., Hais M., Kučera Z., Kropfelová L., Pokorný J., Radová J. and Šulcová J. (2003): *Changes in agricultural discharge runoff during the last ten years after political and socio-economical transformation in the Czech republic – experience from fishpond water chemistry of the Třeboň basin*. In: Vymazal J. (ed.): *Nutrient Cycling and Retention in Natural and Constructed Wetlands*. – Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, 307-320 pp.
- [6] Potužák, Jan, Jindřich Duras, and Bořek Drozd. "Mass balance of fishponds: are they sources or sinks of phosphorus?" *Aquaculture International* 24.6 (2016): 1725-1745.

- [7] Pokorný,J., Fleischer,S., Pechar,L., Pansar,J.(1999): *Nitrogen distribution in hypertrophic fishponds nad composition of gas produced in sediment*. In: J. Vymazal (ed.): *Nutrient Cycling and Retention in Natural and Constructed Wetlands*, Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, 1999, 111 – 120 p.
- [8] Duras J., Marcel M., Šebesta V., Novotná V. (2015): *Rekonstrukce ČOV Pelhřimov – řešení situace na přetížených biologických rybnících a vliv na recipient*. *Vodní hospodářství*, 65 (7), 34-40.
- [9] „Koupací vody“. [Online]. Dostupné z: <http://www.koupacivody.cz/>. [Viděno: 15-kvě-2017].

Poděkování

Výsledky uvedené v tomto příspěvku byly spolufinancovány projektem TAČR (TE02000077): Smart Regions-Buildings and Settlements Information Modelling, Technology and Infrastructure for Sustainable Development.

**TŘÍLETÉ DOBRODRUŽSTVÍ VÝZKUMU RYBNÍKA DEHTÁŘ
ANEŽ S RYBNÍKEM MEZI „JEZERNÍ“ BADATELE
PROJEKTU NETLAKE**

THREE YEARS LONG INVESTIGATION OF FISHPOND DEHTÁŘ – FIRST
FISHPOND IN THE NETLAKE COST ACTION PROJECT

**Jan POTUŽÁK^{1,2}✉, Kateřina Šumberová², Markéta Fránková²,
Martina Fabšičová², Michal Ducháček³, Karel Císař², Jindřich
Duras¹**

¹*Povodí Vltavy, státní podnik, Holečkova 3178/8, 150 00 Praha 5 - Smíchov*

²*Botanický ústav AVČR, v.v.i., Oddělení vegetační ekologie, Lidická 25/2, 602 00 Brno*

³*Národní muzeum, Botanické oddělení Přírodovědeckého muzea, Cirkusová 1740, 193 00*

Praha 9 – Horní Počernice

✉jan.potuzak@pvl.cz

Abstract

Fishpond Dehtář is situated in South Bohemia, Czech Republic. It is a large hypertrophic pond (area 228 ha, volume 4.712 mil m³) used for fish (common carp) culture. Semi-intensive fishery management is applied, including fertilization and supplementary fish feeding. Three stationary monitoring stations were installed within the COST CZ project, a part of NETLAKE COST Action (ES 1201). Data have been collected from mid-May 2014 to the end of Sept 2016. Concentrations of dissolved oxygen, water temperature, global radiation, rainfall, direction and wind speed and photosynthetically active radiation (PAR) were measured. Additionally, water chemistry and plankton (phytoplankton, zooplankton) samples have been taken bi-weekly near all monitoring stations. High nutrient and organic compounds load combined with relatively high average depth (2.6 m; common Czech fishpond is about 1.0 m), caused strong stratification and intensive fluctuations of main environmental parameters, esp. of oxygen concentrations. In summer, very low oxygen concentrations were recorded during the time of low intensity of PAR (mostly after the windy period). In some cases, anoxic conditions were persistent for several days.

Keywords: Fishpond, NETLAKE COST, continual monitoring, oxygen measurement

1 ÚVOD

Výzkum rybníků má v České republice dlouholetou tradici. První využitelné informace týkající se převážně hydrobiologického výzkumu rybníků sahají až do 80. let předminulého století. V 30. letech dvacátého století se začínají objevovat také první práce, které se zabývají hydrochemií rybníčních vod. Postupná intenzifikace rybářského hospodaření v průběhu druhé poloviny 20. století přinesla poměrně dramatické změny ve fungování rybníčních ekosystémů [1]. Pro pochopení toho, co se v rybnících děje, byly zaváděny nové monitorovací postupy, které částečně odrážely i požadavky rybníkářské praxe. V současné době není systematickému výzkumu rybníků v České republice věnována příliš velká pozornost. Zdá se však, že se postupně blýská na lepší časy a rybníky se opět postupně dostanou do popředí limnologického výzkumu. Vždyť existence moderních technologií, ke kterým patří například kontinuální monitorovací a vzorkovací systémy, dálkový průzkum země (DPZ) aj., umožňují získat obrovské množství informací, o kterých se praotcům naší české rybníční limnologie ani nezdálo.

Před více jak třemi lety se nám nabídla možnost připojit se k akci COST NETLAKE, která sdružuje pracoviště zaměřená na sledování jezer a přehradních nádrží po celé Evropě. Ačkoli tematický záběr NETLAKE je široký, hlavním posláním této akce je podpořit výzkum a management stojatých vod za použití systémů senzorů, jež jsou na lokalitě umístěny po celou dobu vegetační sezóny. Sensory jsou schopny zaznamenávat např. průběh teploty vody, koncentraci rozpuštěného kyslíku, pH, konduktivitu, zákal a mnoho dalších hydrochemických parametrů, a to souvisle řadu měsíců nebo let a to v intervalech několika minut i méně. Oproti „tradičnímu“ výzkumu povrchových vod, ať již za pomoci laboratorních rozborů odebraných vzorků vody nebo měření přenosnými přístroji přímo na lokalitě, které obvykle probíhá v intervalu dvou i více týdnů, umožňují trvale instalované senzory zachytit i krátkodobé výkyvy hodnot jednotlivých parametrů. Tato možnost nám připadala tak zajímavá, že jsme se rozhodli postavit náš projekt COST právě na ní. Z řady důvodů jsme si ke sledování vybrali rybník Dehtář ležící nedaleko města České Budějovice. Náplň projektu byla poměrně komplexní. Vedle vlastní aplikace kontinuálního monitoringu fyzikálně-chemických parametrů v rybníce se dále zabýval sezónní dynamikou a prostorovou variabilitou hlavních hydrochemických a hydrobiologických parametrů (fytoplankton, zooplankton a epifyton). Další důležitou součástí bylo mapování vodní a mokřadní vegetace a studium její půdní semenné banky. Hlavním cílem toho příspěvku je podělit se o zkušenosti získané v průběhu řešení tohoto projektu probíhajícího od roku 2014 do roku 2016. Jedná se zejména o možnost využití stabilního systému

senzorů pro kontinuální monitoring kyslíkových poměrů v prostředí hypertrofního rybníka.

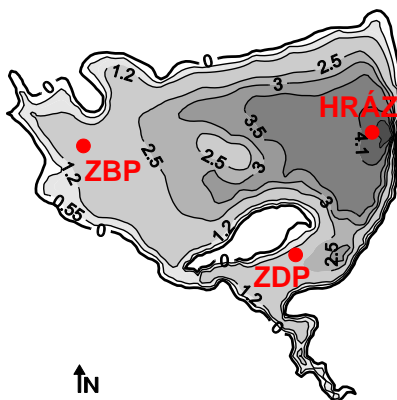
2 DEHTÁŘ – PRVNÍ RYBNÍK V NETLAKE

Co nás tedy vedlo k tomu vybrat si jako cíl projektu právě rybník Dehtář? Tento rybník se nachází 15 km vzdušnou čarou severozápadně od města České Budějovice v otevřené krajině na rozhraní Budějovické pánve a Blanského lesa. Jeho rozloha činí bezmála 218 – 238 ha (dle fáze rybářského hospodářského cyklu). Jedná se o živinami bohatě zásobený (hypertrofní) rybník, který je využíván k polointenzivnímu chovu ryb, zejména pak kapra. Co je pro tento rybník typické, je jeho relativně velká průměrná hloubka, která dle úrovně hladiny v jednotlivých letech (horkách) dosahuje od 2,2 do 2,7 m. V posledních několika letech jsme na rybníce Dehtář zaznamenali vzrůstající nestabilitu kyslíkového režimu. Ta v extrému vedla až k vytvoření anoxických podmínek v celém vodním sloupci. Výrazné změny v koncentraci rozpuštěného kyslíku nastávaly často velmi rychle (v řádech několik hodin) a běžně realizovaným monitoringem jsme nebyli schopni tyto změny prakticky zaznamenat. Vzácně jsme zachytili pouze jejich důsledek, který byl charakterizován např. zvýšenou koncentrací fosforu ve vodním sloupci, intenzivním rozvojem sinic, nebo v extrémním případě i částečným úhynem rybí obsádky. Z tohoto důvodu se nám rybník Dehtář jevil jako ideální kandidát pro aplikaci kontinuálního monitorovacího systému.

Jelikož rybník Dehtář je poměrně rozsáhlý heterogenní rybník, byly na jeho ploše umístěny celkem tři monitorovací stanice. První (hlavní) stanice sloužila k monitoringu teplotních, kyslíkových a světelných podmínek (množství pronikajícího fotosynteticky aktivního záření - PhAR) v oblasti u hráze (obr. 1). Od listopadu 2015 byl v prostoru u hráze instalován také senzor pro kontinuální snímání výšky vodní hladiny. Měření probíhalo ve dvou hloubkách a to v hladinové vrstvě (0,2 – 0,3 m) a v hloubce 1,5 m (hloubka předpokládané skočné vrstvy). Druhá stanice byla umístěna na pevně kotvené plošině v zátocě Dehtářského potoka. Na této stanici probíhalo pouze měření teploty vody a koncentrace kyslíku v hladinové vrstvě (0,2 – 0,3 m). Poslední stanice byla umístěna poblíž zátoky Babického potoka (obr. 1). Kromě kontinuálního monitoringu koncentrace kyslíku a teploty vody (opět v hladinové vrstvě) byla tato stanice vybavena čidlem pro měření teploty vzduchu, pyranometrem pro snímání globální radiace, anemometrem pro měření rychlosti a směru větru a srážkoměrem.

Kyslíkové a teplotní senzory a senzory pro měření množství pronikajícího fotosynteticky aktivního záření (PhAR) byly na rybník Dehtář pravidelně instalovány v průběhu měsíce dubna. Z důvodu rizika poškození v zimním období, popřípadě v období výlovu, byly senzory z lokality odstraněny v první polovině měsíce října. Senzory pro měření základních hydrometeorologických

veličin a také senzor pro měření výšky hladiny byly na lokalitě osazeny celoročně. Veškerá naměřená data byla přenášena pomocí telemetrické jednotky na web firmy Fiedler-Mágr, která dodala také veškerou měřicí techniku. Intervaly přenosu dat byly stanoveny na 10 minut.



Obr. 1 Batymetrická mapa rybníka Dehtář znázorňující umístění stacionárních stanic (ZBP – zátoka Babického potoka, ZDP – zátoka Dehtářského potoka).

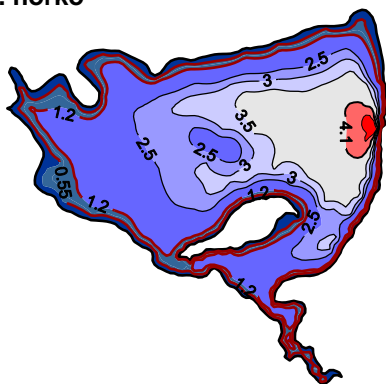
3 KYSLÍKOVÁ „DESTRATIFIKACE“ ANEB CO MŮŽE ZPŮSOBIT ZMĚNA POČASÍ

To, že na rybníce Dehtář dochází v letním období k pravidelnému střídání období, kdy je vodní sloupec kyslíkově výrazně zvrstvený (stratifikovaný) a naopak „vzorně“ promíchaný jsme věděli už z minulosti [2]. Jaké důsledky to ale pro celý ekosystém rybníka může mít, se nám podařilo částečně podhalit až s aplikací kontinuálního monitorovacího systému.

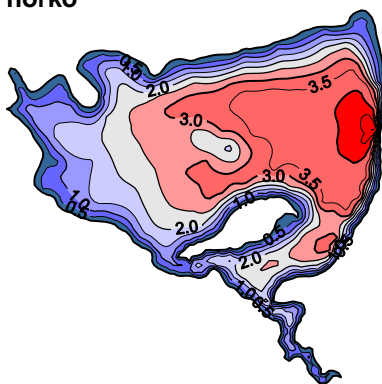
K prvnímu nastolení kyslíkové stratifikace dochází, dle průběhu počasí, nejčastěji v první polovině května. Nástup je typický mírným poklesem koncentrace kyslíku v epilimniu (0 – 1,5 m). Přibližně na úrovni 2,5 až 3,0 m dojde k výraznějšímu poklesu koncentrace kyslíku, běžně až k hodnotám pod 2 mg.l^{-1} . Od hloubky přibližně 3,5 – 4,0 m jsme pravidelně zaznamenávali nulové koncentrace rozpuštěného kyslíku, které byly současně doprovázeny poklesem oxido-redukčního potenciálu do záporných hodnot (indikace anaerobního prostředí). V případě přetrvávajícího teplého a málo větrného počasí docházelo k postupnému rozšiřování anoxické zóny výše k hladině (nulové koncentrace kyslíku již od hloubky 2,0 – 2,5 m) [3]. To, že se kyslíková stratifikace pravidelně utváří nejen u hráze (nad největší hloubkou), ale prakticky v celém rybníce, potvrdilo i pravidelné zónační měření realizované v bazénové části a v prostoru obou stanic umístěných v zátokách Babického a Dehtářského

potoka. Z naměřených hodnot je patrné, že z pohledu výskytu silně anaerobní hypolimnetické zóny jsou rizikovější druhá horka (2014 a 2016) s vyšší úrovní vodní hladiny (cca o 0,8 m vyšší výška hladiny). Na základě orientačních výpočtů bylo dále zjištěno, že v období intenzivní kyslíkové stratifikace v podmínkách druhého horka (koncentrace $O_2 < 2 \text{ mg.l}^{-1}$ od 2,5 m) je téměř 50% plochy dna rybníka postiženo anoxií. To představuje přibližně 18 – 20 % objemu zadržené vody. Při nižší úrovni vodní hladiny, v podmínkách prvního horka, nedocházelo ke vzniku tak rozsáhlého anoxického hypolimnia. Tato zóna zaujímala v případě nejvýraznější kyslíkové stratifikace objem $< 2 \%$ zadržené vody. Plocha dna, která byla v tomto případě zasažena anoxií, byla $< 5 \%$ (obr. 2).

I. horko



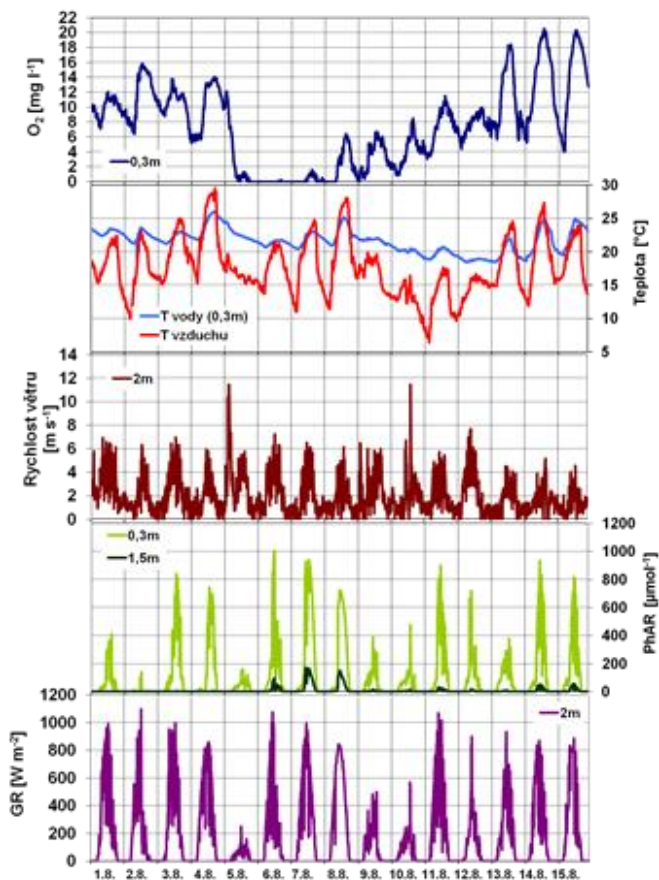
II. horko



Obr. 2 Pravděpodobnost vzniku anoxie u dna v porovnání prvního (2015) a druhého horka (2016). Čím je červená barva tmavší, tím je větší i riziko vzniku anoxie.

Stejně rychle, jako dochází k utváření stratifikace, nastává i její rozrušení a následné promíchání vodního sloupce. Napomáhá tomu i exponovanost velké části vodní hladiny severozápadnímu proudění. Kontinuální monitoring základních meteorologických ukazatelů v kombinaci s měřením kyslíku a teploty vody prokázal, že při výrazné změně průběhu počasí (např. přechod studené fronty), která je doprovázena poklesem teploty vzduchu a intenzivní větrnou činností, dochází k rozrušení stratifikace a následnému kompletnímu promíchání vodního sloupce během několika hodin. Jaký vliv může mít změna počasí na kyslíkový režim tohoto rybníka, dobře ilustruje situace, kterou jsme zaznamenali na začátku měsíce srpna v roce 2016. Ze 4. na 5. srpna nastal v rybníce dramatický pokles koncentrace rozpuštěného kyslíku. Následně v celém vodním sloupci převládaly anoxické podmínky (koncentrace $O_2 < 2 \text{ mg.l}^{-1}$), které postihly

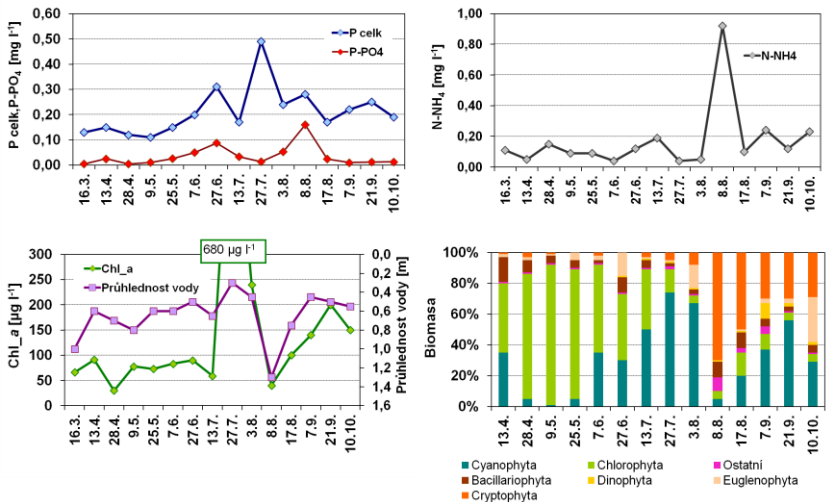
prakticky celý objem zadržované vody. Tento stav setrval několik dní (od 5. 8. do 8. 8.). Nejprve jsme ho přisuzovali nějaké technické závadě na monitorovací technice, ale pro jistotu jsme zvýšili frekvenci odběrů hydrochemických a hydrobiologických vzorků a kontaktovali hospodařící rybáře. Ti nám potvrdili, že se něco opravdu děje, neboť zaznamenali významnější úhyny ryb citlivější na nedostatek kyslíku (okoun, ježdík, štika).



Obr. 3 Průběh koncentrace kyslíku (O_2), teploty vody a vzduchu, rychlosti větru, intenzity pronikajícího fotosynteticky aktivního záření (PhAR) a globální radiace (GR) v hladinové vrstvě (0,3 m) u hráze rybníka Dehtář (první polovina měsíce srpna 2016).

Na počátku měsíce srpna převládalo na Dehtáři teplé a málo větrné počasí. Ze 4. na 5. srpna došlo k přechodu studené fronty. Ta způsobila výrazné

ochlazení, které bylo doprovázeno silnou větrnou činností podporující intenzivní míchání celého vodního sloupce. V následujících několika dnech převládala velká oblačnost, která v kombinaci se vznosem nerozpuštěných látek omezila průnik fotosynteticky aktivního záření vodním sloupcem (obr. 3). To pravděpodobně iniciovalo také změnu ve společenstvu fytoplanktonu, která započala masivním úhynem biomasy planktonních sinic. Dva dny (3. 8. 2016) před touto změnou tvořily sinice více než 65 % celkové biomasy fytoplanktonu. Naopak ve vzorku, který byl odebrán 8. 8. 2016 tvořily sinice již pouze 5 % celkové biomasy. Dominantní složkou fytoplanktonu se v mezidobí staly kryptomonády, které tvořily 70 % celkové biomasy. V následujícím období došlo postupně k opětovnému nárůstu biomasy sinic. Ty na konci měsíce září opět tvořily více než 50 % celkové biomasy fytoplanktonu. Pokles celkové biomasy fytoplanktonu dobře ilustruje průběh koncentrace chlorofylu *a* v epilimniu v profilu u hráze (obr. 4). Odumření části biomasy planktonních sinic mělo dopad i na řadu dalších sledovaných fyzikálně-chemických, chemických i hydrobiologických parametrů. Kromě dramatického propadu koncentrace a nasycení vody kyslíkem došlo k výraznému nárůstu a opětovnému poklesu koncentrace celkového rozpuštěného a fosforečnanového fosforu, a celkového a amoniakálního dusíku v epilimniu rybníka. Naopak klesla a posléze opět mírně vzrostla koncentrace biologicky dobře odbouratelných organických látek stanovených jako BSK₅. Příčinou byl pravděpodobně prudký pokles, po kterém následoval postupný nárůst biomasy fytoplanktonu (tab. 1).



Obr. 4 Průběh koncentrace celkového (*P celk*) a fosforečnanového fosforu (*P-PO₄*), amoniakálního dusíku (*N-NH₄*), chlorofylu *a* (*Chl_a*), průhlednosti vody a procentuálního zastoupení biomasy hlavních taxonomických skupin fytoplanktonu (března/duben - říjen 2016).

Tab. 1 Koncentrace celkového (P celk), celkového rozpuštěného (P rozp) a fosforečnanového (P-PO₄) fosforu, celkového (N celk) a amoniakálního dusíku (N-NH₄), biologické spotřeby kyslíku (BSK₅) a chlorofylu *a* (Chl_a) v epilimniu u hráze rybníka Dehtář (3. 8. - 17. 8. 16).

Parametr	Datum		
	3. 8. 16	8. 8. 16	17. 8. 16
P celk [mg.l ⁻¹]	0,24	0,28	0,17
P rozp [mg.l ⁻¹]	0,077	0,21	0,074
P-PO ₄ [mg.l ⁻¹]	0,053	0,16	0,024
N celk [mg.l ⁻¹]	2,0	3,0	2,9
N-NH ₄ [mg.l ⁻¹]	0,05	0,92	0,10
BSK ₅ [mg.l ⁻¹]	16	5,9	8,2
Chl _a [μg.l ⁻¹]	240	40	100

4 ZÁVĚRY

Na příkladu hypertrofního rybníka Dehtář jsme si ověřili, že použití kontinuálního monitorovacího systému může pro pochopení náhlých změn v kyslíkových poměrech hrát významnou roli. Díky aplikaci této technologie jsme byli schopni nasbírat velké množství dat, která bychom při běžně realizovaném „manuálním“ monitoringu asi jen těžko získali. Na druhou stranu velké množství pořízených dat vyžaduje také určitý čas na jejich zpracování. To musí být realizováno osobou odborně znalou do té míry, aby dokázala vyhodnotit relevantnost naměřených hodnot. Co se v rámci řešení tohoto projektu ukázalo za velmi důležité, je zabezpečení pravidelné kontroly stanic a senzorů. V podmínkách silně úživných rybníků dochází k intenzivnímu porůstání ponořených senzorů nárostovými řasami. Sensory si také jako přechodné útočiště oblíbili i někteří vodní bezobratlí (píjavičky, larvy pakomárů atd.). Nezbytné je tedy jejich pravidelné čištění (minimálně 1 – 2x za týden). Důležitá je také pravidelná kontrola naměřených hodnot umožňující poodhalit případné technické závady na měřicí technice.

I přes ukončení projektu COST NETLAKE probíhá kontinuální sledování kyslíkových poměrů na rybníce Dehtář dál. O pokračování měření projevíli zájem sami hospodařící rybáři, kteří v průběhu realizace tohoto projektu poznali, jaké výhody může kontinuální měření kyslíku a teploty vody mít. Do budoucna si od této technologie slibují zejména včasnou informovanost a následně možnost rychlé reakce v situacích hrozících dlouhodobějším poklesem koncentrace kyslíku ve vodním sloupci. Ten může ovlivňovat zejména vitalitu a zdravotní stav chovaných ryb a zhoršit tak celkovou ekonomiku chovu ryb na tomto rybníce.

Literatura

- [1] PECHAR, L. Století eutrofizace – synergický efekt zvyšování zátěže živinami (fosforem a dusíkem) a nárůstu rybích obsádek, Vodní hospodářství 65(7), 2015, 18-23s.
- [2] POTUŽÁK, J., DURAS, J. Vliv struktury planktonu na efektivitu rybí produkce v eutrofních a hypertrofních rybnících. Chov ryb a kvalita vody II. Sborník referátů, Rybářské sdružení České republiky, 21. – 22. únor 2013, České Budějovice, Urbánek M. (ed.), 43 -52s, ISBN: 978-80-87699-02-07.
- [3] DURAS, J., POTUŽÁK, J., PECHAR L. Rybníky a jakost vody, Vodní hospodářství 65(7), 2015, 16-24s.

Poděkování

Výsledky uvedené v tomto příspěvku byly financovány projektem FISHPOND2014 (č. LD14045) v rámci programu LD – COST CZ u MŠMT. Tento projekt je součástí širšího projektu NETLAKE (COST Action ES1201), financované z prostředků 7. Rámcového programu EU pro výzkum.

RYBNÍKY A KOUPACÍ SMĚRNICE

FISHPONDS AND EUROPEAN BATHING DIRECTIVE

Ivana BEDĚRKOVÁ¹, ✉

¹Ministerstvo životního prostředí, Odbor ochrany vod, Vršovická 65, 100 10 Praha
✉ivana.bederkova@mzp.cz

Abstract

From the point of view of European legislation, the issue of bathing waters is solved by Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 concerning the management of bathing water quality and repealing Directive 76/160/EEC. The "Bathing Directive" further regulates the monitoring, assessment, classification and condition of bathing water quality, public information and management measures. Since the entry into force of the new directive, the assessment has been carried out 5 times, for the first time in 2012 for the seasons 2009-2012. The vast majority of bathing waters have been excellent and good quality in all seasons. The fishponds form an important part of the identified bathing water - they make nearly third of all bathing waters. The production fishery management takes place on many of fishponds which are on the list of bathing waters. The bathing bans in every season are most frequently related to mass proliferation of cyanobacteria. However, the results suggest that combination of recreation and production use of fishponds is possible.

Keywords: bathing water, water bloom, management measures

1 ÚVOD

Jednou z významných rolí rybníků mimo produkční, environmentální a krajinytvorné je bezesporu ta rekreační. Mnoho lidí dává během letní sezóny před bazény přednost koupání ve volné přírodě. Z hlediska evropské legislativy se problematika vod ke koupání řídí směrnici Evropského parlamentu a Rady 2006/7/ES ze dne 15. února 2006 o řízení jakosti vod ke koupání a o zrušení směrnice 76/160/EHS („Koupací směrnice“). Tato směrnice se vztahuje na jakoukoli část povrchových vod, u které příslušný orgán očekává, že se v nich bude koupat velký počet lidí, a pro kterou nevydal trvalý zákaz koupání nebo

trvalé varování před koupáním. „Koupačí směrnice“ dále upravuje monitorování, posuzování, klasifikaci a stav jakosti koupacích vod, informování veřejnosti a také opatření řízení.

2 MATERIÁL A METODY

2.1 Seznam vod ke koupání

Každý rok před zahájením koupačí sezóny musí členské státy informovat Evropskou komisi o všech vodách určených jako vody ke koupání. Ministerstvo zdravotnictví sestavuje ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí a Ministerstvem zemědělství seznam, ve kterém uvádí přírodní koupaliště na povrchových vodách, ve kterých nabízí službu koupání provozovatel a další povrchové vody, kde lze očekávat, že se v nich bude koupat velký počet fyzických osob a nebyl pro ně vydán příslušným orgánem ochrany veřejného zdraví trvalý zákaz koupání („další povrchové vody ke koupání“). Velký počet fyzických osob se posuzuje s ohledem na hustotu osídlení, infrastrukturu, lokální význam koupacího místa a opatření přijatá na podporu koupání. Podat návrh na zařazení některé lokality do seznamu koupacích vod může i širší veřejnost.

V druhé části seznamu, nepodléhající reportingu Evropské komisi, jsou uvedena přírodní koupaliště místního významu na povrchových vodách, ve kterých nabízí službu koupání provozovatel a pro které nebyl vydán příslušným orgánem ochrany veřejného zdraví trvalý zákaz koupání. Zároveň seznam obsahuje údaj o koupací sezóně. Koupačí sezónou jednotlivých přírodních koupališť se rozumí zpravidla období od 30. května do 1. září nebo období, během něhož lze očekávat velký počet koupajících se fyzických osob [1].



Obr. 1 Ukázka zobrazení koupacích vod z webové stránky koupacivody.cz.

Všechny koupací vody ze seznamu je možné nalézt například na webové stránce <http://www.koupacivody.cz> (obr. 1).

2.2 Vymezení profilů vod ke koupání

V souladu s koupací směrnicí členské státy zajišťují vytvoření tzv. profilů vod ke koupání. Každý profil může zahrnovat jednu část vod ke koupání nebo několik spolu sousedících vod. Poprvé se profily vod ke koupání vytvářely do 24. března 2011.

Profil vod ke koupání obsahuje:

- popis fyzikálních, geografických a hydrologických charakteristik povrchových vod využívaných ke koupání a jiných povrchových vod v jejich povodí, které by mohly být příčinou znečištění
- určení a posouzení příčin znečištění, které mohou mít nepříznivý vliv na jakost povrchových vod využívaných ke koupání a negativně ovlivnit zdraví koupajících se
- vyhodnocení mikrobiálního znečištění vody ke koupání v monitorovacím místě, popřípadě na dalších odběrových místech a inventarizaci významných zdrojů znečištění a posouzení jejich možného vlivu na mikrobiální znečištění vody ke koupání
- posouzení rizika krátkodobého znečištění a informace o předpokládaném charakteru, četnosti a době trvání očekávaného krátkodobého znečištění, údaje o příčinách, které by mohly krátkodobé znečištění způsobit, včetně přijatých preventivních opatření a časového plánu k jejich odstranění a opatření přijímaná v případě vzniku krátkodobého znečištění
- posouzení možného rozmnožení sinic a makroskopických řas nebo fytoplanktonu zahrnující vyhodnocení druhového složení a množství fytoplanktonu, zejména sinic, a koncentrace živin, zejména fosforu, v monitorovacím místě vody ke koupání, případně na dalších odběrových místech a inventarizaci významných zdrojů znečištění s posouzením jejich možného vlivu na přísun živin (především fosforu) do vody ke koupání

Součástí profilu vody ke koupání jsou údaje o tom, kde se nachází monitorovací místa, včetně mapy. Mapa obsahuje zakres povrchové vody využívané ke koupání a části povodí, kde se nacházejí zdroje znečištění, které mohou mít nepříznivý vliv na povrchovou vodu využívanou ke koupání, včetně vyznačení zdrojů znečištění a polohu monitorovacích míst a jiné podstatné informace, považuje-li to správce povodí za vhodné [2].

2.3 Monitorování a klasifikace jakosti vod ke koupání

Kvalita koupacích vod je sledována v průběhu celé koupací sezóny (výsledky jednotlivých rozborů jsou k dispozici například na webových stránkách krajských hygienických stanic). Oproti dřívější směrnici došlo k výraznému snížení množství monitorovaných ukazatelů. V současné době jsou sledovány pouze dva mikrobiologické ukazatele a to střevní enterokoky a koliformní bakterie. Odběr vzorků vody a zjišťování hodnot ukazatelů se řídí příslušnými normami. Před zahájením každé koupací sezóny se sestaví monitorovací kalendář. Monitoring zajišťuje v případě přírodního koupaliště provozovatel (i finančně) a krajská hygienická stanice v případě dalších povrchových vod ke koupání uvedených v seznamu.

Na základě posouzení jakosti vod ke koupání dle mikrobiálních ukazatelů klasifikují členské státy vody ke koupání do čtyř tříd – výborné, dobré, přijatelné nebo nevyhovující (tab. 1). Posuzování jakosti vod se provádí po skončení každé koupací sezóny zpravidla dle údajů pro dotyčnou koupací sezónu a tři předcházející koupací sezony (členský stát se může rozhodnout klasifikovat koupací vodu dle údajů pouze za tři předcházející koupací sezony, pokud tak učiní, musí o tom uvědomit Komisi). Jsou-li v pěti po sobě jdoucích letech vody ke koupání klasifikovány jako nevyhovující, vydá se trvalý zákaz koupání nebo trvalé varování před koupáním [3].

Tab. 1 Zařazení do tříd jakosti pro vnitrozemské vody

Ukazatel	Výborná jakost	Dobrá jakost	Přijatelná jakost
Střevní enterokoky (KTJ/100 mL)	200 (*)	400 (*)	330 (**)
Escherichia coli (KTJ/100 mL)	500 (*)	1 000 (*)	900 (**)

(*) Na základě vyhodnocení 95. percentilu.

(**) Na základě vyhodnocení 90. percentilu.

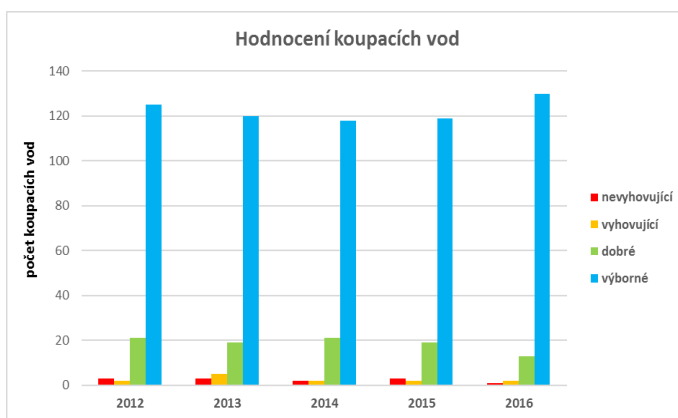
2.4 Zpráva

Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci s Ministerstvem zdravotnictví předkládá Evropské komisi do 31. prosince kalendářního roku za uplynulou koupací sezónu zprávu o výsledcích monitorování a posouzení jakosti povrchových vod uvedených v Seznamu. Součástí Zprávy je seznam provedených opatření řízení v povodí koupacích vod ke zlepšení jejich jakosti. Povinnost vodoprávních úřadů uložit nebo přijmout odpovídající opatření k nápravě stavu, kdy koupací vody přestanou trvale nebo opakovaně vyhovovat

požadavkům na jakost vody pro koupání, je zakotvena v zákoně č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů. Mezi nejčastější provedená opatření patří postavení čistírny odpadních vod v přílehlých obcích, případně její rekonstrukce či intenzifikace, úprava okolí koupací vody, kosení vodní vegetace nebo srážení fosforu aplikací chemikálií na přítoku do koupací vody [4].

3 VÝSLEDKY

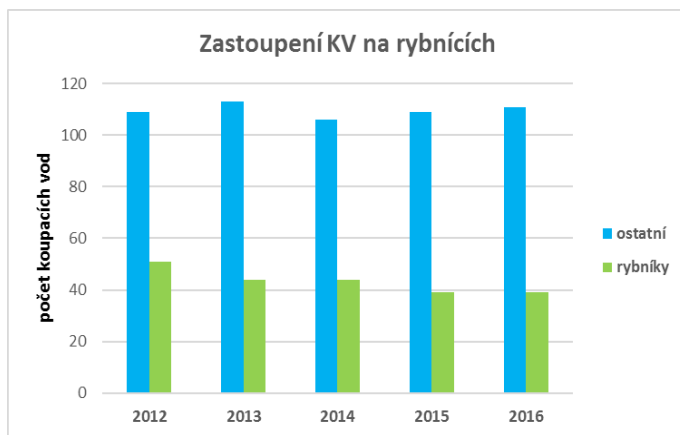
Od platnosti nové směrnice se hodnocení provádělo celkem 5x, poprvé v roce 2012 za sezony 2009 – 2012. Z grafu 1 je patrné, že za hodnocená léta převážná většina koupacích vod dosahovala výborné a dobré jakosti. V roce 2012 byly z celkově 160 identifikovaných koupacích vod pouze 3 klasifikovány jako nevyhovující (VN Brušperk, Varvažov a Chlumecký rybník), v roce 2013 z 157 lokalit také 3 nevyhovující (VN Orlík-veřejné tábořiště Vojníkov, Chlumecký rybník a VN Brušperk), v roce 2014 z 150 2 lokality (VN Orlík-veřejné tábořiště Vojníkov a VN Brušperk), v roce 2015 z 148 opět 3 lokality (VN Brušperk, VN Orlík-veřejné tábořiště Vojníkov a Staňkovský rybník) a v roce 2016 nevyhověla pouze jedna lokalita ze 150 a to Staňkovský rybník. Pro vyhodnocení trendu není k dispozici dostatek dat, avšak za poslední sezony se zdá, že jakost koupacích vod se celkově zlepšuje. Svou měrou k tomu zajisté přispívají i provedená opatření v povodí a v bezprostřední blízkosti koupacích vod.



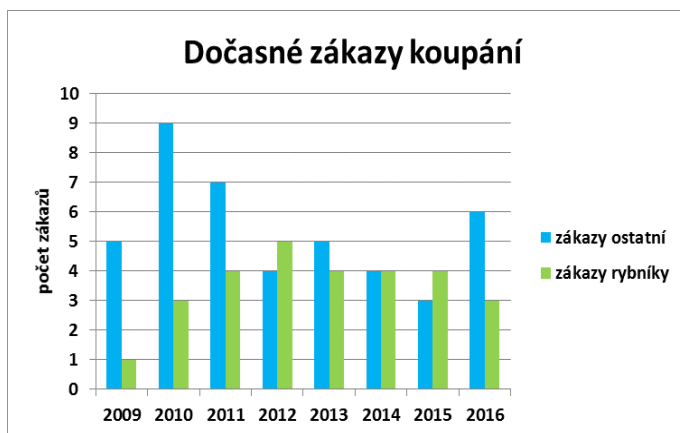
Graf 1 Hodnocení koupacích vod v letech 2012 – 2016

Významnou součástí identifikovaných koupacích vod tvoří koupací místa na rybnících. V roce 2012 tvořilo koupací místa na rybnících 51 koupacích míst ze

160 identifikovaných koupacích vod, v roce 2013 a 2014 44 (z 157, popř. 150 koupacích vod), a v roce 2015 a 2016 39 (z 148 a 150 koupacích vod celkem). Trend naznačuje drobný pokles množství oficiálních koupacích míst na rybnících (graf 2), nicméně předcházející graf ukazuje, že jakost vody je srovnatelná s koupacími místy na vodních nádržích a tolik oblíbených pískách.



Graf 2: Zastoupení koupacích vod na rybnících



Graf 3: Dočasné zakázky koupání za sezony 2009-2016.

Pokud se podíváme na dočasně uzavřené koupací vody, nejčastější problémy souvisí s masivním rozvojem sinic. Na doporučení Světové zdravotnické organizace se používá třístupňové posouzení množství sinic, přičemž zakáz koupání bývá vydán v okamžiku, kdy dle vizuálního zhodnocení dochází

k tvorbě vodního květu. Počet dočasně vyhlášených zákazů se drží za poslední roky na stejné úrovni, rybníky se na tomto počtu v porovnání s ostatními koupacími vodami podílejí téměř rovnocenně, jak je patrné z grafu 3.

4 DISKUZE A ZÁVĚRY

V průběhu let zůstává počet koupacích vod prakticky stejný, od 160 v roce 2012 lehce poklesl k 150 v roce 2016. Převažující klasifikace koupacích vod jako výborné ukazuje, že lokality byly vhodně zvoleny, včetně lokalit na rybnících.

Rybníky jsou velmi oblíbeným cílem rekreatantů v podstatě od okamžiku, kdy se v červnu výrazněji oteplí, jejich vlastnosti je k tomu přímo předurčují. Většina z nich neoplývá průměrnou hloubkou větší než 1 metr a i díky své menší rozloze oproti vodním nádržím se lépe prohřívají a dříve nabízí návštěvníkům komfortní teplotu pro koupání. Ovšem pouze zlomek rybníků je skutečně identifikován jako oficiální koupací voda. Koupací směrnice si dává za jeden z hlavních cílů ochranu koupajících se před znečištěním, kontrola stavu koupacích vod formou mikrobiologického rozboru a vizuálního posouzení množství sinic probíhá v sezoně nejčastěji 1x za 14 dní (minimálně 1x měsíčně). I proto v ní můžeme nalézt část, kdy by měla být na seznam zařazena jakákoli koupací voda, kde se očekává velké množství koupajících se. Už pojem „velké množství“ je značně diskutabilní, obecně se za odpovídající počet považuje cca 50 lidí (ale i 20). Důvod tkví převážně v problematice sladění více funkcí rybníků, málokterý plní úlohu čistě rekreační, většinu obhospodařují rybářská sdružení.

Velmi se v poslední době diskutuje krmení ryb a užití výjimky dle § 39 vodního zákona o aplikaci závadných látek. Pro nádrže a rybníky mimo vodárenské nádrže a právě povrchové vody uvedené v seznamu přírodních koupališť již pro aplikaci krmiv není potřeba a rybářská sdružení argumentují tím, že pokud se použije úměrné množství krmiva, kvalitu vody to neovlivní. Pozitivní vliv na jakost vody při vhodném složení rybí obsádky a zejména zastoupení dravců v populaci dokládají Adámek a Jurajda [5]. Výzkum těchto autorů na moravských rybnících a nádržích využívaných k rekreaci se zaměřením na druhovou skladbu rybí obsádky potvrzuje možnost úspěšného soužití rybářů a rekreatantů.

Zařazením rekreačně využívaného rybníka do seznamu koupacích vod vzniká nesporná výhoda pro rekreatanty povinností provozovatele přírodního koupaliště, popř. Krajské hygienické stanice, monitorovat jakost vody. Pojem „rekreace“ v souvislosti s rybníky dnes může zahrnovat mnoho různorodých aktivit a představuje zajímavou příležitost k podnikání, ať již provozem kempu a koupaliště v kombinaci s vhodným rybářským managementem. Není reálné a ani

vhodné úplně vyloučit rybářské hospodaření z rekreačně využívaných rybníků, jeho jistá forma pomáhá udržet základní funkce rybníčního ekosystému, jak dokládá i Pechar a kol. [6].

Opatření ke snížení eutrofizace vod v České republice, včetně vod ke koupání, jsou primárně přijímána v rámci programů provádějících směrnici 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod a směrnice 91/676/EHS o ochraně vod před znečištěním způsobené dusičnany ze zemědělských zdrojů. Vybrané lokality ke koupání, založené na neuspokojivých výsledcích kvality vody, byly zařazeny do provozního programu monitoringu. Opatření ke zlepšení kvality vody bývají rovněž prováděna v rámci plánů řízení příslušných povodí (Rámcová směrnice o vodách 2000/60/ES).

Literatura

- [1] Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. In: ASPI [právní informační systém].
- [2] Vyhláška č. 155/2011 Sb. o profilech povrchových vod využívaných ke koupání. In: ASPI [právní informační systém].
- [3] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/7/ES o řízení jakosti vod ke koupání a o zrušení směrnice 76/160/EHS. In: ASPI [právní informační systém].
- [4] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém].
- [5] ADÁMEK, Zdeněk, JURAJDA, Pavel. *Hodnocení rybářského využití koupacích vod v povodí řeky Moravy s ohledem na možné interakce s vývojem kvality vody*. Sborník konference Vodní nádrže 2015. 119-124
- [6] PECHAR, L., MUSIL, M., BAXA, M., PETRŮ, A., BENEDOVÁ, Z., KRÖPFLOVÁ, L., ŠULCOVÁ, J. *Tři roky bez kapra na rybníce Rod (Třeboňsko) – aneb, jak reálná je možnost zlepšit kvalitu vody a stav rybníčního biotopu absence obsádky kapra?* Sborník 4. Ročníku odborné konference Rybářského sdružení ČR 2017. 55-60

DISTRIBUCE A VYUŽITÍ ŽIVIN VE STABILIZAČNÍM RYBNÍKU ČOV LEDENICE

DISTRIBUTION AND USE OF NUTRIENTS IN STABILIZATION POND OF
WASTEWATER TREATMENT PLANT IN LEDENICE

Pavel VEJSADA, Pavel Hartman[✉], David Hlaváč, Jan Regenda

*Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské
výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Ústav akvakultury a ochrany
vod, Na sádkách 1780, 370 05 České Budějovice*

[✉]*phartman@frov.jcu.cz,*

Abstract

The aim of the experiment was to analyse nutrient retention and conversion in a stabilization pond of 11 800 m³ in the waste water treatment plant in Ledenice within 162 days of the growing season with an average of 27 days of waste water treatment delay. The ecosystem of a stabilization ponds was influenced by the strong development of phytoplankton, zooplankton followed by massive development and the fluctuations in oxygen saturation, ranging from units to over hundred per cent of saturation. The pond with an area of 10 300 m² kept 412 kg it is 31 % of incoming N_{tot} and 50 kg i.e. 19 % of the inflowing P_{tot}, of which 6.37 % N_{tot} and 16.8 % of P_{tot} of detainees nutrients have been transformed to the growth of fish. The highest proportion of stock was 3,180 pieces of fingerlings of carp, losses on stock densities in carp amounted to 27 %. By extensive fish farming based solely on natural food (no feeding), an increase of 906 kg.ha⁻¹ was achieved.

Keywords: waste water, stabilization pond, nutrient retention, organic substances, zooplankton production, fish growth

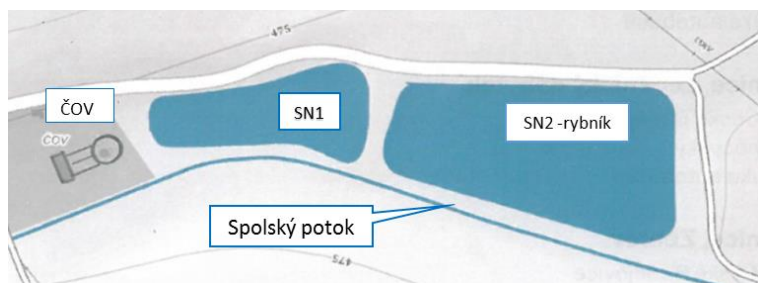
1 ÚVOD A LITERÁRNÍ PŘEHLED

Nakládání s odpadními vodami je důležitým článkem vodohospodářské činnosti obcí a měst jako subjektů produkujících znečištění v podobě odpadních vod. Příroda se dokáže spontánně vypořádat se znečištěním organickými látkami, které jsou schopny biochemického rozkladu [1], [3]. Využití živin u aerobních stabilizačních nádrží alternativním, výlučně extenzivním chovem ryb není vyloučeno [2], [4], [6]. Tyto nádrže lze označit jako „revitalizační“ [3]. V letech

1979 – 1981 na asimilačním rybníku Dvorec u Nepomuku bylo docilováno celkového přírůstku kapra (vč. příkrmování) až $1312 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, což byl v té době více než čtyřnásobek produkce ryb v přilehlém regionu [4]. Celkový P (P_{tot}) vázaný v biomase ryb v údolních nádržích představuje $0,316 - 0,474 \text{ g } P_{\text{tot}} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ [5]. Z tohoto množství P přibližně 50 % vypadáva do sedimentu přirozeným úmrtím ichtyofauny [5], což v rybníční akvakultuře je vyloučeno výlovem [6], [15]. Chov ryb v extrémně zatěžovaných rybnících organickými látkami na úrovni denní dávky $4 \text{ kg BSK}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$ bývá provázen rizikovým obdobím v době dynamického rozvoje fytoplanktonu a také v období masového rozvoje zooplanktonu s následnými deficity rozpuštěného O_2 [7].

2 METODIKA A MATERIÁL

V obci Ledenice žije trvale 1 782 obyvatel. Obec má vybudovanou jednotnou stokovou síť, na kterou je napojeno 1 675 obyvatel. Součástí kanalizační sítě o délce 11,76 km je deset odlehčovacích komor pro odlučení dešťových vod. Na kanalizační síti je vybudovaná jedna čerpací stanice. Podstatou čistícího procesu na ČOV Ledenice je biologické čištění mechanicky předčištěných odpadních vod aerobní směsnou kulturou mikroorganismů na skrápěném biofiltru s náplní plastových bloků. Z ČOV odtéká čištěná voda měrným objektem, kterým je Parshallův žlab. Dočištění vod probíhá ve dvojici za sebou řazených stabilizačních nádrží, SN1 (objem $4\,500 \text{ m}^3$ o ploše $4\,100 \text{ m}^2$ s aerací) a v SN2 (označena jako rybník o objemu $11\,800 \text{ m}^3$ o ploše $10\,300 \text{ m}^2$), ve kterém je doba zdržení čištěné vody 27 dnů. Ze SN2 voda odtéká do recipientu Spolského potoka (obr. 1).



Obr. 1 Situace, ČOV Ledenice se stabilizačními nádržemi, obíkanými Spolským potokem.

V období od 27. 5. 2014 do 4. 11. 2014 tj. za 162 dní proteklo rybníkem celkem $71\,477 \text{ m}^3$ čištěné vody. V 28denních intervalech, byly odebrány bodové vzorky na přítoku a z odtékající vody rybníka u výpustě, pravidelně v době od

8:00 do 9:00 hodin dopoledne. Tyto byly analyzovány v akreditované laboratoři ČEVAK na P_{tot} , N_{tot} , $\text{NH}_4\text{-N}$, BSK_5 , CHSK_{Cr} a NL_{105} standardními analytickými metodami (tab. 1). Pro terénní měření byl používán přístroj Hach-Lange ke stanovení teploty vody, obsahu rozpuštěného kyslíku vč. nasycení O_2 v % a pH, a to pod hladinou a u dna. $\text{KNK}_{4,5}$ vody byla stanovována titrací na metyloranž do bodu ekvivalence 4,5 pH pomocí 0,1 M HCl [8]. Průhlednost byla měřena Secchiho deskou (tabulka v příloze). Zooplankton byl odebírán tahem planktonní síťky o velikosti ok 100 μm .

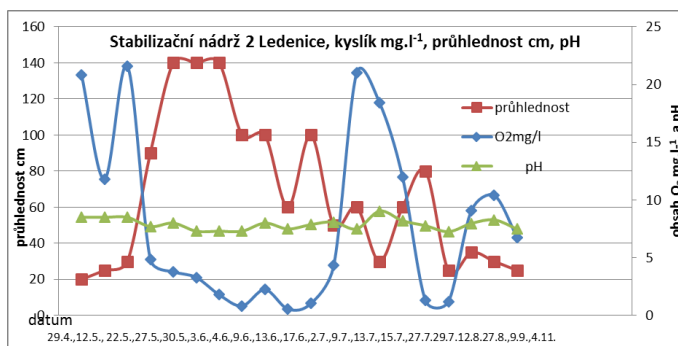
Z analýz vody přítok vs. odtok a z obsahu P a N v rybách bylo stanoveno množství P a N a sledovaných látek zadržovaných v rybníku a z toho část živin vytěžená v obsádce ryb.

Chov ryb sledoval potravní orientaci na pelagiální planktonní organizmy, výlučně bez příkrmování. Tento požadavek splňovala obsádka tvořená převážně plůdkem kapra (K_{1+}) a lehké násady kapra K_2 , násadou amura bílého (Ab_2) a buffala maloustého Bu_2 , (tabulka 3). P a N konvertovaný do přírůstku ryb byl stanovován v homogenizované syrové biomase celých ryb před jejich nasazením a po výlovu, akreditovanou laboratoří Ing. Josefa Němce, U Ovčína 53, 39701 Písek [9]. Přírůstek ryb pocházel pouze z přirozené potravy.

3 VÝSLEDKY

3.1 Kvalita vody a zadržení živin

Obsah kyslíku byl v různých lokalitách nádrže odlišný a jeho všeobecně nízký obsah přetrvával od konce května až do začátku července jako důsledek rozvoje hrubého zooplanktonu. S tímto stavem souvisela i vysoká průhlednost a vyrovnané hodnoty pH vody (obr. 2).



Obr. 2 Obsah kyslíku v mg.l^{-1} , průhlednost vody v cm a pH ve stabilizačním rybníku

Tab. 1: Obsah látek na přítoku a odtoku rybníka jako dočišťovacího stupně ČOV Ledenice

Datum rok 2014	P _{celk.} mg.l ⁻¹		N _{celk.} mg.l ⁻¹		BSK ₅ mg.l ⁻¹		CHSK _{Cr} mg.l ⁻¹		NL ₁₀₅ mg.l ⁻¹		NH ₄ -N mg.l ⁻¹		Průtok Q m ³ za období mezi odběry
	do SN2	ze SN2	do SN2	ze SN2	do SN2	ze SN2	do SN2	ze SN2	do SN2	ze SN2	do SN2	ze SN2	
27.5.	2,5	2,2	17	12	17	23	105	69	54	8	12	5,9	27.5.-17.6. 8 999
18.6.	5,4	4,7	26	20	14	36	111	118	55	10	20	13	18.6.-15.7. 9 766
16.7.	6,9	5,1	24	17	19	15	64	65	22	42	20	14	16.7.-12.8. 9 804
13.8.	4,4	2,6	18	11	9	12	41	66	12	69	14	4,9	13.8.-9.9. 12 478
10.9.	2,1	2,1	15	10	5	24	47	95	12	68	9,3	2,7	10.9.-4.11. 30 430
ΣQ=71 477m ³													

V nádrži bylo zadrženo téměř 50 kg P_{tot.} tj. 19 % z přítékajícího množství P_{tot.}. Přírůstkem ryb bylo vytěženo 8,36 kg P_{tot.}. Vyšší podíl zadrženi byl zjištěn u N_{tot.} a to 412 kg což je 31 % z přítékajícího N_{tot.}, přitom podíl zadrženi N v rybách je relativně nižší a představuje 26,24 kg N_{tot.}. Podíl zadržného N-NH₄⁺ v rybníku byl 52 % (tab. 2).

Tab. 2 Zadrženi látek v rybníku (nefiltrované vz.) a retence živin ve vylovené obsádce ryb

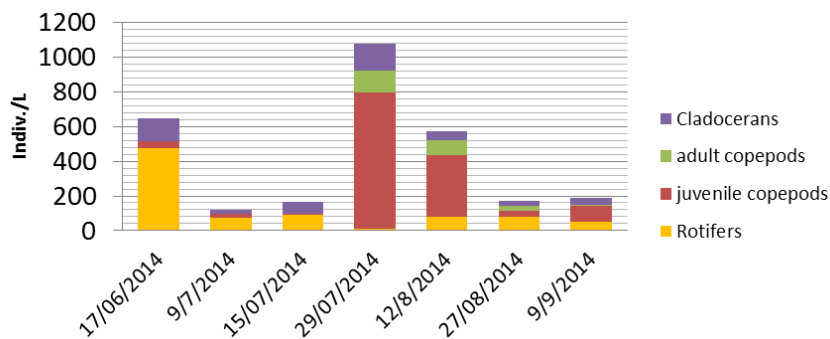
Ukazatel látky	přítok látek kg	odtok látek kg	rozdíl látek přítok-odtok kg	% zadrž. rozdíl/ přítok kg	retence přírůstkem ryb v g	% retence zadrž. živin v rybách
P _{celk.}	262	212	-50	-19	8 361	16,72
N _{celk.}	1 323	911	- 412	-31	26 244	6,32
NH ₄ ⁺ -N ₂	957	461	- 496	-52		
BSK ₅	740	1 585	+845	+114 ⁺		
CHSK _{Cr}	4 598	6 125	+1527	+33 ⁺		
NL ₁₀₅	1 754	3 512	+1758	+100 ⁺		

+ jedná se o vyšší obsah látek na odtoku vyjádřený v % nad úroveň přítoku.

Obsah organických látek BSK₅, CHSK_{Cr} a NL₁₀₅ byl v průběhu sledování na odtoku z rybníka vyšší až na výjimky, než ve vodě přitékající ze SN1 (tab. 2). Zvýšené hodnoty BSK₅ jakož i CHSK_{Cr} byly zaznamenány v období rozvinuté primární produkce, ty byly provázány nízkou průhledností vody v úvodu a od vrcholu vegetační sezóny (tab. 1). Naopak ve fázi rozvoje hrubého zooplanktonu byly hodnoty BSK a CHSK nízké (9 mg.l⁻¹ BSK₅ a 41 mg.l⁻¹ CHSK_{Cr}). NL₁₀₅ měly v průběhu vegetačního období vzestupnou tendenci od 8 mg.l⁻¹ do 69 mg.l⁻¹, pravděpodobně vlivem aktivity obsádky ryb při sběru přirozené potravy (tab. 1).

3.2 Zooplankton

Zastoupení planktonních organismů za celé období sledování vyjadřuje obr. 2, ze kterého vyplývá přítomnost organismů tolerujících zvýšený přítok živin. V důsledku predačního tlaku obsádkou ryb v rybníku byla hustota velkých planktonních organismů zastoupených perloočkami poměrně nízká.



Obr. 2 Abundance planktonních organismů v rybníku během sledování

3.3 Nasazení a výlov ryb

Nasazení rybami a jejich výlov vč. přírůstku v rybníku (SN2) vyjadřuje tab. 3. Z rybochovného hlediska byl zaznamenán přírůstek obsádky ryb odpovídající vysokému přísunu živin, který inicioval rozvoj přirozené potravy ryb. Ztráty během odchovu na plůdku a hmotnostně lehké násadě kapra činily 27 % a byly hodnoceny jako nevýznamně nadnormativní (normativ ztrát odchovem K₁ na K₂ je 25 %).

Tab. 3 Obsádka, výlov a přírůstek ryb

obsádka			výlov		přírůstek	
druh	ks	hmotnost kg	ks	hmotnost kg	celkem	kg.ha ⁻¹
Kapr plůdek a násada	3180	145	2321	1007	862	906
Ab ₂ .Bu ₂	100	5	90	75,72	70,72	

3.4 Výpočet výtěžku živin přírůstkem ryb

Obsah P a N u ryb na jaře po hladovění přezimováním je nižší na rozdíl od lovených ryb na podzim s vytvořenými tělními zásobami po vegetační sezóně [10], [11], [12].

Retence P_{tot} = výlov 1082,72 kg * 8,54 g P_{tot} .kg⁻¹ - obsádka 150 kg * 5,9 g P_{tot} .kg⁻¹ = 9246,43 g P_{tot} - 885 g P_{tot} = **8 361,43 g P_{tot} v přírůstku.**

Retence N_{tot} = výlov 1082,72 kg * 27,73 g N_{tot} .kg⁻¹ - obsádka 150 kg * 25,2 g N_{tot} .kg⁻¹ = 30024 g N_{tot} - 3780 g N_{tot} = **26 244 g N_{tot} v přírůstku.**

Z celkově dodaného P_{tot} přítokem do rybníka (SN2) bylo do ryb uloženo 3,2 % P_{tot} , ale ze zadrženého množství P_{tot} v nádrži tvoří retence v rybách téměř 17 % P_{tot} u N_{tot} . přítokem do SN2 představuje retence v rybách z přítoku 2 %, ale ze zadrženého množství je to 6,7 % N_{tot} .

3.5 Výlov nádrže a manipulace s vodou

Manipulace s vodou ve stabilizačních nádržích je nežádoucím procesem, hlediska možného rizika úniku živin kumulovaných v sedimentu nádrže [14], [15]. Výlov ryb proběhl jen po dílčím opatrném snížení hladiny na přiměřený objem vody, a to zátahem pomocí dlouhé tažné sítě („průbní plot“) o šířce 60 m. Výlov trval 2 hodiny, z toho práce v rybníční kotlině nepřesáhla 1 hodinu, aniž voda z nádrže odtékala. Na výlovu spolupracovalo 18 pracovníků (studentů).

4 DISKUSE

Konverze přirozené potravy extenzivním chovem ryb v „revitalizačních rybnících“ typu stabilizačních nádrží je chápána jako přirozený způsob využití živin [13], [4], [2]. Podmínkou je vstup živin do produkční pyramidy [1], [6]. Přirozenou potravní nabídku bez dalších aditiv [3] lze využít k přírůstku odpovídající obsádkou ryb [2]. Z výsledků analýz vody rybníka (SN2) a rozvoje zooplanktonu v rybníku vyplynulo, že je reálné v aerobních podmínkách, využít proces přirozené potravní produkce chovem ryb a tím snížit obsah živin ve vodě odtékající do povodí [2], [3], [13]. Přírůstek ryb na bázi přirozené potravy byl

v experimentu zajištěn odpovídající skladbou obsádky [7], která v průběhu vegetační sezóny odolávala výrazným změnám životních podmínek [6], [7]. Předpokladem je, že skladba, případně regulace, obsádky a její výlov proběhne při minimální manipulaci s vodou, aniž by zvířené rybníční sedimenty [2], [14], [15] unikaly níže do vodního toku.



Obr. 3 Stav vody v rybníku po zátahu a při dolovce ryb



Obr. 4 Soustředění ryb v kádích

5 ZÁVĚR

1/ Vodní prostředí rybníka (stabilizační nádrže 2 ČOV Ledenice) v průběhu vegetační sezóny procházelo fází intenzivní primární produkce s vysokými hodnotami pH, přesycením vody kyslíkem, následně fází rozvoje hrubého zooplanktonu a poklesu obsahu O₂.

2/ N_{tot} dodaný do rybníka přítokem byl v nádrži zadržen v množství 412 kg, tj. 31 %, a P_{tot} byl zadržen v množství 50 kg tj. 19 % z dodaného množství přítokem.

3/ Predační činností ryb docházelo mimo jiné k podpoře primární produkce, která se projevovala vzestupu hodnot BSK_5 , $CHSK_{Cr}$, vyššími hodnotami na odtoku vůči přítoku. NL_{105} měly vzestupnou tendenci v druhé polovině vegetačního období.

4/ Přírůstkem ryb na úrovni $906 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ docíleným výlučně na bázi přirozené potravy bylo vytěženo za 162 dní 8361 g P_{tot} , tj. 16,72 % v nádrži zadrženého P_{tot} a 26 244 g N_{tot} tj. 6,32 % zadrženého N_{tot} . To se mimo jiné projevovalo snížením hodnot živin na odtoku.

5/ Důležitým faktorem pro zajištění aerobního prostředí ve stabilizační nádrži je skladba obsádky a její hustota, která po dobu růstové sezóny zaručuje potravní rovnováhu mezi primární (producenty O_2) a sekundární produkcí tvořenou převážně zooplanktonem.

Literatura

- [1] SLÁDEČEK, V., SLÁDEČKOVÁ, A. Biologická indikace samočistění ve stabilizačních nádržích. Sborník referátů vedeckej konferencie. Význam malých polnohospodářských nádržích pro rybárstvo a ochranu vodného prostredia krajiny. Nitra, 1989, s. 159 – 164.
- [2] GERGEL, J. Hydrobiologie malých vodních nádržích, sedimenty v nádržích, vegetační doprovody, březen 2004, Malé vodní nádrže a mokřady z pohledu ochrany přírody a krajiny, ČZU a ČVUT v Praze s. 25 – 32.
- [3] JUST, T. Koncepce řešení malých vodních nádržích a mokřadů, seminář, březen 2004, Malé vodní nádrže a mokřady z pohledu ochrany přírody a krajiny, ČZU a ČVUT v Praze s. 15 - 25
- [4] SVOBODA, M. Od asimilačních rybníků ke stabilizační soustavě, Sborník VI. limnologické konference Čs. limnologické společnosti při ČSAV v Praze, „Vodní ekosystémy“, Blansko rok 1982, s. 190 – 196.
- [5] ROTHSCHHEIN, J., ZELINKA, M., HELAN, J., Význam ryb v kolobehu fosforu v nádržích. Sborník VI. limnologické konference Čs. limnologické společnosti při ČSAV v Praze, „Vodní ekosystémy“, Blansko rok 1982, s. 234 – 238.
- [6] SVOBODA, M., KOUBEK, P., 1990. Stabilization system for waste water treatment and use. Acta Hydrochimica et Hydrobiologica, 18(1): 71–80.
- [7] FAINA, R., KUBŮ, F., Chov ryb ve stabilizačních a akumulacích rybníků. Edice Metodik, VÚRH, Vodňany 1989, č. 31, 12 s.

- [8] SCHEJBAL, P. Kyselinová neutralizační kapacita vody. In: Horáková M. et al. (ed.) Analytika vody. Textbook VŠCHT Praha 2003, pp. 82-87
- [9] NĚMEC, J. Protokoly výsledků akreditované Chemické a mikrobiologické laboratoře Ing. Josefa Němce, 2014, U Ovčina 53, Nový Dvůr, 39701 Písek.
- [10] SPANGENBERG, R., SCHRECKENBACH, K. Energiemangelsyndrom beim Karpfen und Möglichkeiten zu seiner Überwindung. Zeitschrift für Binnenfischerei der DDR 31 (9) 1984 : 271–278 p.
- [11] STERNER, R.W., GEORGE, N.B. Carbon, nitrogen and phosphorus stoichiometry of Cyprinid Fishes. Ecology, 81, 2000: 127 – 140 p.
- [12] STEFFENS, W. Grundlagen der Fischernahrung. (1. Auflage). Jena VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 1985, Germany, 226 pp.
- [13] ŠÁLEK, J., ŠTENEC, M. Využití malých vodních nádrží a řízených mokřadů ke zvýšení jakosti vody v krajině. Sborník konference krajinné inženýrství 2005, Voda v krajině 21. stol., Pardubice, s. 148 – 157.
- [14] POTUŽÁK, J., DURAS, J., Výlov rybníků – kritické období z pohledu emisí fosforu?. In: J. Říhová Amrožová, J. Veselá (Editors), Vodárenská biologie. Praha, 1.–2. 2., 2012, pp 52–59.
- [15] KNÖSCHE, R., SCHRECKENBACH, K., PFEIFER, M., WEISSENBACH, H. Phosphor und Stickstoffbilanzen von Karpfenteichen. Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz 7/1998, 181–189 p.

Poděkování

Výsledky byly získány za finanční podpory MŠMT projektu „CENAKVA“ (No. CZ.1.05/2.1.00/01.0024), „CENAKVA II“ (No. LO1205 under the NPU I program).

Příloha: Přehled teploty vody, obsahu kyslíku, průhlednosti a pH vody v SN2 – rybníku pod ČOV Ledenice v roce 2014

Datum 2014	Teplota vody (°C)		Obsah kyslíku (mg.l ⁻¹)		Obsah kyslíku (%)		Průhlednost vody (cm)	KNK _{4,5} (mmol.l ⁻¹)	pH
	hladina	dno	hladina	dno	hladina	dno			
29.4.	15	13	20,8	12,80	221	136	20	3,5	8,5
12.5.	15	13	11,8	7,70	120	77	27	3,8	8,5
22.5.	21	19	21,6	6,00	244,3	65,1	30	3,2	8,5
27.5.	21,5	21	4,86	3,24	55,4	36,7	90	3,2	7,7
30.5.	17	17	3,8	3,2	39,5	33,3	110	3,2	8,0
9.6.	24,3	24,1	0,83	0,43	8,3	5,9	100	3,8	8,0
13.6.	23	20	2,24	1,60	26,4	17	100	3,8	8,0
17.6.	20	19,7	0,56	0,31	4,5	3,4	60	4,4	7,49
26.6.	18	18	1,03	1,50	13	16	100	5,0	8,0
2.7.	21	19,8	1,03	0,46	12,1	5,4	100	5,2	7,87
9.7.	24,5	24,1	4,3	2,22	50	28,1	50	3,9	8,1
13.7.	23	21	21,00	2,40	247	27,5	60	4,8	7,5
27.7.	25	23	12,00	3,00	155	40	60	3,7	8,0
13.8.	24	22	15,00	4,30	195	51	60	3,6	8,0
15.7.	22,4	20,2	18,4	0,11	222,2	1,2	30		9,04
27.7.	25	23	12	3	155	40	60	4,7	8,2
29.7.	23,3	20,7	1,3	0,26	16,1	3,1	80	4,3	7,78
12.8.	20,5	20,4	1,18	0,84	13,1	9,2	25	3,5	7,26
27.8.	17,4	17,4	9,07	8,40	100,4	93,9	35	3,4	7,96
3.9.	22	18	31,00	8,00	369	88	50	3,4	8,0
9.9.	18,9	18,7	10,40	8,79	114,5	99,2	30	3,25	8,28
20.9.	18	15	19,70	7,00	209	70	40	3,4	8,0
20.9.	18	15	19,7	7,00	209	70	40	3,4	8,0
8.10.	13	10	10,80	7,80	98	70	40	3,4	7,5
27.10.	7	4	12,60	9,80	106	75	40	3,5	8,0

VYHODNOCENÍ EXTENZIVNÍHO CHOVU RYB NA PRAŽSKÝCH RYBNÍCÍCH

EVALUATION OF EXTENSIVE FISHING IN PRAGUE'S WATER RESERVOIRS

Ing. Jiří KARNECKI✉

Odbor ochrany prostředí MHMP, Jungmannova 35, Praha 1
✉jiri.karnecki@praha.eu

Abstract

At present, the fish stock and the type of fish farming on the reservoirs are a major factor influencing water quality. Therefore, a fish farm system is set up in Prague's reservoirs, allowing for other tank functions such as recreation and nature conservation.

Keywords: kvalita vody, průhlednost, rybí obsádka

1 ÚVOD

Hlavní město Praha vlastní téměř většinu vodních ploch na svém území. Celkem se jedná o 69 rybníků o ploše 113,9 ha, 3 přehradní nádrže o ploše 59,6 ha, 30 retenčních nádrží o ploše 29,7 ha. Kromě klasických oprav, revitalizací a odbahnění, které jsou na pražských nádržích prováděny v rámci projektu „Obnova a revitalizace pražských nádrží“ je od roku 2008 kladen zvláštní důraz na kvalitu vody a s tím související rybí obsádku. Většina nádrží se nachází přímo v zástavbě, nebo v její těsné blízkosti, a jsou tak součástí veřejného prostoru města.

Pražské nádrže dnes již nejsou chápány jako jednoúčelové vodní plochy na "výrobu" ryb či technické dílo na ochranu před povodněmi. Dnešním cílem je vytvořit vodní plochy, které budou nedílnou součástí životního prostředí města. Vedle chovu ryb a ochrany před povodněmi musí pražské nádrže sloužit i k rekreaci a odpočinku obyvatel Prahy. Důležitá je i funkce ekologická, a to zejména vytvoření podmínek pro život a rozmnožování ohrožených druhů živočichů a rostlin vázaných na vodní prostředí.

2 CHOV RYB V PRAZE

Důležitým faktorem ovlivňujícím kvalitu vody je právě velikost a složení rybí obsádky. Základním vodítkem pro návrh rybího hospodaření na pražských

nádržích byly „Pokyny pro stanovování způsobu rybářského obhospodařování nádrží budovaných a obnovovaných z Programu revitalizace říčních systémů a Státního fondu životního prostředí“. Vychází se tak z iniciálních obsádek na jednohorkové rybníky pro K1 (jednoletý kapr o kusové váze 3–10 dkg) 70 kg a zároveň max. 2000ks/ha a K2 (dvouletý kapr o kusové váze 25–50 dkg) 100 kg a zároveň max. 400 ks/ha. Tyto počty byly ale pro každou nádrž individuálně upraveny.

Vodní plochy v Praze byly rozděleny podle způsobu rybního hospodaření do třech skupin:

- rybářské revíry
- rybochovné nádrže
- nádrže udržované bez rybí obsádky

2.1 Rybářské revíry

Rybářské revíry v majetku města Prahy obhospodařuje Český rybářský svaz - Územní svaz hl. m. Prahy. Revíry se nasazují zpravidla 3x ročně a rybí obsádky jsou zde upraveny tak, aby se zvýšila průhlednost vody a byl zde větší podíl dravců. Často je také zakázáno používání krmítek a zavážení návnad. Cca jednou za tři roky probíhají kontrolní výlovy.

Pražské rybářské revíry v majetku hl. m. Prahy jsou: vodní dílo Džbán a Jiviny, Libocký rybník, Kyjský rybník, rybník Aloisov, rybník Martiňák, Hostivařská přehrada, rybník Labuť, rybník Placiny, retenční nádrž Slatina, rybník V Rohožniku, Cukrovarský rybník, retenční nádrž Nepomucký a Malá Říčka.

2.2 Rybochovné nádrže

Rybochovné nádrže v majetku hl. m. Prahy obhospodařuje Český rybářský svaz - Územní svaz hl. m. Prahy a jeho místní organizace. V těchto rybnících je zaveden pouze extenzivní chov ryb a je zde zakázáno pravidelné krmení a hnojení. Zarybňovací plány jsou nastaveny tak, aby ryby využívaly přirozenou produkci rybníka a zároveň nesnižovaly kvalitu a průhlednost vody. Rybochovné rybníky jsou loveny většinou každý podzim. Vylovené ryby jsou pak používány k zarybňování rybářských revírů. Krmení je povoleno pouze za účelem kontrolních odlovů pro zjištění růstu rybní obsádky.

Jarní výlovy jsou prováděny pouze na tzv. komorových rybnících, které slouží k přezimování mladších ryb. Průměrná produkce pražských nádrží se pohybuje kolem 600 kg/ha, což je horní hranice přirozené produkce nádrží v našich podmínkách.

2.3 Nádrže udržované bez rybí obsádky

Tyto rybníky a nádrže jsou záměrně udržovány bez rybí obsádky z důvodů ekologických (kvůli výskytu vzácných druhů rostlin a živočichů) nebo stále častěji vodohospodářských (malé množství vody a dlouhé napouštění po výlovu). Tyto rybníky se pravidelně neloví, ale dle potřeby se provádí cca 1 x za 3 roky kontrolní odlov.

3 KVALITA VODY V PRAŽSKÝCH NÁDRŽÍCH

Vzhledem k celkem velké úživnosti pražských vod (množství dusíku a fosforu) je nastolení rovnováhy mezi čistotou vody a rybí obsádkou velice problematické. Při nízké rybí obsádce a vyšší průhlednosti dochází k rozvoji vodních rostlin (vláknitých řas, rdestu kadeřavého, růžkatce aj.), což je často negativně vnímáno veřejností. Při vyšších obsádkách sice k nežádoucímu rozvoji vodních rostlin nedochází, voda je ale zakalenější a na nádrži výrazně klesá druhová diverzita.

Problém je i dotace sinic z rybníků nad Prahou, které jsou obhospodařovány intenzivně a kvalita vody se zde neřeší.

Pro sledování a následné vyhodnocování kvality vody probíhá od roku 2008 pravidelné měření průhlednosti vody, které se provádí jednou měsíčně secchiho deskou. Do roku 2010 byla sledována pouze hodnota průhlednosti, ale od roku 2010 byl přidán i slovní komentář o zbarvení, díky kterému je snazší zjistit zpětně příčiny snížené průhlednosti. Měření je totiž prováděno v rámci měsíčních prohlídek TBD, a je možné, že naměřená snížená průhlednost může být způsobena i zákalem z předešlých dešťů.

Průhlednost rybníků a nádrží je orientačním ukazatelem kvality povrchové vody a přiměřenosti rybí osádky. Průhlednost vody by měla být vždy do 30. června vyšší než 50 cm.

4 VYHODNOCENÍ PRŮHLEDNOSTI VODY

V letošním roce provedla firma Aquatest a.s., na základě naměřených hodnot průhledností, vyhodnocení za roky 2008–2015.

Kvalita povrchové vody v rybnících a nádržích byla hodnocena následujícím způsobem:

- | | |
|----------------------|---------------------|
| • nad 50 cm | vysoká průhlednost |
| • v rozmezí 25–45 cm | snížená průhlednost |
| • méně než 25 cm | nízká průhlednost |

Pro jednotlivé vodní plochy byla stanovena průměrná roční průhlednost. Pro jednotlivé měsíce byla stanovena průměrná průhlednost zjištěná od počátku měření (nejdéle od r. 2008) do r. 2015, tedy maximálně za 8 let. Z průměrných měsíčních průhledností byla pro každou vodní plochu následně stanovena minimální, maximální a průměrná průhlednost.

Za účelem vyhodnocení byly vodní nádrže a rybníky rozděleny do 4 skupin podle způsobu a intenzity chovu ryb a podle jejich plochy:

- s extenzivním chovem ryb a plochou menší než 1 ha
- s extenzivním chovem ryb a plochou větší než 1 ha
- sportovní rybářské revíry
- revíry bez rybí osádky

Souhrnně lze konstatovat, že v letech 2008–2015 ve všech nádržích a rybnících na území hl. města Prahy byla nejhorší průhlednost v letních měsících v červenci a srpnu. Ve sportovních revírech a ve vodách s extenzivním chovem ryb a plochou větší než 1 ha přetrvávala nízká průhlednost i v měsíci září, jak je patrné z tabulky 1.

Tab. 1 Průměrné průhlednosti za období 2008 - 2015

průměr 2008-2015	leden	únor	březen	duben	květen	červen
extenzivní pod 1 ha	82	105	80	80	73	79
extenzivní nad 1 ha	69	77	65	66	75	64
bez rybí osádky	69	77	67	60	64	67
sportovní revíry	60	64	55	62	62	59
průměr 2008-2015	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
extenzivní pod 1 ha	65	59	75	88	88	96
extenzivní nad 1 ha	56	48	55	61	67	69
bez rybí osádky	61	67	71	69	72	80
sportovní revíry	52	47	49	52	58	59

V nádržích s chovem ryb bez ohledu na druh chovu a plochu byla průměrná průhlednost (2008–2015) v jednotlivých měsících nejnižší vždy v srpnu a pohybovala se od 47 cm do 59 cm. Výjimkou byly nádrže bez chovu ryb, kde průměrná průhlednost (2008–2015) byla nejnižší v dubnu (60 cm).

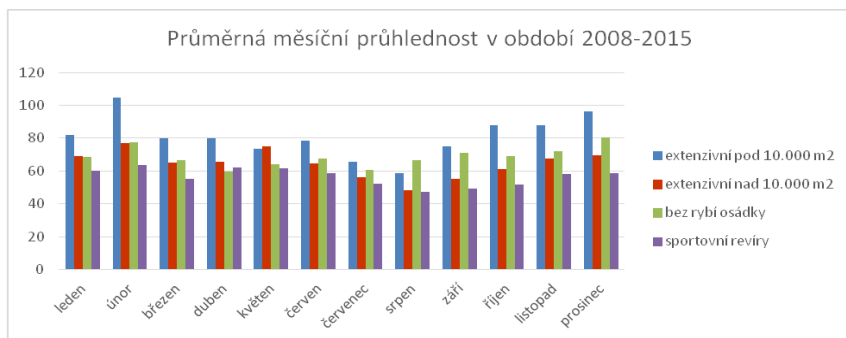
Celoročně nejlepší průhlednosti byly v období 2008–2015 sledovány v nádržích s extenzivním chovem ryb a plochou menší než 1 ha. Naopak nejhorší celoroční průhlednosti byly sledovány ve sportovních rybářských revírech (Graf 1).

5 ZÁVĚR

Vyhodnocení výsledků sledování průhlednosti vody v pražských nádržích ukázalo celkem zajímavé výsledky. Obecně by se dalo předpokládat, že největší průhlednosti budou dosahovat nádrže bez rybí obsádky. Ukázalo se ale, že celoročně nejvyšší průhlednost vody je v nádržích s extenzivním chovem ryb a menším než 1 ha. Tyto nádrže jsou pravidelně vypouštěny a rybí obsádka je zde de facto každoročně kontrolována. Tím nedochází k expanzi nežádoucích druhů ryb a průhlednost vody může být tedy větší (viz Graf 1).

Skutečnost, že nádrže bez rybí obsádky nemají nejlepší kvalitu vody, je způsobena bohužel živelným zarybňováním těchto nádrží, zejména karasem stříbrným. Tato ryba dokáže totiž během velice krátké doby zkonzumovat veškerý zooplankton, který je právě tím nejlepším filtrátorem vody. Tyto ryby vlastně dokonale využívají uvolněný ekosystém a velice rychle ho zcela obsadí.

Sportovní rybářské revíry se pravidelně neloví, a jelikož jsou z nádrže rybáři odnášeny pouze rybářsky ceněné druhy starších ročníků, zejména u menších vodních ploch, kde není dostatek dravců, může opět dojít k nežádoucímu rozmnožení plevelných a invazních ryb.



Graf 1 Průměrné průhlednosti za období 2008 - 2015

Literatura

- [1] AQUATES a.s., *Vypracování přehledu kvality vody a havárií na drobných vodních tocích a rybnících na území hl. města Prahy za období 2014-2015*. 2016
- [2] AOPK ČR, *Pokyny pro stanovování způsobu rybářského obhospodařování nádrží budovaných a obnovovaných z Programu revitalizace říčních systémů a Státního fondu životního prostředí*. 2005
- [3] www.praha-priroda.cz

**FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ PARAMETRY VYBRANÝCH
RYBNÍKŮ JIŽNÍ MORAVY A VYSOČINY**
PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS OF SELECTED PONDS IN
SOUTHERN MORAVIA AND VYSOČINA REGION

**Radovan KOPP^{1,✉}, Tomáš Brabec¹, Lucie Plišťáková¹, Jan
Mareš¹**

¹*Mendelova univerzita v Brně, Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství,
Zemědělská 1, 613 00 Brno
✉jcela@seznam.cz*

Abstract

During the vegetative period (April–October) of the years 2005–2014 hydrochemical monitoring of selected ponds located in Southern Moravia and Vysocina region with different intensity of fishery management and water pollution was carried out. Content of dissolved oxygen, pH, conductivity and water transparency were monitored directly at sampling place and content of total nitrogen, total phosphorus, total organic carbon, N–NH₄⁺, N–NO₂⁻, N–NO₃⁻, P–PO₄³⁻, acid neutralization capacity, chemical oxygen demand, biological oxygen demand and concentration of chlorophyll-a were measured in hydrochemical laboratory. Higher pollution of water and higher fish stock caused decreasing of water transparency values, higher values of organic matter and nitrogen compounds, and a high fluctuation of values pH and dissolved oxygen.

Keywords: fish pond, eutrophication, chemism of water

1 ÚVOD

Rybářsky obhospodařované rybníky patří k nejběžnějším typům stojatých vod v ČR a mají důležitou hydrologickou funkci v ekosystému celé krajiny. V minulosti především extenzivní způsob hospodaření na rybnících byl od padesátých let minulého století postupně intenzifikován, kdy vysoké dávky krmiv a hnojiv spolu se zhuštěnými obsádkami ryb vedly ke zdatným změnám ve struktuře a dynamice vodních ekosystémů.

Naprostá většina našich rybníků se nachází v určitém stupni eutrofie. Mezotrofní a oligotrofní rybníky s nízkou biomasou primární produkce jsou na

našem území vzácností. Typickým stavem je v průběhu dne vysoké přesycení rozpuštěným kyslíkem, vysoká hodnota pH a nízký obsah CO₂ u hladiny, který je spojený, v důsledku intenzivních rozkladných procesů, s nedostatkem kyslíku a vyšším obsahem iontů fosforu, železa a amoniakálního dusíku u dna rybníka, což vede k celkové destabilizace rybníčních ekosystémů [1], [2], [3].

Kapr obecný (*Cyprinus carpio* L.) je nejběžnější chovanou rybou v rybnících ČR. Vysoké obsádky kaprovitých ryb mají přímý vliv na výši primární produkce, složení planktonního společenstva a tím i na koncentraci fyzikálně-chemických parametrů vody. Kapr v intenzivních chovech svým tlakem na potravu dna snižuje průhlednost vody a způsobuje vzrůst koncentrace základních biogenů uvolněných ze sedimentu do pelagiálu vod. Tento vliv kaprovitých ryb je nejpatrnější v mělkých nádržích [4], [5].

Stanovit míru vlivu jednotlivých činností na kvalitu vody rybníků je vzhledem k nedostatku informací o vnosu znečišťujících látek velmi problematické. Hlavní příčinou vysokých koncentrací nutrientů v sedimentech rybníků je eroze zemědělsky obhospodařované půdy a přítok na nutrienty bohatých vod z ČOV. Problematické jsou především zvýšené průtoky (povodně), kdy není část odpadních vod vůbec čištěna a rovněž častá praxe ČOV – vypouštění část aktivovaného kalu do toků.

Vliv vlastního rybářského hospodaření na zvyšování obsahu nutrientů v sedimentech rybníků je většinou, vzhledem k hlavním uvedeným vstupům znečištění, výrazně nižší. V některých případech ale může být i obsah nutrientů v důsledku rybářského hospodaření vyšší v důsledku nadměrného krmení a hnojení [3], [6].

2 MATERIÁL A METODIKA

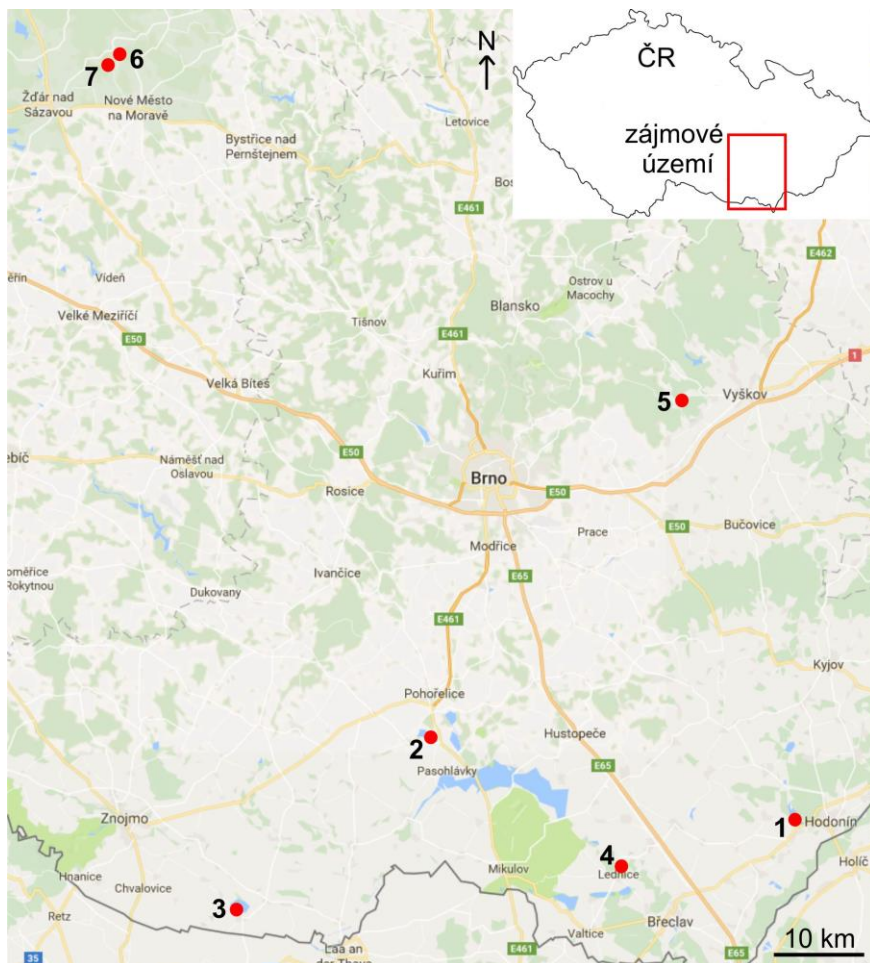
2.1 Popis sledovaných lokalit

Všechny sledované rybníky (Dvorský, Novoveský, Jaroslavický, Zámecký, Pístovický, Medlov a Sykovec) patří k typickým mělkým nádržím s bahnitým sedimentem, trofický stupeň od eutrofie až po hypertrofii (mapa č. 1).

Dvorský rybník je situován západně od Hodonína v nadmořské výšce 170 m a vodní plocha dosahuje rozlohy 29,9 ha. Rybník je využíván k intenzivnímu chovu ryb s kaprem jako hlavním chovaným druhem a je loven každoročně.

Novoveský rybník je situován jižně od Pohořelic v nadmořské výšce 175 m a vodní plocha dosahuje rozlohy 138,7 ha. Rybník je napájen Olbramovickým potokem a říčkou Miroslavkou. Rybník je využíván k intenzivnímu chovu ryb s kaprem jako hlavním chovaným druhem. Rybník je loven zpravidla 1x za dva roky (dvouhorkový systém chovu).

Rybník Jaroslavický dolní leží na jižní Moravě, jihovýchodně od Znojma v nadmořské výšce 188,6 m. Napájen je Mlýnským náhonem z řeky Dyje. Na rybníce o výměře 188,7 ha je prováděn polointenzivní chov ryb v jednohorkovém systému. Je pravidelně jedenkrát za dva roky zimován.



Obr. 1 Mapa zájmového území s vyznačením sledovaných rybníků. 1 – Dvorský rybník, 2 – Novoveský rybník, 3 – Jaroslavický rybník, 4 – Zámecký rybník, 5 – Pístovický rybník, 6 – rybník Medlov, 7 – rybník Sykovec

Zámecký rybník o velikosti 30 ha se nachází na Jižní Moravě u hranic s Rakouskem v katastrálním území města Lednice na Moravě v nadmořské výšce 165 m. Zámecký rybník je od roku 2004 bez nasazované obsádky ryb.

Pístovecký rybník leží v nadmořské výšce 295 m u obce Pístovice západně od města Vyškov. Vodní plocha dosahuje rozlohy 11,0 ha a slouží převážně k odchovu násady kapra a dravých ryb.

Rybník Medlov leží v nadmořské výšce 700 m pod rybníkem Sykovec. Na rybníku o výměře 28,5 ha je prováděn polointenzivní chov ryb v jednohorkovém systému.

Rybník Sykovec leží na Českomoravské vrchovině, severovýchodně od Žďáru nad Sázavou v nadmořské výšce 740 m. Je napájen vodou z potoka Medlovka, který pramení 250 metrů před ústím do rybníka v převážně v jehličnatém porostu. Na rybníku o výměře 17,2 ha je prováděn polointenzivní chov ryb v jednohorkovém systému.

2.2 Stanovení sledovaných parametrů

Vzorky vody pro chemické analýzy byly odebírány u výpustního zařízení jednotlivých rybníků do 1 litrových plastických vzorkovnic 20 cm pod hladinou. Odběry vzorků vody a měření fyzikálně chemických parametrů přímo na místě odběru probíhalo vždy v rozmezí mezi 7 až 12 hod. Vzorky byly odebírány v průběhu vegetačního období přibližně v měsíčním intervalu od dubna do října (u dvouhorkového hospodářského cyklu) nebo do výlovu rybníka.

Základní fyzikálně-chemické parametry (nasycení vody kyslíkem, pH a teplota vody) byly stanovovány pomocí přístrojů německé firmy WTW Oxi 340i a pH 340i, od roku 2008 pomocí přístroje HACH HQ 40D (Hach-Lange, Colorado, USA). Ke stanovení měrné vodivosti byl použit Conductivity meter Conmet 1 americké firmy Hanna Instruments automatickou teplotní korekci na 25 °C. Průhlednost vody byla stanovována Secchiho deskou. Chlorofyl a byl stanovován dle platné české normy extrakcí do ethanolu [7]. Další uvedené chemické parametry byly stanovovány standardními postupy [8].

3 VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky dlouhodobého monitoringu sledovaných rybníků jsou uvedeny v tabulkách 1 až 3 a na obrázku 2. Uvedené výsledky je třeba posuzovat s ohledem na rychlou dynamiku chemizmu mělkých rybníků, kterou měsíční interval monitoringu není schopen celkově zachytit. I přes tento handicap je víceleté sledování vývoje základních fyzikálně-chemických parametrů poměrně dobrým ukazatelem kvality vody a jejich změn.

Tab 1 Základní fyzikální parametry sledovaných rybníků a hodnota chlorofylu a v průběhu vegetačních sezón let 2005-2014. (uvedena je průměrná, minimální a maximální hodnota za sledované období)

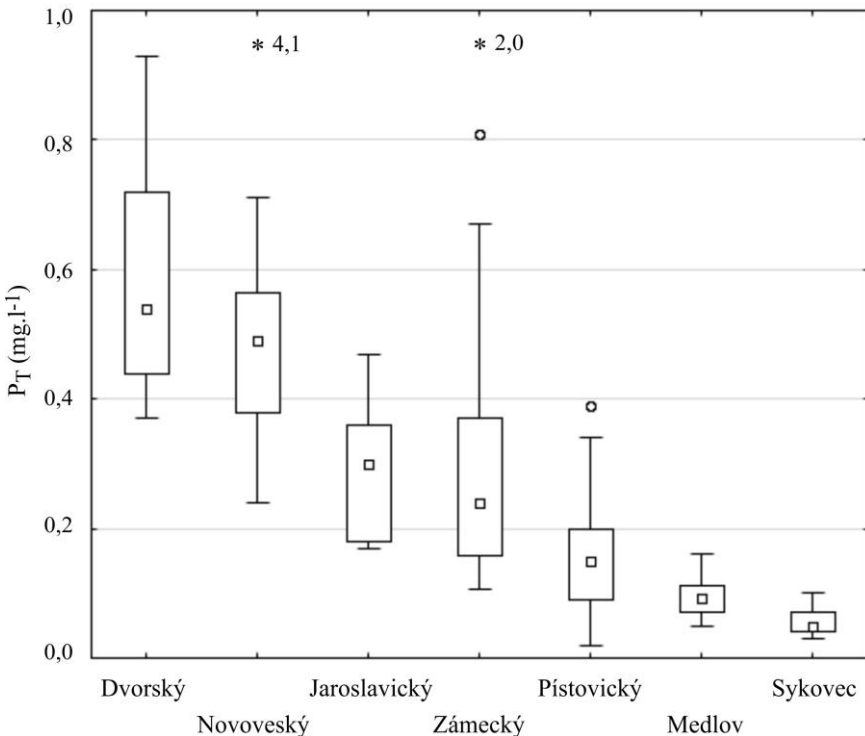
Lokalita	Průhlednost	pH	O ₂	Vodivost	Chlorofyl a
	cm		%	mS.m ⁻¹	µg.l ⁻¹
Dvorský (2005-2013)	22 10 – 40	8,63 7,7 – 9,5	83 38 – 138	71,1 43,2 – 89,1	353,6 107 – 876
Novoveský (2005-2012)	32 0 – 90	8,75 7,5 – 10,0	99 6 – 181	92,2 43,8 – 123	382,1 56 – 616
Jaroslavický (2007-2010)	27 15 – 50	8,44 7,1 – 9,6	100 32 – 140	34,9 18,4 – 40,1	181,8 53 – 361
Zámecký (2005-2014)	55 20 – 195	8,95 7,5 – 10,1	115 46 – 213	51,7 35,8 – 70,1	149,7 15 – 562
Pístovický (2009-2013)	56 20 – 170	8,19 6,4 – 9,4	63 4 – 157	34,1 26,3 – 44,2	67,7 1 – 288
Medlov (2008-2010)	90 50 – 150	7,19 5,8 – 9,4	101 70 – 145	9,9 8,8 – 11,8	68,9 15 – 200
Sykovec (2008-2010)	129 65 – 210	6,93 5,9 – 8,1	96 61 – 117	7,8 7,1 – 9,4	25,1 2 – 64

Jedním z poměrně snadno stanovitelných parametrů, který ukazuje na vyšší oživení vody je její průhlednost (tab. 1). Vzhledem k požadavkům na vyšší kvalitu vody je žádaná hodnota nad 50 cm, která je často uváděna v plánech péče o rybníky s různým stupněm ochrany přírody. Z námi sledovaných rybníků tuto hodnotu ve všech měřeních splňují pouze rybníky z Vysočiny, z chladnější oblasti a nízkou hodnotou pH, které omezují rozvoj fytoplanktonu. Svoji roli hraje i nižší produkce ryb, která se ve sledovaných letech pohybovala v rozmezí 200 až 400 kg.ha⁻¹ u rybníka Sykovec a 400 až 600 kg.ha⁻¹ u rybníka Medlov.

Přibližně stejná produkce ryb jako u rybníka Sykovec byla i u rybníka Pístovický, který má ale díky nižší nadmořské výšce a alkaličtější hodnotě pH mnohem lepší podmínky pro rozvoj fytoplanktonu. To se projevilo i na nižších hodnotách průhlednosti vody. Zámecký rybník má stejnou průměrnou hodnotu průhlednosti vody jako rybník Pístovický. Tento rybník prošel od roku 2004, kdy se přestala nasazovat obsádka ryb, velmi rychlým vývojem s jednoletou vysokou průhledností skoro po celý rok až na dno rybníka a pak snižováním průhlednosti v letech následujících. Snižování průhlednosti způsobilo rychlý nárůst obsádky plevných ryb (především karase stříbřitého), kdy od roku 2008 již byla průhlednost srovnatelná s roky, kdy byl rybník standardně obhospodařován [9].

Rybníky Jaroslavický, Novoveský a Dvorský mají po celé vegetační období nízkou průhlednost vody, způsobenou především vysokou obsádkou ryb (produkce často nad 1000 kg.ha⁻¹).

U všech rybníků, bez ohledu na intenzitu rybářského hospodaření, dochází v průběhu vegetačního období k velké fluktuaci hodnot pH a nasycení vody kyslíkem. Ranní minima v nasycení vody kyslíkem a nízká hodnota pH je v odpoledních hodinách vystřídána výrazným přesycením vody kyslíkem a vysokou hodnotou pH. Tyto fluktuace jsou přirozenou reakcí na vysokou a nerovnovážnou živinovou zátěž a chování celého ekosystému se stává obtížně předpověditelné. Příčinou destabilizace ekosystému je především vysoká biologická aktivita biomasy fytoplanktonu [10].



Obr. 2 Graf rozsahu hodnot celkového fosforu (mg.l⁻¹) rybníků za sledované období. Obdélník zobrazuje rozsah hodnot 25-75%, □ - zobrazuje medián, ○ - odlehlé hodnoty, * - extrémní hodnoty

V posledních letech bývá nejčastěji diskutovaným parametrem obsah fosforu, který je klíčovým prvkem eutrofizace vod. Námi zjištěné hodnoty

celkového fosforu (obr. 2) korespondují s intenzitou hospodaření na jednotlivých rybnících, svůj vliv má ale i komunální znečištění z ČOV u rybníka Novoveský, stará zátěž z odchovu vodní drůbeže na rybníce Jaroslavický i velký přísun organické hmoty u Zámeckého rybníka. Podobné hodnoty celkového fosforu u rybníků v ČR uvádí i další autoři [1], [11].

Z hlediska kvality (jakosti) vody je stěžejním předpisem nařízení vlády (NV) č. 401/2015 Sb., kde je mimo jiné uvedeno přípustné znečištění povrchových vod. U fosforu se připouští roční průměr $0,15 \text{ mg.l}^{-1}$ u tekoucích vod, který by v našem případě splnily jen oba rybníky z Vysočiny. Problémem současné legislativy je, že nikdo sledování kvality odtokové vody z rybníků pro potřeby legislativy nemonitoruje [12].

Tab. 2 Obsah organických látek sledovaných rybníků v průběhu vegetačních sezón let 2005-2014. (uvedena je průměrná, minimální a maximální hodnota za sledované období)

Lokalita	CHSK _{Mn} mg.l ⁻¹	CHSK _{Cr} mg.l ⁻¹	TOC mg.l ⁻¹	BSK ₅ mg.l ⁻¹
Dvorský (2005-2013)	41,1 28 – 61	142,4 103 – 191	55,4 31 – 81	– –
Novoveský (2005-2012)	33,1 9 – 143	113,1 65 – 311	35,6 20 – 85	19,0 16,1 – 21,9
Jaroslavický (2007-2010)	18,4 11 – 38	51,6 23 – 109	24,1 16 – 41	12,1 2,9 – 26,0
Zámecký (2005-2014)	13,9 6 – 21	42,2 19 – 68	26,2 18 – 36	10,0 2,3 – 17,5
Pístovický (2009-2013)	8,7 4 – 13	32,7 8 – 72	15,6 5 – 33	6,3 2,3 – 12,6
Medlov (2008-2010)	15,2 11 – 21	37,4 20 – 52	17,4 11 – 26	5,4 2,9 – 15,4
Sykovec (2008-2010)	13,5 10 – 21	34,0 18 – 53	15,4 9 – 21	3,2 2,0 – 4,7

V tabulce 2 jsou uvedeny hodnoty zjištěných organických látek. Vysoká biomasa fytoplanktonu v rybnících (viz i obsah chlorofylu a v Tab. 1) spolu s externím přísunem organické hmoty (přítok, spad listí apod.) způsobují nárůst organických látek ve vodě rybníků. Požadavky legislativy, hodnota TOC pod 10 mg.l^{-1} , hodnota CHSK_{Cr} pod 26 mg.l^{-1} a hodnota BSK₅ pod $3,2 \text{ mg.l}^{-1}$ nejsou reálně dosažitelné ani při úplném vyloučení rybářského hospodaření. Vysoké hodnoty organických látek překračující legislativní limity jsou běžné na většině rybníků v ČR [3], [11].

Tab. 3 Obsah jednotlivých forem dusíku a hodnota kyselinové neutralizační kapacity sledovaných rybníků v průběhu vegetačních sezón let 2005-2014. (uvedena je průměrná, minimální a maximální hodnota za sledované období)

Lokalita	N _T	N-NH ₄	N-NO ₂	N-NO ₃	KNK
	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mmol.l ⁻¹
Dvorský (2005-2013)	5,3 4,1 – 7,7	0,33 0,01 – 1,10	0,009 0 – 0,039	0,9 0,1 – 4,5	3,17 2,50 – 3,80
Novoveský (2005-2012)	5,3 1,2 – 7,8	0,29 0,02 – 1,02	0,020 0 – 0,074	1,6 0 – 4,9	3,19 2,56 – 3,95
Jaroslavický (2007-2010)	2,4 0 – 3,3	0,15 0 – 0,42	0,029 0 – 0,061	0,3 0 – 0,8	1,94 1,34 – 2,41
Zámecký (2005-2014)	2,8 1,1 – 5,8	0,15 0,01 – 0,73	0,020 0 – 0,094	1,3 0 – 4,6	2,34 1,30 – 3,28
Pístovický (2009-2013)	2,4 0,3 – 5,0	0,12 0,01 – 1,06	0,026 0 – 0,086	1,3 0 – 4,8	2,21 0,95 – 3,11
Medlov (2008-2010)	2,1 0,9 – 6,8	0,08 0 – 0,49	0,006 0 – 0,023	0,4 0 – 1,4	0,52 0,22 – 0,69
Sykovec (2008-2010)	1,5 0,7 – 2,9	0,05 0 – 0,46	0,004 0 – 0,020	0,4 0 – 1,4	0,33 0,16 – 0,50

V tabulce 3 jsou uvedeny nejběžnější sledované formy výskytu dusíkatých sloučenin v rybnících. Vyšší koncentrace dusíku ve vodách rybníků nejsou běžné a vyskytují se především při aplikaci hnojiv nebo vlivem znečišťujících látek, které se do rybníka dostávají nejčastěji s přítokem. Stěžejní sledovanou formou je z rybářského hlediska amoniakální dusík, který může za podmínek vysokých hodnot pH a vyšší teploty vody působit na vodní živočichy toxicky. Vzhledem k tomu, že se jedná o primární produkt rozkladu dusíkatých sloučenin ve vodách, jsou hodnoty amoniakálního dusíku vyšší v intenzivně obhospodařovaných rybnících s aplikací krmiv a hnojiv. Legislativně požadovaná hodnota pro amoniakální dusík je 0,16 mg.l⁻¹, což je hodnota krátkodobě překračovaná na většině rybářsky obhospodařovaných rybníků spojená s příkrmováním ryb.

Legislativní požadavek na dusitanový dusík (0,12 mg.l⁻¹) splňují všechny sledované rybníky ve všech naměřených hodnotách. U rybníků bez dlouhodobých deficitů kyslíku běžně nedochází ke zvýšení dusitanového dusíku. Tento stav je častější u hlubších rybníků, které nejsou tak často promíchány větrem až ke dnu jako u rybníků mělkých. Vyšší hodnoty, řádově v desetinách až jednotkách N-NO₂ pak bývají způsobeny antropogenním znečištěním rybníka.

Rybníky i intenzivně obhospodařované většinou bez problémů splňují legislativní požadavek 5,4 mg.l⁻¹ dusičnanového dusíku. Pokud dochází k překročení těchto hodnot, jedná se většinou o jarní období při nízké intenzitě

rozvoje fytoplanktonu. V průběhu nejteplejších měsíců roku bývají hodnoty N-NO₃ často pod limitem detekce, díky intenzivnímu odčerpávání dusíku primárními producenty.

Podobně i celkový dusík, jehož legislativní požadavek je 6 mg.l⁻¹, nebývá často překračován. Obdobné hodnoty jako u námi sledovaných rybníků udávají i další autoři [1], [11].

4 ZÁVĚR

K celkovému zhodnocení kvality vody rybníků je potřeba dlouhodobé sledování širokého spektra parametrů. Interpretace získaných výsledků je vzhledem k rychlým změnám v chemizmu rybníčních vod komplikovaná. Bez znalosti intenzity rybářského hospodaření, vstupům znečištění nejen ze sledovaného roku, ale i let předchozích nelze získané výsledky kvalitně interpretovat.

Vzhledem k vysoké živinové zátěži většiny našich rybníků je nutné počítat s vysokou fluktuací řady fyzikálně-chemických parametrů nejen v průběhu vegetačního období, ale i během dne a noci. Z legislativního pohledu není u většiny rybníků problém s dodržением limitů u sloučenin dusíku, naopak splnit dané limity u obsahu organických látek se jeví jako nereálné. Samostatnou kapitolou je fosfor, jehož klíčová role z hlediska eutrofizace vyžaduje jeho koncentrace ve vodě co možná nejnižší.

Pokud rybářské hospodaření na rybnících nebude obsah fosforu zvyšovat (vnos fosforu krmivy a hnojivy nebude vyšší než podíl fosforu ve vylovených rybách), což je na řadě rybníku realitou, měla by být hlavní pozornost zaměřena na správnou funkci ČOV s využitím nejlepších dostupných technologií pro odstranění fosforu. Rybníky fungují jako přirozené čistírny nadměrné živinové zátěže, ale rozhodně by neměly sloužit k dočišťování špatně fungujících ČOV a jako skladiště jejich odlehčených kalů.

Literatura

- [1] PECHAR, L *Impacts of long-term changes in fishery management on the trophic level water quality in Czech fish ponds*. Fisheries management and Ecology, 2000, 7: 23–31.
- [2] POTUŽÁK, J., HŮDA, J., PECHAR, L *Changes in fish production effectivity in eutrophic fishponds-impact of zooplankton structure*. Aquacult. Int. 2007, 15: 201–210.
- [3] KOPP, R *Hydrochemie nejen pro rybáře*. Praha, ASTRON studio CZ, a.s., 2015, 120 s. ISBN 978-80-7509-352-3.

- [4] PARKOS, J. J., SANTUCCI, J. V., WAHL, H. D *Effects of adult common carp (Cyprinus carpio) on multiple trophic levels in shallow mesocosms.* Can. J. Fish Aquat. Sci. 2003, 60: 182–192.
- [5] RAHMAN, M., M., VERDEGEM, M., NAGELKERKE, L., WAHAB, A., M., MILSTEIN, A., VERRETH, J *Effects of common carp Cyprinus carpio (L.) and feed addition in rohu Labeo rohita (Hamilton) ponds on nutrient partitioning among fish, plankton and benthos.* Aquaculture Research, 2008, 39: 85–95.
- [6] POTUŽÁK, J., DURAS, J *Jsou rybníky zdroje či naopak příjemci znečištění?* Fórum ochrany přírody, 2016, 3: 38-41.
- [7] ČSN ISO 10260 (757575) *Jakost vod. Měření biochemických ukazatelů. Spektrofotometrické stanovení koncentrace chlorofylu–a.* Praha: Český normalizační institut, 1996. 12 s.
- [8] HORÁKOVÁ, M. (ed.) *Analytika vody.* Praha, VŠCHT, 2007, 335 s. ISBN 978-80-7080-520-6.
- [9] KOPP, R. ZIKOVÁ, A., MAREŠ, J *Zámecký rybník v Lednici - změny kvality vody v závislosti na intenzitě rybářského hospodaření.* Rybníky 2016, Praha, 2016. 115-123.
- [10] ADÁMEK, Z., HELEŠIC, J., MARŠÁLEK, B., RULÍK, M *Aplikovaná hydrobiologie. JU v Českých Budějovicích, FROV, 2010, 350 s. ISBN 978-80-7514-025-8*
- [11] DURAS, J., POTUŽÁK, J., MARCEL, M., PECHAR, L *Rybníky a jakost vody.* Vodní hospodářství, 2015, 7: 16-24.
- [12] DURAS, J., POTUŽÁK, J *Rybníky: jakost vody a legislativa.* Fórum ochrany přírody, 2016, 3: 47-50.

Poděkování

Výstupy publikace byly zpracovány v rámci projektu NAZV QJ1620240 a na vybavení financovaném z projektu OP VaVpI CZ.1.05/4.1.00/04.0135 Výukové a výzkumné kapacity pro biotechnologické obory a rozšíření infrastruktury.

RYBNÍKY Z POHLEDU OCHRANY PŘÍRODY A KRAJINY A FINANČNÍ NÁSTROJE

PONDS IN THE VIEW OF PROTECTION OF NATURE AND LANDSCAPE AND FINANCIAL TOOLS

Kateřina KUJANOVÁ^{1,✉}, Elena Bočevová¹

¹Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Samostatný odbor OPŽP, Kaplanova 19631/1,
148 00 Praha 11 - Chodov
✉katerina.kujanova@nature.cz

Abstract

The paper introduces ecological-stabilization functions of ponds and their contribution to protection of nature and landscape, it guides readers around funding opportunities to restoration or construction of ponds from the 2014-2020 Operational Programme Environment. It presents examples of conditions of project acceptability, eligible costs, and recommendations for project preparation and submission.

Keywords: Operational Programme Environment, natural landscape functions, ecological stability, water storage, littoral

1 RYBNÍK JAKO VÝZNAMNÝ KRAJINNÝ PRVEK

Rybníky jsou stejně jako vodní toky a jejich údolní nivy podle § 3 odst. 1 písm. b) zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny významnými krajinnými prvky, které utváří typický vzhled krajiny a přispívají k udržení její stability. Významné krajinné prvky jsou chráněny před poškozováním a ničením a využívají se pouze tak, aby nebyla narušena jejich obnova a nedošlo k ohrožení nebo oslabení jejich ekologicko-stabilizačních funkcí. Pod ekologicko-stabilizačními funkcemi si lze představit soubor projevů přírodní lokality (stanoviště, biotopu apod.), díky nimž je zachováváno typické prostředí a jeho ekologická hodnota.

Pro potřeby Operačního programu životní prostředí 2014-2020 (dále jen OPŽP 2014-2020) byly definovány příklady ekologicko-stabilizačních funkcí významného krajinného prvku rybník následovně:

- vytváří ustálené hydrologické prostředí v průběhu roku,

- vytváří vhodné prostředí pro výskyt vzácných a ohrožených druhů rostlin a živočichů vázaných na vodní prostředí (obr. 1),
- vykazuje dostatečně vyvinuté litorální pásmo (obr. 2),
- vykazuje přírodě blízké tvary břehů a břehové porosty,
- podporuje volný pohyb organismů v krajině a vytváří prvek ekologické stability,
- schopnost samočistící funkce vody a
- další druhotné funkce (rekreace, akumulace vody apod.).



***Obr. 1** Realizace nové retenční nádrže (Pustý potok, Raspenava) na lesních pozemcích v CHKO Jizerské hory postižených větrnou kalamitou. Jako doprovodné opatření byly realizovány neprůtočné tůňe a ostrov. Nově vzniklé biotopy vytvořily podmínky pro rozvoj obojživelníků, zvýšení druhové pestrosti vodních rostlin včetně ornitologického přínosu.*

Přestože je významný krajinný prvek rybník umělý biotop, v případě, že není využíván k intenzivnímu chovu ryb nebo vodní drůbeže nebo výrazně zanášen sedimentem a živinami v důsledku nevhodného hospodaření v povodí, neznamená zahrnutí výše uvedených ekologicko-stabilizačních funkcí do výsledného stavu rybníka pro vlastníka zpravidla žádné významné omezení.

Obnovené nebo nově vybudované rybníky podpořené z OPŽP 2014-2020 jsou určeny pro zajištění cílů ochrany přírody a krajiny, především podpory ekologické stability a zvyšování biodiverzity (obr. 1 a 2). Nejedná se o rybníky se zákazem chovu ryb, smyslem je ve spolupráci s Agenturou ochrany přírody a krajiny České republiky (dále jen AOPK ČR) stanovení takové rybí obsádky, která zajistí udržení příznivých ekologických poměrů a podmínek přispívajících k potlačování invazních druhů.



Obr. 2 Podstatná část rozlohy malé vodní nádrže je tvořená mělčinami s vyvinutým litorálním pásmem, členitost břehů i dna vytváří stanoviště a úkryty pro obojživelníky.

2 OBNOVA A VÝSTAVBA RYBNÍKŮ Z OPŽP 2014-2020

Prioritní osa 4: *Ochrana a péče o přírodu a krajinu* OPŽP 2014-2020 se z pohledu zacílení podpory dělí na 4 specifické cíle, přičemž obnova malých vodních nádrží (MVN) je podporována především jako obnova krajinného prvku ze specifického cíle 4.3, ale MVN může být obnovována i pro zajištění předmětu ochrany chráněných území. Možnosti podpory zejména s ohledem na přínos opatření a lokalizaci jsou uvedeny v následujících bodech.

- Obnova a odbahňování MVN, popř. výstavba nových MVN jako krajinných prvků posilujících ekologicko-stabilizační funkce a s přínosem pro zvyšování biodiverzity je podporována ze specifického cíle 4.3 *Posílit přirozené funkce krajiny*. Výše podpory je 60 %, pokud by se ale MVN nacházela celou plochou ve zvláště chráněném území, lokalitě soustavy Natura 2000, v biocentru ÚSES nebo by realizace opatření vyplývala z plánů dílčích povodí, je výše podpory 90 %.
- Obnova a odbahňování MVN a výstavba nových MVN s cílem zachování či zlepšení stavu předmětu ochrany v územích národního významu (národních parcích, chráněných krajinných oblastech, národních přírodních rezervacích, národních přírodních památkách, lokalitách soustavy Natura 2000) je podporována ze specifického cíle 4.1 *Zajistit příznivý stav předmětu ochrany národně významných chráněných území*. Podpora je zaměřena na zajišťování

péče vycházející z platných plánů péče, souhrnů doporučených opatření nebo dalších relevantních dokumentů. Výše podpory je 90 %.

- Obnova a odbahnování MVN ve prospěch populací předmětů ochrany přírodních památek a přírodních rezervací s cílem posílit biodiverzitu je podporována ze specifického cíle 4.2 *Posílit biodiverzitu*. Výše podpory je 90 %.

- Předcházení a náprava škod způsobených zvláště chráněnými druhy živočichů – např. náprava škod způsobených bobrem evropským na vodních dílech je podporována ze specifického cíle 4.2. Výdaje na zасыпání nor a děr, dosypání návodního líce hráze, vyrovnání koruny hráze, opevnění návodního líce hráze těžkým kamenivem, rovnaninou či kamenným záhozem v kombinaci s vhodným typem ocelové sítě a preventivní opatření, např. ochrana zemní hráze instalací vhodného typu ocelové sítě nebo instalace beaver deceiveru (obr. 3) pro ochranu výpustného zařízení, jsou podporovány do výše 85 %.

- Pro podporu drobných vodních prvků a ploch (např. tůň/jezírek, mokřadů, průleहů, drobných retenčních nádrží na dešťovou vodu), které slouží jako doprovodné prvky při realizaci sídelní zeleně, lze využít podporu ze specifického cíle 4.4 *Zlepšit kvalitu prostředí v sídlech*. Vodní prvky jsou zde podpořitelné do výše 10 % celkových způsobitelných výdajů na realizaci zeleně. Výše podpory je 60 %.



Obr. 3 Beaver deceiver (klamač bobrů) – preventivní opatření

Ze specifických cílů 4.1, 4.2 i 4.3 je možné s podporou 100 % realizovat tůně a mokřady (obr. 4). Na rozdíl od MVN tůně nemají hráz, výpustné zařízení, bezpečnostní přeliv. Technické objekty může tvořit nízký zemní val, přítokové

zařízení a zařízení pro fixaci hladiny. Zásady pro navrhování a realizaci tůň shrnuje standard *Vytváření a obnova tůň* [1], který je dostupný na <http://standardy.nature.cz/>.



Obr. 4 Realizace tůň a mokřadů je přínosná pro zvyšování biodiverzity, zejména vytváření stanovišť pro obojživelníky, vodní bezobratlé, měkkýše a vodní rostliny.

3 PODMÍNKY PODPORY

Veškerá uvedená opatření týkající se MVN (rybníků) jsou podporována jak ve volné krajině, tak v zastavěných územích obcí. Minimální způsobilé realizační výdaje na projekt jsou 250 000 Kč (bez DPH). Maximální výše nákladů není omezena, je pouze třeba, aby náklady na opatření byly nejvýše 150 % Nákladů obvyklých opatření MŽP (viz tab. 1), překročení lze tolerovat pouze v případě zvýšeného zájmu ochrany přírody. Pozemky realizace opatření (hráz, zátopa) musí být ve vlastnictví oprávněných žadatelů. Oprávněnými žadateli (příjemci podpory) jsou zejména obce a města, kraje, organizační složky státu, nestátní neziskové organizace, podnikatelské subjekty a další vyjma fyzických osob nepodnikajících. Opatření na pozemcích nezpůsobilých žadatelů (např. fyzických osob nepodnikajících) může realizovat pouze veřejnoprávní subjekt nebo nevládní nezisková organizace min. 3 roky působící v oboru.

Z prioritní osy 4 lze podpořit pouze MVN (rybníky), které plní cíle podpory – posilují ekologicko-stabilizační funkce a podporují biodiverzitu. Není možné podpořit MVN (rybníky), jejichž cílem je pouze retence vody v krajině (popř. akumulace, protipovodňová ochrana). Pro naplnění cíle podpory navíc nesmí dojít k negativnímu zásahu do ekologicko-stabilizačních funkcí stávajících lokalit (např. přirozeného vodního toku, cenného mokřadu atp.).

Pravidla podpory z OPŽP 2014-2020 shrnuje dokument Pravidla pro žadatele a příjemce podpory v OPŽP pro období 2014–2020 [2], který je ke stažení na www.opzp.cz. Podávání žádostí se řídí výzvami zveřejňovanými na www.opzp.cz. Nastavení OPŽP 2014-2020 shrnuje Programový dokument [3].

Tab. 1 Náklady obvyklých opatření MŽP pro vybrané agregované položky týkající se MVN platné pro aktuální výzvy v roce 2017

Výstavba a zásadní rekonstrukce malých vodních nádrží , která spočívá v odtěžení materiálu (sedimentu), výstavbě nebo rekonstrukci technických objektů (hráz, výpustné zařízení, bezpečnostní přeliv), včetně výsadbež doprovodných břehových porostů a včetně vyvolaných investic (např. skládkovně). pozn. Nelze kombinovat s agregovanou položkou "Odbahnění vodní nádrže"	kategorie - při normální hladině	Kč/m ² plochy vodní nádrže při Hn bez DPH
	do 0,2 ha včetně	500
	0,2 - 0,4 ha včetně	400
	0,4 - 1 ha včetně	350
	1 - 2 ha včetně	300
	2 - 5 ha včetně	250
	5 - 10 ha včetně	200
	10 - 20 ha včetně	175
	20 - 50 ha včetně	150
	nad 50 ha	100
Odbahnění vodní nádrže, obnova a tvorba tůní a mokřadů od 0,03 ha (vč. součtu vodních ploch v lokalitě - vzdálenost ploch cca 50 m) , které spočívá v odtěžení sedimentu/zeminy suchou nebo mokrou cestou včetně přesunu a uložení a včetně vyvolaných investic (např. skládkovně). Není zahrnutý odvoz na skládku mimo lokalitu – v tomto případě se použije položka „Odvoz zeminy“ z části Práce, doprava.	T. j.	Kč/m ³ odtěženého sedimentu
	Kč/m ³	300

3.1 Způsobilé výdaje

Pokud je splněn cíl podpory, je možné v rámci obnovy MVN (rybníka) podpořit výstavbu nebo rekonstrukci technických objektů (hráz, výpustné zařízení, bezpečnostní přeliv, nápuštěné zařízení), odstranění stávajícího nevhodného opevnění břehů (např. betonové desky), opevnění líců hráze kamenivem, odtěžení sedimentu suchou nebo mokrou cestou včetně jeho uložení, tvorbu ostrůvků, rozčlenění břehové linie, údržbu obtokového a odpadního koryta, instalaci vodočetné latě atp. Za vyvolané investice jsou

považovány např. přeložky inženýrských sítí, dočasné komunikace ze silničních panelů, kácení dřevin a odstranění pařezů, které brání umístění stavby v lokalitě, atp. V rámci projektu lze dále podpořit ošetření stávajících dřevin, zatravnění a výsadby dřevin včetně dokončovací a rozvojové péče (výše podpory se může lišit od výše podpory na rybníky). Mezi způsobilé výdaje projektu patří i nákup pozemků realizace, a to do výše 10 % celkových způsobilých přímých realizačních výdajů na projekt.

Obvyklé náklady, za které je možné realizovat určitý typ opatření, udávají Náklady obvyklých opatření MŽP [4]. V závislosti na podporovaných činnostech je efektivita vynakládání finančních prostředků posuzována podle agregované položky “Výstavba a zásadní rekonstrukce malých vodních nádrží”. V případě realizace samostatného odbahnění (bez rekonstrukce technických objektů) nebo hloubení tůní a mokřadů je efektivita vynakládání finančních prostředků posuzována podle agregované položky “Odbahnění vodní nádrže, obnova a tvorba tůní a mokřadů” (viz tab. 1).

3.2 Podmínky podpory odbahňování

Projekty zahrnující odbahnění musí v rámci projektové dokumentace jednoznačně specifikovat, jak bude naloženo s odtěženým sedimentem. Za způsobilé výdaje se považují výdaje na odtěžení sedimentu včetně jeho odvezení a uložení na ZPF (pokud to výsledky rozborů umožňují), využití na rekultivaci skládek apod. Podmínky podpory nevyžadují přednostně uložení na ZPF. S ohledem na původ většiny sedimentů, které se do malých vodních nádrží dostávají splachem zemědělské půdy, je návrat sedimentů na ZPF pro další zemědělské využití považováno za optimální způsob uložení. Využití sedimentů v rámci rekultivací je ale také považováno za přínosné. Za nepřipustné je považováno vyhrnování sedimentů do břehů nádrží a přilehlých mokřadních luk, ukládání sedimentů a zeminy na druhově bohaté luční porosty, do mokřadů a údolní nivy nad a pod nádrží, do vytěžených lomů, starých úvozů či remízků [5]. Analytické a toxikologické posouzení kontaminace sedimentů je způsobilým výdajem v rámci projektové přípravy.

Základním požadavkem při odstranění sedimentů ze stávajících nádrží je ponechat stávající kvalitní litorály zcela bez zásahu. Pokud neexistuje možnost ekologicky řádného a nákladově únosného zneškodnění sedimentů, pak může být vhodnější ponechat nádrž samovolnému vývoji v mokřad [5].

3.3 Optimálně navržený projekt

Optimálně navržený projekt splňuje všechny technické a technologické požadavky na provedení a zároveň přináší vhodné řešení z pohledu zájmů

ochrany přírody, využívá materiály a postupy přírodě blízkého charakteru (např. kámen či dřevo namísto betonových konstrukcí, kašnových bezpečnostních přelivů apod.). S ohledem na charakter lokality je zvolen vhodný termín realizace. Navržené řešení je komplexní (tzn. projekt řeší i návaznost vodních ploch na okolí, zejména pozvolné sklony břehů umožňující přechod na souš, protierozní opatření na přilehlých pozemcích či v povodí přítoku, dostatečnou plochu litorálního pásma, přiměřenou hloubku, doprovodné výsadby dle biologických cílů projektu), odpovídá charakteru území (např. charakter a parametry vodních ploch, stanovištně vhodné dřeviny) a plně využívá potenciál daného území.

Z praktického hlediska lze doporučit ověření lokalizace opatření v rámci prvku ÚSES (dokládá žadatel územně plánovací dokumentací nebo komplexními pozemkovými úpravami) a ověření návaznosti opatření (opět je na doložení ze strany žadatele). Nezbytnou součástí žádosti je popis a posouzení výchozího stavu lokality, kvalitní fotodokumentace a biologické posouzení (není požadováno zpracování autorizovanou osobou), které je vhodné zpracovat ve vegetačním období.

Konkrétní záměr zejména z hlediska naplnění cílů podpory a způsobilých výdajů doporučujeme konzultovat na územně příslušném regionálním pracovišti AOPK ČR, kontakty na jednotlivá pracoviště naleznete na adrese <http://www.dotace.nature.cz/opzp-kontakty.html>. Vaše dotazy k prioritní ose 4 OPŽP 2014-2020 zodpovíme prostřednictvím emailové schránky dotazy-PO4@nature.cz.

Literatura

- [1] VRÁNA, K., MAŠTĚRA, J., KOUDELKA, P., JEŘÁBKOVÁ, L., KRÁSA, A., DOSTÁL, T.. SPPK B02 001. *Vytváření a obnova tůní*. Standardy péče o přírodu a krajinu. Řada B – Voda v krajině. AOPK ČR a ČVUT v Praze. 2014.
- [2] *Pravidla pro žadatele a příjemce podpory v Operačním programu Životní prostředí pro období 2014–2020*. Verze 11, znění účinné od 31. 3. 2017 [online]. [cit. 2017-04-18]. Dostupný z: www.opzp.cz.
- [3] *Programový dokument OPŽP 2014-2020*. Verze 2, znění účinné od 5. 1. 2017 [online]. [cit. 2017-04-18]. Dostupný z: www.opzp.cz.
- [4] *Náklady obvyklých opatření MŽP* [online]. Praha: MŽP, 2017 [cit. 2017-04-18]. Dostupný z: www.opzp.cz
- [5] JUST, T., MORAVEC, P., ŠÁMAL, V., FRANKOVÁ, L.. *Obnova rybníků. Obnova malých vodních nádrží jako významných krajinných prvků*. AOPK ČR. 2009. 234 s. ISBN 978-8087051-63-4.

PŘÍKLADY APLIKACE OCHRANY BŘEHŮ NA NÁDRŽÍCH

EXAMPLES OF APPLICATION BANK PROTECTION ON RESERVOIRS

**Lenka GERNEŠOVÁ^{1,✉}, Jana Marková¹, Petr Pelikán¹,
Miloslav Šlezinger¹**

*¹Mendelova univerzita v Brně, Ústav inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny,
Zemědělská 3, 613 00 Brno
✉xgerneso@node.mendelu.cz*

Abstract

The article is aimed at stabilizing and protecting of reservoir banks against abrasion. The examples of the use of active and passive anti-abrasion protection on selected reservoirs: sedimentation reservoir on Kuřimka river, water reservoir Hulín and Brno reservoir, there are presented. The article shows positive and negative individual constructions.

Keywords: abrasion, bank stability, active protection, passive protection

1 ÚVOD

Břehová abraze je jednou z forem projevu přetváření břehů nádrží. Jako další projevy lze jmenovat sesuvy a jiné svahové pohyby, akumulaci a omývání [1]. Abrazí je možné definovat jako plošné obrušování dna a břehů způsobené vlněním hladiny vody v nádrži s následným transportem abraďovaného materiálu do prostoru nádrže [2]. Abraze je tedy mechanická destrukce hornin tvořících břeh narušovaná vlnobitím a prouděním, což může v některých případech vést až ke vzniku strmého případně svislého abrazního srubu. Dalším působením pohybu vody mohou při patách takovýchto abrazních srubů vzniknout kaverny zasahující do svahu. U takto vzniklých převisů hrozí jejich zřícení [1].

Břehové pásmo, kde se projevila abraze lze rozdělit do dvou částí a to abrazní část, kde se projevily destrukční účinky vln a část akumulační, kde je ukládán abraďovaný materiál [2]. Abraze břehů však nevzniká vždy. Tento proces je podmíněn několika faktory, nejzásadnějšími jsou: pohyb vodní hladiny a náchylnost břehů k rozmývání. Pohyb vodní hladiny je způsoben pohybem plavidel, anebo větrem (výška vlny je dána délkou rozběhu větru po hladině [3]). Problematikou vln vzniklých vlivem větru se zabývala řada autorů z celého

světa, například: Miles [4], Lukáč a Abaffy [5]. Z českých autorů lze jmenovat S. Kratochvíla [1], M. Šlezingra [2], [7], [8] a P. Pelikána [3].

2 ZÁJMOVÉ LOKALITY A ZVOLENÁ APLIKOVANÁ OPATŘENÍ

V následující části článku budou popsány jednotlivé zájmové lokality. Jedná se o nádrže, kde byly navrženy a realizovány prvky aktivní nebo pasivní ochrany břehů (pasivní ochrana břehů je taková ochrana, která je součástí břehu; aktivní ochrana břehu není součástí břehu, ale je to konstrukce předsazená s orientací kolmo na převládající směr větru, a nebo směr větru s velkou délkou rozběhu. Tyto konstrukce pak mají funkci vlnolamu [2]). Jedná se o sedimentační nádrž na řece Kuřimce, nádrž Hulín a Vodní dílo Brno.

2.1 Sedimentační nádrž

Sedimentační nádrž se nachází na řece Kuřimce těsně před vtokem řeky do Vodního díla Brno (dále jen VD Brno) pod obcí Chudčice. Nádrž slouží k sedimentaci splavenin, aby bylo zabráněno zanášení VD Brno z povodí řeky Kuřimky (obce Chudčice, Moravské Knínice a Kuřim). Nádrž spadá do správy Povodí Moravy s.p. a usazený sediment je pravidelně těžen.

Tvar nádrže je nepravidelný. Hloubka nádrže po realizaci byla 1 - 1,5 m (hloubka se mění v závislosti na mocnosti vrstvy usazeného sedimentu). Uvnitř prostoru nádrže jsou umístěny 3 ostrovy kruhového tvaru s průměrem horní části cca 4 m a sklonem svahů 1 : 1,5. Břehy jsou zatravněny téměř v celé délce. Zatravněn není úsek, kde by vlivem proudění docházelo k destrukci břehů – zde je použita kamenná rovnanina. Nátok do nádrže je realizován přes balvanitý skluz, stejně tak je řešen i výtok z nádrže. Nádrž je zobrazena na obr. 1.



Obr. 1 Sedimentační nádrž na řece Kuřimce (pohled ve směru toku)

Ze strany Povodí Moravy s.p. byl dán požadavek na ozelenění ostrovů a stabilizaci břehové části nádrže tak, aby tyto porosty či konstrukce vytvořily hranici pro prostor, který má být těžen a prostor respektive břehy, které mají být zachovány. Povodí Moravy v rámci svých požadavků chtělo vytvořit vhodné podmínky pro hnízdění ptáků a další podmínkou bylo použití pouze biologických či biotechnických opáření (za použití pouze přírodních materiálů). Byl proveden pokus o ozelenění ostrovů dřevinami – vrbami (rod *Salix*), jasanem ztepilým (*Fraxinus excelsior*) a olší lepkavou (*Alnus glutinosa*). Na břehy byly vysázeny řízky keřových vrb ve sponu 0,5 m v několika řadách a to pouze v části pravého břehu.

2.2 Nádrž Hulín

Nádrž Hulín se nachází mezi městy Kroměříž a Hulín. Jedná se o nádrž vzniklou těžbou štěrkopísku a písku (obr. 2). Štěrkopískovna Hulín, tedy i nádrž patří provozu společnosti Českomoravský štěrk, a.s. Štěrkopísek je zde těžen tzv. mokrou metodou – těžbu z vody, kdy je těžený materiál získáván pomocí drapákových a sacích bagrů.



Obr. 2 Štěrkopískovna Hulín [1]

Tvar nádrže je nepravidelný a stále se mění (což je dáno probíhající těžbou). Na délku má nádrž cca 1850 m a na šířku necelých 700 m. Hloubka nádrže je různá. Společnost Českomoravský štěrk, a.s. je povinna sanovat či rekultivovat břehové části lomu v místech, kde těžba již neprobíhá. Protože se nádrž nachází v poměrně rovinaté krajině a rozměry nádrže jsou taktéž poměrně velké, dochází zde k abrazi břehů (náchylnost břehů k rozmývání a velká délka rozběhu větru po hladině, což má za následek vznik vlnobití).

V rámci rekultivace a ochrany břehů zde byla aplikována pasivní ochrana břehů. Jednalo se o biotechnické úpravy v jižní části nádrže v délce cca 30 m. Jedna část břehu byla pouze sesvahována, břeh nejbližší k vodní hladině byl upraven do sklonu 1 : 10, tedy tak aby byl vytvořen plážový sklon břehu a vlny nepůsobily destruktivně. Dorovnání k současnému terénu bylo ve sklonu 1 : 2. Druhá plocha byla taktéž sesvahována k hladině do plážového sklonu. Ve vzdálenosti cca 5 m od hladiny byla do svahu souběžně s břehovou čarou umístěna stabilizace v podobě kulatiny o průměru cca 20 cm: dva na sobě ležící kmeny fixované dřevěnými pilotami s průměrem 8 cm a délkou 1,2 m. Svah nad kulatinou byl dosypán do úrovně kulatiny. Byla zde použita geotextilie, která má za úkol stabilizovat svah nad stabilizací. Geotextilie byla dále přesypána zeminou a zatravněna (obr. 3).



Obr. 3 Realizované stabilizace v břehové části nádrže Hulín

2.3 Vodní dílo Brno

Vodní dílo Brno se nachází v severo-západní části města Brna při okraji městské části Brno-Bystrc. Nádrž leží na řece Svatce a plní mimo ochranných účelů i jiné účely jako například energetické, ekologické a rekreační. Stejně jako sedimentační nádrž na řece Kuřimce i VD Brno spadá do správy Povodí Moravy s.p.

Na VD Brno se projevila abrazní deformace břehů. Ne však v celé pobřežní části, ale pouze v některých částech, což je dáno geologií celé nádrže. Břehová část v blízkosti hráze je tvořena granodiority, které jsou odolné vůči účinkům vlnobití. Jiné části nádrže jsou tvořeny říčními náplavami řeky Svatky a flyšovými půdami, které můžeme označit jako materiály náchylné k erozi či abrazi. Abrazní činností je nejvíce postižen levý břeh nádrže, kde se abraze projevila v různé míře, od abrazních srubů vysokých 0,5 m až po abrazní sruby

vysoké 4 – 5 m. Největší abrazní sruby se nacházejí v oblasti Osada (délka pobřeží cca 250 m).

Na březích s abrazními sruby do asi 1 m a v místech, kde jsou plochy uzpůsobené rekreaci, byly břehy upraveny pomocí pasivní ochrany břehů v podobě nízkých opěrných zdí, kamenných záhozů a kamennou rovnatinou, popřípadě srubovými konstrukcemi. V části Osada, kde vznikly vysoké abrazní sruby, není možné použít prvků pasivní ochrany. Jednak by tyto konstrukce byly poměrně drahé a navíc pro tuto oblast je vyhlášena stavební uzávěra (abrazní sruby chráněny jako přírodní útvar vzniklý lidskou činností a zároveň jako hnízdiště ledňáčka říčního), která znemožňuje jakýkoliv zásah do těchto útvarů. V rámci výzkumu zde byly navrženy a realizovány prvky aktivní ochrany břehů, které mají funkci předsazených vlnolamů. Jedná se o biologické, biotechnické a technické konstrukce: vrbový porost, jednoduchý zápleťový plůtek, dvojitý zápleťový plůtek a gabion.

3 VYHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH OPATŘENÍ

V následující části budou uvedeny pozitiva, negativa a problémy po realizacích jednotlivých opatření, které byly popsány výše.

3.1 Ozelenění a stabilizace břehů sedimentační nádrže

Navrhované výsadby na ostrovech byly realizovány, ale jednotlivé dřeviny měly problém zakořenit. Problém byl už při výsadbě, protože ostrovy jsou vytvořeny z kamene.

Stabilizace břehu pomocí vrbových řízků byla úspěšná, nicméně pouze do doby než došlo na údržbu břehů. Zřízenec pověřený údržbou břehů vysazené porosty posekal a takto poškozené řízky uhynuly. Je tedy velmi důležité informovat zaměstnance provádějící údržbu o existenci daných opatření.

3.2 Vytvoření plážových sklonů a stabilizace pomocí kulatiny

Vytvoření břehů s plážovými sklony je vhodným řešením, kdy vlny vybíhají po břehu a nezpůsobují tak větší škody. Toto však není možné realizovat kdekoliv, ale pouze v místech, kde je k tomu prostor. Vytvoření plážových sklonů vyžaduje prostorové nároky, které není možné vždy splnit zejména u stávajících nádrží (omezení majetkoprávními vztahy) a u břehů s rozsáhlou břehovou abrazí (z důvodu velkých přesunů hmot).

Vhodná je kombinace plážového sklonu s vytvořením pevné břehové stabilizace, která stabilizuje břeh a zároveň utlumí destruktivní účinky vln. V případě nádrže Hulín byla použita na sebe položená kulatina fixována

pilotami, a aby nedošlo k nežádoucím posunům, jednotlivé kmeny byly dále spojeny tesařskými kramlemi. Použité opatření dobře stabilizuje břeh. Nevýhodou je jeho životnost neboť dřevo, na které působí voda po čase zetleje a rozpadne se. Další nevýhodou je lidský faktor. V případě nádrže Hulín zde vandalové vytrhali piloty a tesařské kramle.

3.3 Kamenné záhozy a kamenné rovnaniny

Konstrukce, které jsou tvořeny kamenem, jsou velmi účinné. V případě VD Brno dobře stabilizují břehy a zamezují jeho rozplavování (viz obr. 4). Je vhodné tyto konstrukce používat u břehů, kde nevzniká příliš vysoký abrazní srub (velká spotřeba materiálu a vyšší cena). V případě VD Brno musel být použit kámen s hmotností nad 200 kg. Ne proto, že by zde byla až tak výrazná destruktivní činnost vln, ale svou roli zde hraje lokalizace. Na levém břehu se nachází rekreační objekty – chatařské oblasti a místní zahrádkáři používali kámen pro vlastní použití. Kameny s hmotností nad 200 kg jsou bez větší mechanizace špatně transportovatelné.



Obr. 4 Pasivní ochrana břehu na VD Brno – kamenná rovnanina

3.4 Jednoduchý, dvojitý zápleťový plůtek a gabion

Na VD Brno byly použity prvky aktivní ochrany břehů v podobě jednoduchého a dvojitého zápleťového plůtku a gabionu, které mají funkci předsazeného vlnolamu. Tyto konstrukce byly založeny souběžně s břehovou linií ve vzdálenosti cca 5 m kolmo k nepříznivému směru větru.

Jednoduchý zápleťový plůtek byl tvořen pouze přírodním materiálem a to vrbovými kůly a vrbovými prýty. Vrbové kůly byly zaraženy do abrazní plošiny s roztečí jednotlivých kůlů 0,5 m v celkové délce 6 m. Kůly byly dále vypleteny vrbovými prýty s minimální délkou 1,6 m. K patě zápleťového plůtku byl přisypán štěrk (z abrazní plošiny) ze strany od břehu (obr. 5). Výhodou tohoto opatření je nízká pořizovací cena, pokud je k dispozici místní materiál.

Nevýhodou je jeho životnost. Protože se jedná o přírodní materiál a hladina vody ve VD Brno kolísá, dochází k tlení organických částí a jejich rozpadu.



Obr. 5 Jednoduchý zápleťový plůtek po realizaci

Dvojitý zápleťový plůtek je tvořen dvěma zápleťovými plůtky a prostor mezi nimi je vysypán štěrkem (viz obr. 6). Opět byl použit místní materiál (vrby z břehové části nádrže a štěrk z abrazní plošiny). Výhodou je opět pořizovací cena, a protože se jedná o tužší konstrukci i její odolnost vůči nárazům vln. Nevýhodou je opět životnost konstrukce, kdy dochází k rozpadu vrbových kůlů a prutů.



Obr. 6 Dvojitý zápleťový plůtek

Gabion je nejtužší z realizovaných opatření. Ke konstrukci byly použity gabionové koše, které byly vyplněny kamenivem z abrazní plošiny (viz obr. 7). Výhodou tohoto opatření je právě tuhost, odolnost vůči vlnobití a životnost.



Obr. 7 Gabion při realizaci

Celkovou nevýhodou aktivních protiabrazních konstrukcí je, že nemohou být použity u nádrží se strmými břehy (například u nádrží vzniklých v rámci rekultivací po těžbě). Dále jejich nevýhoda vyplývá z jejich umístění – musejí být předsazeny před břeh a tím tak znemožňují přímý přístup do prostoru nádrže a z prostoru nádrže ke břehu. Jejich velkou výhodou je jednak zamezení abrazní činnosti a také fungují jako bariéra k zachycení erodovaného materiálu, čímž zamezují dalšímu zanášení nádrže.

4 ZÁVĚR

Článek se zabýval ochranou břehů a popisoval různé typy konstrukcí aplikované na různých nádržích, kde se projevila břehová abraze. Ochrana břehů je tedy důležitá hlavně z hlediska stabilizace břehů, tak aby bylo zabráněno zanášení nádrže a také z důvodu ochrany objektů nacházejících na březích. Ochranné konstrukce je možné rozdělit na aktivní a pasivní. Pasivní ochranu je možné použít prakticky kdekoliv. Nejzásadnějším omezením bývá rozsah a pořizovací náklady takovýchto opatření. Aktivní ochrana na druhou stranu nemá tak široké využití. Tyto konstrukce není možné použít tam, kde je strmé dno nádrže a dále tyto konstrukce znesnadňují přístup k volnému prostoru nádrže, ale i naopak z nádrže ke břehu. Výhodou mohou být pořizovací náklady na jednotlivé konstrukce, ale jen v případě, že budou použity místní a přírodní materiály.

Literatura

- [1] SPANILÁ, T. *Přehledná zpráva o stavu výzkumu přetváření břehů vodních nádrží*. Praha: Geologický ústav, ČSAV. 1975. 76 s.
- [2] ŠLEZINGR, M. *Břehová abraze – možnosti stabilizace břehů*. Brno: Mendelova univerzita v Brně. 2011. ISBN 978-80-7375-566-9.
- [3] PELIKÁN, P. *Přetváření břehů vodních nádrží vlivem břehové abraze*. Disertační práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013. 147 s.
- [4] MILES, J. W. On the generation of surface waves by shear flows. *Journal of Fluid Mechanics*. Vol. 3. 185-204 s.
- [5] LUKÁČ, M., ABAFFY, D. *Vlnenie na nádržiach, jeho účinky a protiabrazne opatrenia*. Bratislava: Ministerstvo lesného a vodného hospodárstva SSR. 1980.
- [6] KRATOCHVÍL, S. Stanovení parametrů větrových vln, gravitačních vln v hlubokých přehradních nádržích a jezerech. *Vodohospodářský časopis*, ročník 12, 3.
- [7] ŠLEZINGR, M. *Břehová abraze*. Brno: CERM. 2004. 160 s. ISBN 80-7204-342-0.
- [8] ŠLEZINGR, M. Stabilization of reservoir banks using an „Armoured earth structure“. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. 2007. 55 Vol. 1, pp 64-69. ISSN 0042-79X.
- [9] https://www.google.cz/search?q=%C5%A1t%C4%9Brkop%C3%ADskovna+Hul%C3%ADn&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiT7KSb6MHTAhVCNxQKHwyzBg8Q_AUICigB&biw=1920&bih=974#imgrc=w2L6nJF5ZATNgM

Poděkování

Prezentovaný výzkum byl spolufinancován projektem Interní grantové agentury Mendelovy univerzity v Brně: č. projektu: IGA LDF_PSV_2016002: Minimalizace ztrát lesní a zemědělské půdy vlivem erozních a abrazních procesů v krajině.

KONTROLA ÚNIKU SEDIMENTŮ A ŽIVIN PŘI VÝLOVECH RYBNÍKŮ, MOŽNOSTI JEJICH ZADRŽENÍ A RECYKLACE

CONTROL THE RELEASE OF SEDIMENTS AND NUTRIENTS DURING POND HARVESTING AND THEIR POSSIBLE DETENTION AND RECOVERY

**Ján REGENDA^{1,✉}, Pavel Hartman¹, Marcellin Rutegwa¹,
Michal Kutý²**

¹*Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Ústav akvakultury a ochrany vod, Na Sádkách 1780, 370 05 České Budějovice*

²*Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, Ústav chemie a biochemie, Branišovská 1760, 370 05 České Budějovice*

[✉]*regenda@frov.jcu.cz*

Abstract

During the carp harvesting in 4 ponds, the possibility of collecting and recycling sediments and nutrients leaking together with water was verified. Two barriers of straw bales were built in the channel from the pond, which flooded the water and ensured its stay for a minimum 20 min. Barriers were built from the dam at a distance of 15-30 m (1st barrier) to 100 m (2nd barrier). The change of water quality after passing through both barriers was monitored and evaluated with: TOC, undissolved substance 105, 550, TN, TP, P-PO₄, soluble Ca and TDS. Basic physical and chemical parameters of water were also monitored. Water samples were taken in certain phases: the night prior to harvesting, early in the morning before harvesting, just before harvesting, during harvest and hour after harvest. It results from the fact that the progressive harvesting increases the water pollution with the sediment and all the monitored nutrients. However, it was found that on average 33.5% TOC, 26.3% TN and 49.7% TP were captured during water passage through barriers. The capture was also high in case of substance 105 and 550, 41.5%, respectively 42.3%. On the other hand, the dissolved P and Ca passed through the barriers without capture, respectively its mildly elevated content was found below the barriers. The effectiveness of this technology has been influenced by several factors: water retention time, amount of pond mud, fish biomass, water temperature, terrain configuration under a pond, etc.

Keywords: harvesting ponds, wastewater, straw barriers, retention of sediments and nutrients, returning in areas of ponds.

1 ÚVOD

V procesu výlovů rybníků dochází v lovišti k víření sedimentů současně se živinami, které jsou splavovány vodou dál do recipientu. Tím dochází ke zbahňování níže položených nádrží, ale i vodních toků. Odtok suspendovaných sedimentů ve vodě je závislý na jejich obsahu v lovišti, na objemu vypouštěné vody, na intenzitě pohybu v lovišti a na technologii lovení ryb. Obecně je známo že, podmínkou usazování suspendovaných látek ve vodě je zabezpečení dostatečné doby zdržení, která souvisí se specifickou hmotností a tvarem partikulí. Zamezení úniku živin z rybníků při výloveh je tedy možné pomocí řízeného vzduší a krátkého zdržení vypouštěné vody s cílem podpory sedimentačních procesů v prostoru pod rybníkem.

1.1 Cíl projektu

Cílem projektu bylo ověřit možnost a účinnost zdržení části sedimentující substance, včetně živin unikajících z loviště při vypouštění rybníků za účelem výlovu ryb, pomocí dočasných bariér postavených v odpadních stokách pod rybníkem. Snahou bylo rovněž v provozních podmínkách ověřit možnost použití balíků sena či slámy k výstavbě těchto dočasných bariér. Následně pak odvodněné sedimenty vytěžit a i s bariérami (slámou) je vrátit zpět do rybníční kotliny ke kompostování (recyklace živin).

1.2 Literární přehled

Již v 90. letech minulého století docházelo v Německu ke kontroverzním diskusím o negativním působení rybářského hospodaření na povodí pod rybníky [1]. Obecně panují obavy, že chov ryb zatěžuje životní prostředí v nádržích a ve vodních tocích [2], [3], [4]. Při vyšších hustotách obsádek kapra, je zvyšován zákal vody v důsledku resuspendovaných částic [5], [6], které snižují pronikání světla s následným poklesem fotosyntézy. Proto je rybníkům v určitých povodích přikládán větší ochranný význam, než jejich rybochovný efekt, ke kterému byly původně určeny [4]. Problematický je především obsah fosforu (P), který zůstává v nově vytvořené vrstvě bahna cca 1 mm za 1 rok. Tento čerstvý sediment obsahuje kolem 500 mg.l⁻¹ celkového fosforu (TP), zatímco v samotném spodním bahně je obsah P několikanásobně nižší [1]. Proto jsou hledány způsoby jak zabránit úniku živin a také jak živiny co neúčinněji transformovat na přírůstek ryb, resp. je opakovaně využít.

2 METODIKA A MATERIÁL

Pro naše sledování byly vybrány 4 menší rybníky na Blatensku, jejichž odpadní stoky umožňovaly vsazení dvou od sebe přiměřeně vzdálených bariér. Obecně se jednalo o menší rybníky využívané k odchovu plůdku a násad kapra. Charakteristiku rybníků, jakož i způsob jejich rybářského využití v daném roce ukazuje tab. 1.

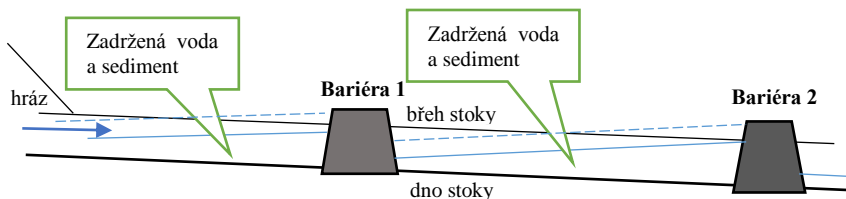
Tab. 1 Hydrologická a chovatelská charakteristika sledovaných rybníků.

Rybník	Výměra (ha)		Objem vody v rybníku (m ³)	Obsádka v době výlovu (kg.ha ⁻¹)
	katastrální	vodní		
Janšovský	4,44	3,93	50 355	K ₁ – 84
Podsilniční	1,94	1,80	15 000	K ₂ – 667
Novokoželský	5,78	5,00	50 000	K ₂ – 1 360
Ouhlín	6,57	6,20	50 000	K ₁ – 239

V průběhu strojení rybníka k výlovu, byly v posledních cca 24 hodin před vlastním výlovem instalovány do odtokové stoky pod rybníkem vždy dvě bariéry z balíků lisované slámy (sena) za účelem zadržení sedimentů. Bariéry byly postaveny od hráze ve vzdálenosti od 15–30 m (1. bariéra) do 100 m (2. bariéra). Výška bariér korespondovala s hloubkou stoky na daném profilu (max. 3 vrstvy balíků), resp. na některých rybnících byly budovány postranní křídla z jedné vrstvy balíků. Schéma a princip instalace soustavy bariér pod rybníkem znázorňuje v řezu obr. 1, vlastní instalaci na jednom z rybníků pak ukazuje obr. 2. K budování bariér – hrázek ve stokách byly použity malé balíky suchého sena / slámy (0,4 x 0,4 x 0,75 m) z lokálních zdrojů, jejichž hmotnost byla cca 10 kg. Tlak lisu byl při jejich výrobě nastaven na nejnižší možnou sílu tak, aby bylo možné balíky ještě vytvořit (svázat). Důvodem je vyšší propustnost balíků pro vodu. Balíky byly ukotveny do stok pomocí ocelových prutů propíchnutím, resp. vzdušná strana hrázky byla ještě někdy zapřena ocelovou konstrukcí (klecí). Hrázky byly stavěny obvykle ze dvou řad balíků těsně vedle sebe tak, aby mezery mezi nimi byly vzájemně překryty. Bariéry sloužily ke vzdutí vodní hladiny ve stoce a k zajištění zdržení odtékající vody. V době instalace bariér byla již převážná část objemu vody z rybníků vypuštěna jako neznečištěná.

Objem vody odtékající v průběhu našeho sledování byl vždy stanoven z aktuální plochy velikosti vodní hladiny v rybníce v čase instalace hrázek, resp. vzorkování a z následného poklesu sloupce vody v jednotlivých etapách. Při sledování byly odebrány dvojice 4–5 vzorků, vždy na odtoku rybníka (vývařiště) a pod druhou bariérou. Jednalo se o bodový odběr slévaných vzorků (cca 3 min.) prováděný v návaznosti na tyto typové situace: noc před výlovem, ráno před

zvýšením odtoku vody z loviště, těsně před vlastním výlovem, v průběhu výlovu a cca 1 hod. po výlovu.



Obr. 1 Schéma způsobu zpomalení toku vody v bariérách, zadrženi vody a sedimentů při závěrečné fázi vypouštění a při vlastním výlovu rybníka.



Obr. 2 Instalace dočasných hrázek z balíků slámy pod rybníkem Novokoželský v průběhu výlovu (foto, J. Regenda).

Pro hodnocení zatížení vody látkami během výlovu byly sledovány hodnoty: TOC (celkový organický uhlík), NL₁₀₅ (nerozpuštěné látky odparem při 105°C), NL₅₅₀ (nerozpuštěné látky žiháním při 550°C), TN (celkový N), TP (celkový P), rozpustný P – PO₄, rozpustný Ca a TDS (celkové rozpuštěné látky). V průběhu vypouštění byly pomocí sondy YSI 6600 V dále průběžně kontrolovány tyto parametry: teplota vody (°C), vodivost (μS.cm⁻¹), TDS (celkové rozpuštěné látky mg.l⁻¹), salinita (ppt), rozpuštěný O₂ (mg.l⁻¹ a % nasycení), pH, ORP (oxido-redukční potenciál), chlorofyl-*a* (mg.l⁻¹). Vlastní analýzy vzorků vody byly

provedeny v akreditované vodohospodářské laboratoři Povodí Vltavy, s. p. České Budějovice, podle závazných postupů. TOC byl analyzován podle normy ČSN EN 16192, TP (organicky vázaný fosfor a polyfosforečnany) byl stanovován podle ČSN EN ISO 6878. TN byl analyzován podle ČSN ISO 10048. Vzorek vody pro stanovení NL_{105} a NL_{550} byl analyzován podle ČSN EN 872. Rozpuštěný fosfor byl stanovován spektrofotometricky s molybdenanem amonným (při 690 nm), Ca ve vodě byl analyzován chelatometrickou titrací [7]. Celkové rozpuštěné látky (TDS) byly měřeny v terénu sondou YSI 660 V, jejíž výsledky odpovídají ČSN EN 15216.

Z objemu odtékající vody a obsahu sedimentů, resp. živin (dále látek) odtékající z rybníka (vstupující do 1. bariéry) a vytékající z 2. bariéry byl zjištěn rozdíl, který představoval retenci látek v systému bariér.

3 VÝSLEDKY

Z průběžného sledování kvality vody vytékající ze všech vzorkovaných rybníků před výlovem, v procesu lovení a po něm, je patrné, že při a po lovu ryb stoupá ve vodě obsah prakticky všech sledovaných látek (živin) jak rozpuštěných, tak i nerozpuštěných (NL_{105} , NL_{550}), TOC, TN a TP a to řádově, v porovnání s obsahem látek ve vodě odtékající před výlovem (tab. 2). Obsah rozpuštěného P (v aniontech HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$), rozpuštěného vápníku a TDS (celkových rozpuštěných látek), jakož i hodnoty vodivosti a salinity jsou rovněž rozdílné před výlovem a v průběhu výlovu, avšak méně výrazně. Se stoupajícím zákalem vody byl zaznamenáván klesající obsah O_2 (v $mg \cdot l^{-1}$, i v % nasycení), pokles pH a chlorofylu- α . Protékající kalná voda zadržovaná v bariérách během výlovu se významně mění, díky sedimentaci partikulovaných nerozpuštěných látek a s tím i živin na ně vázaných (TP a TN).

Doba zdržení odtékající vody v bariérách podle průtoku a objemu zadržené vody byla rozdílná (vlivem morfologie stoky a objemu bariér) a pohybovala se v procesu přípravy a vlastního výlovu v rozmezí 20 minut (rybník Podsilniční) až 56 minut (rybník Ouhlín). Toto zdržení do jisté míry zabezpečilo zlepšení kvality vody především snížením obsahu nerozpuštěných látek. Z rozdílu obsahu látek na odtoku z rybníka (vtoku do 1. bariéry) a odtoku – přeronu pod 2. bariérou s přihlédnutím k objemu proteklé vody lze usoudit na retenci jednotlivých látek (tab. 3). Zachycené látky byly ve formě sedimentu uloženy v korytě a na březích stok. Zdržení NL_{105} , NL_{550} v hmotnostních % bylo u sledovaného souboru rybníků kolem 41,4–42,3 %. Celkový průměr byl snižován nízkou retencí NL_{105} , NL_{550} u rybníka Novokoželský (7,7 a 4,3 %), kde pravděpodobnou příčinou bylo kromě silného zabahnění loviště sedimenty, také jeho eroze ledovou tříští v průběhu výlovu a relativně malým objemem vzdutého

prostoru, resp. kratší dobou zdržení v bariérách ve vztahu k velikosti rybníku. Při vyloučení tohoto rybníku z průměru je retence NL_{105} , NL_{550} vyšší a to 60,5 resp. 61,4 %. Retence TP je poměrně vysoká (49,7 %) a byla rovněž nižší u rybníka Novokoželský a také Ouhlin. Retence TOC byla 33,5 % a retence TN 26,3 %. Rozpuštěné látky ve vodě TDS, rozpustný P a Ca nebyly bariérami zadržovány a odtékaly dále do povodí, zejména rozpustný P (tab. 3 a příloha obr. 4).

Tab. 2 Změny obsahu látek v odtékající vodě za všechny sledované rybníky podle jednotlivých etap (průměr ± směrodatná odchylka).

Parametr	Vzorek	Pod rybníkem	Pod 2. bariérou	Rozdíl v průměru (%)
TOC (mg.l ⁻¹)	Noc před výlovem (n – 3)	23,67±6,60	21,67±5,91	-8,29
	Ráno před výlovem (n – 4)	32,25±13,59	29,00±12,98	-9,89
	Těsně před výlovem (n – 3)	58,00±18,46	38,33±10,34	-31,47
	Výlov (n – 4)	340,00±274,50	158,00±209,03	-67,50
	Hodinu po výlovu (n – 4)	1497,50±2195,80	702,50±982,98	-47,83
NL₁₀₅ (mg.l ⁻¹)	Noc před výlovem (n – 3)	51,67±13,27	37,33±6,94	-26,49
	Ráno před výlovem (n – 4)	225,50±191,79	162,25±164,32	-40,31
	Těsně před výlovem (n – 3)	606,67±501,62	196,67±107,81	-56,24
	Výlov (n – 4)	4050,00±1688,93	820,00±640,04	-81,12
	Hodinu po výlovu (n – 4)	9150,00±10942,23	6802,5±8848,87	-41,27
NL₅₅₀ (mg.l ⁻¹)	Noc před výlovem (n – 3)	30,33±5,19	19,67±4,19	-35,59
	Ráno před výlovem (n – 4)	171,50±155,61	125,90±138,11	-42,94
	Těsně před výlovem (n – 3)	484,33±440,65	148,33±101,84	-58,68
	Výlov (n – 4)	3295,00±1366,78	637,50±459,69	-81,50
	Hodinu po výlovu (n – 4)	7325,00±8528,59	5582,5±7232,66	-41,52
TN (mg.l ⁻¹)	Noc před výlovem (n – 3)	3,53±1,39	3,37±1,37	-5,16
	Ráno před výlovem (n – 4)	5,10±3,07	4,93±3,22	-7,04
	Těsně před výlovem (n – 3)	8,30±4,65	6,23±3,66	-24,40
	Výlov (n – 4)	42,25±34,93	5,73±1,28	-77,24
	Hodinu po výlovu (n – 4)	177,50±255,73	86,50±118,00	-46,66
TP (mg.l ⁻¹)	Noc před výlovem (n – 3)	0,31±0,04	0,33±0,04	+5,42
	Ráno před výlovem (n – 4)	0,77±0,42	0,58±0,31	-23,25
	Těsně před výlovem (n – 3)	1,33±0,42	0,70±0,06	-42,72
	Výlov (n – 4)	17,00±9,03	4,60±6,01	-67,89
	Hodinu po výlovu (n – 4)	43,53±40,03	32,99±45,04	-53,99
P_{rozp.} (mg.l ⁻¹)	Noc před výlovem (n – 3)	0,05±0,02	0,09±0,04	+66,54
	Ráno před výlovem (n – 4)	0,09±0,05	0,09±0,03	+14,78
	Těsně před výlovem (n – 3)	0,09±0,06	0,10±0,06	+23,68
	Výlov (n – 4)	0,06±0,01	0,06±0,02	-5,40
	Hodinu po výlovu (n – 3)	0,04±0,01	0,05±0,01	+33,76

Tab. 3 Změny obsahu látek v odtékající vodě během výlovu rybníků po průchodu bariérami

Parametr	Profil měření / retence	Janšovský, výlov 27.10.2016, odtok 14:00–9:30 Σ 3 874 m ³	Podsiliční, výlov 11.11.2016, odtok 17:00–12:15 Σ 885 m ³	Novokoželský, výlov 15.11.2016, odtok 15:00–12:30 Σ 3 645 m ³	Ouhlín, výlov 24.11.2016, odtok 14:30–14:15 Σ 1 042 m ³	Celkem
TOC	Pod rybníkem (kg)	186,4	33,8	414,7	30,09	664,99
	Pod 2. bariérou (kg)	99,5	20,68	292	29,86	442,04
	Retence (kg)	86,9	13,12	122,7	0,23	222,95
	Retence (%)	46,6	38,8	29,6	0,8	33,5
NL ₁₀₅	Pod rybníkem (kg)	2 711	456,48	1 856,8	107,98	5 132,26
	Pod 2. bariérou (kg)	1 098	124,52	1713,7	72,7	3 008,99
	Retence (kg)	1 613	331,96	143,1	35,21	2 123,27
	Retence (%)	59,5	72,7	7,7	32,6	41,4
NL ₅₅₀	Pod rybníkem (kg)	2 247,4	389,22	1 366,3	80,08	4 083
	Pod 2. bariérou (kg)	892,3	103,17	1 307,7	52,74	2 255,91
	Retence (kg)	1 355,1	286,05	58,3	27,34	1 726,79
	Retence (%)	60,3	73,5	4,3	34,1	42,3
TN	Pod rybníkem (kg)	30,45	4,5	51,9	2,36	89,21
	Pod 2. bariérou (kg)	17,26	3,01	43,2	2,30	65,77
	Retence (kg)	13,19	1,49	8,7	0,06	23,44
	Retence (%)	43,4	33,0	16,9	2,5	26,3
TP	Pod rybníkem (kg)	14,97	2,11	7,94	0,56	25,57
	Pod 2. bariérou (kg)	3,62	0,93	7,72	0,61	12,87
	Retence (kg)	11,35	1,18	0,22	-0,05	12,71
	Retence (%)	75,8	56,1	2,8	-8,2	49,7
P _{rozp.}	Pod rybníkem (kg)	0,203	0,073	0,153	0,139	0,568
	Pod 2. bariérou (kg)	0,185	0,077	0,320	0,175	0,757
	Retence (kg)	0,018	-0,004	-0,167	-0,036	-0,189
	Retence (%)	8,9	-5,5	-109,2	-25,9	-33,3
Ca	Pod rybníkem (kg)	231,88	52,01	174,9	50,66	509,45
	Pod 2. bariérou (kg)	218,63	52,32	178,2	48,75	497,90
	Retence (kg)	13,25	-0,31	-3,3	1,91	11,55
	Retence (%)	5,7	-0,6	-1,9	3,8	2,3
TDS (CRL)	Pod rybníkem (kg)	1 470,2	333,1	1 124,63	285,8	3 213,73
	Pod 2. bariérou (kg)	1 471,6	333,1	1 124,60	286,6	3 215,90
	Retence (kg)	-1,4	0,0	0,03	-0,8	-2,17
	Retence (%)	0,001	0,0	0,0	-0,28	-0,001

Σ – Celkový odtok vody z rybníka v průběhu sledování od předchozího dne výlovu až do jeho konce (m³ za dva dny sledování).

4 DISKUSE

Proces vypouštění rybníků je charakteristický dvěma fázemi, které jsou vzájemně dobře oddělitelné. V první fázi odtéká voda, která odpovídá jednak předchozímu rybochovnému obhospodařování a také úrovni útlumu biologické aktivity vody v důsledku pokročilosti podzimu. S tím souvisí i nástup potravní pasivity ryb, především kapra, převažujícího v obsádkách. Druhá fáze vypouštění rybníků začíná startem vlastního výlovu ryb, je zahájena vstupem lovců do loviště a realizací určité technologie výlovu ryb, která končí „dolovkem“ a opuštěním loviště. Zatímco v 1. fázi odtéká více než 95 % u rybníků do 5 ha, a až 98 % objemu vody (u velkých rybníků) „bez znečištění“, v 2. fázi dochází k zákalu vody, který odnáší suspendované látky a živiny z rybníčního loviště.

Tvrzení, že rybníky jsou rezervoáry živin v povodí [1] lze daným experimentem do značné míry potvrdit. Biogenní prvky jsou převážně ukládány do dna [8], avšak posléze během vegetačního období jejich určitá část vstupuje prostřednictvím potravní pyramidy do přírůstku ryb [9]. Důležitý je poznatek, že především P, pravděpodobně vedle dalších biogenních prvků, se ukládá v nejsvrchnější tenké vrstvě bahna [1], která je z hlediska smyvu - eroze v procesu výlovu nestabilní. Proto je technologie výlovu důležitá nejen z hlediska šetrnosti zacházení s rybami, ale také kvůli odtoku sedimentů z rybníka do níže ležícího povodí. Z tohoto hlediska jsou do jisté míry oprávněné obavy [3], [4] o znečišťování povodí v době lovení rybníků, ale i při povodních. Proto v některých povodích převažuje význam extenzivního využívání rybníků (Weißenstädter Seens – Bayreuth) nad jejich rybochovným posláním [4], pro které byly dříve rybníky budovány.

Pomocí primitivního způsobu instalace bariér byly docíleny poměrně překvapující výsledky vysokého záchytu suspendovaných látek a živin (analýzy na TOC, NL₁₀₅, NL₅₅₀, TN, TP), avšak mezi jednotlivými rybníky byly shledány určité rozdíly. Především byl zaznamenán nízký záchyt TOC, TN a TP u rybníka Ouhlin. Lovená obsádka plůdku kapra dosáhla pouze úrovně přirozené produkce. Vypouštěná voda byla téměř čirá a dno rybníka včetně převážné části loviště bylo souvisle pokryto vláknitými řasami, které bránily smyvu sedimentů do loviště a posléze do výpusti. Dále nelze přehlédnout nízkou retenci NL₁₀₅, NL₅₅₀ a TP u rybníka Novokoželský, v porovnání s ostatními rybníky a rovněž únik dvojnásobného množství rozpustného P z 2. bariéry oproti jeho přítoku z loviště. Nízký záchyt NL a TP lze vysvětlit vysokým zabahněním dna loviště a mimořádně obtížnými – mrazivými podmínkami při výlovu, kdy ledová tříšť s odtékající vodou narušovala podmínky sedimentace v bariérách a mohla také způsobovat erozi živin ze stoky při průchodu bariérami a tím výrazně až dvojnásobně

ovlivnila odtok rozpustných sloučenin P. Obdobná situace vymývání rozpustného P z kynety stoky nastávala u rybníka Ouhlín. Důležitou okolností je to, že vymývání rozpustného P ze stok probíhalo právě ve fázi před vlastním výlovem. Ostatní „záporné“ retence např. u vápníku jsou nevýznamné a mohou být vysvětleny v rámci tolerancí výsledků laboratorních analýz či určitými, metodickými odlišnostmi při odběrech vzorků vody v daných terénních podmínkách.

K zachování funkce rybníků pro chov ryb a současně k plnění jejich vodohospodářských a ekologických cílů je zapotřebí zabezpečovat optimální hustotu, skladbu obsádek [10], [3], [6] a jejich přirozenou výživu. Pro záchyt sedimentů a živin během výlovu je důležité zpomalit odtékající suspensi z rybníka a to nejméně až na 30 minut pro zadržení zhruba polovičního podílu nerozpuštěných látek a patikulovaných součástí obsahujících TN, TP a vápník. Rozpuštěný P, Ca a ostatní živiny sledované jako TDS (celkové rozpuštěné látky) bohužel procházejí zábranami typu bariér z lisované slámy. Jejich podíl na celkovém obsahu (TP a TN) je řádově nižší a odtok je časově omezený.

5 ZÁVĚR

1) Experiment sledoval možnosti zadržení části odtékajících látek a živin pomocí dvou bariér postavených z balíků slisované slámy / sena, instalovaných do stoky pod loveným rybníkem. Z rozdílu obsahu látek (živin) mezi přitékající vodou z rybníka a odtékající vodou z druhé bariéry bylo laboratorními rozbory zjišťováno množství zadržených látek a živin uložených v sedimentu nad bariérami. Tento sediment má být následně mechanicky odstraněn společně s bariérami a vrácen do rybníční kotliny (recyklace živin).

2) Vypouštění vody pro výlov ryb z rybníků probíhá ve dvou vzájemně navazujících fázích. Zatímco převážný objem vody (> 95 %) odtéká ve stavu nezměněné kvality původní zadržené vody, biologicky utlumené podzimmím klimatem, významně menší objem odtékající vody je změněn procesem technologie výlovu – činností lovců a obsádky ryb.

3) Z kontinuálního sledování kvality vody vytékající z rybníka v první fázi před výlovem vyplynulo, že obsahy sledovaných látek a živin nevýznamně kolísají. Průtokem vody v prostoru bariér může však docházet k vyplavování živin z kynety stoky, jak se lze domnívat z výrazně vyššího odtoku rozpustného P po průchodu bariérami u dvou sledovaných rybníků.

4) Vstupem lovců do loviště, což lze považovat za start procesu lovení, stoupá na odtoku z rybníka obsah nerozpuštěných látek (NL₁₀₅, NL₅₅₀), TOC, TN a TP a to ve většině případů až o řády (mg.l⁻¹). Obsah P- rozpuštěného, rozpustných sloučenin Ca, vodivosti, salinity a TDS (celkových rozpuštěných

látek) se ve stejné fázi rovněž zvyšují směrem k závěru výlovu, avšak při stále menším objemu odtékající vody. Klesající tendenci se stoupajícím zákalem vody vykazuje obsah O_2 (v $mg.l^{-1}$, %), také pH a chlorofyl- α .

5) Sledováním 4 rybníků až do finále výlovů bylo zajištěno zadržení (NL_{105} a NL_{550} = TSS total suspended solids) > 40 % z přítékajícího množství, TOC téměř 34 %, TN asi 26 % a TP téměř 50 %. Zadržení látek bylo podmíněno dobou zdržení vody při průchodu bariérami minimálně 23 minut. Pro bezpečnější realizaci retence látek je zapotřebí prodloužit dobu zdržení na více než 30 minut a zabezpečit přerov vrchní odsedimentované vody přes koruny bariér. Ledová tříšť zhoršuje podmínky sedimentace látek a eroduje kynety stok.

6) Rozpusťné sloučeniny Ca a TDS (celkové rozpuštěné látky) prochází překážkami, aniž by byly zachyceny. Rozdíly obsahů rozpuštěných látek mezi vtokem do 1. bariéry a odtokem z druhé bariéry v průběhu výlovu jsou v toleranci analytických stanovení.

7) Za předpokladu využití příznivého tvaru a spádu stoky, za účelem zdržení vody bohaté na suspendované látky a živiny, lze pomocí nasákových organických hmot (slisovaná sláma, rostlinná píce – seno apod.) zajistit zadržení významného podílu celkových nerozpuštěných látek a tak snížit zatížení recipientu pod rybníky.

Literatura

- [1] KNÖSCHE, R., SCHRECKENBACH, K., PFEIFER, M. und WEISSENBACH, H., Phosphor und Stickstoffbilanzen von Karpfenteichen. Zeitschrift für ÖKOLOGIE und NATURSCHUTZ, 7/1998, 181 – 189 p.
- [2] KESTEMONT, P., Different systems of carp production and their impacts on the environment. Aquaculture 1995, 129: 347–372.
- [3] DURAS, J., POTUŽÁK, J. Výlov rybníků – kritické období z pohledu emise fosforu? In: Řihová Amrožová, Veselá, J. (Editors), Vodárenská biologie. Praha, 1.–2., 2012, s. 52–59.
- [4] MEIER, H., MERTENS, M., HUWE, B. Phosphorbilanzierung von Fischteichen – der Einfluss der Teichwirtschaft auf die Wasserqualität des Weißenstädter Seens, Universität Bayreuth, 2002, 8 s.
- [5] BOYD C. E., TUCKER C. S., Pond aquaculture water quality management. Kluwer academic publishers Boston, SH 1373.4.B686 1998, 639.8-dc21, 685 s.
- [6] ADÁMEK, Z., MARŠÁLEK, B. Bioturbation of sediments by benthic macroinvertebrates and fish and its implication for pond ecosystem: review. Aquacult. Int., 2013, 21, 1 – 17.

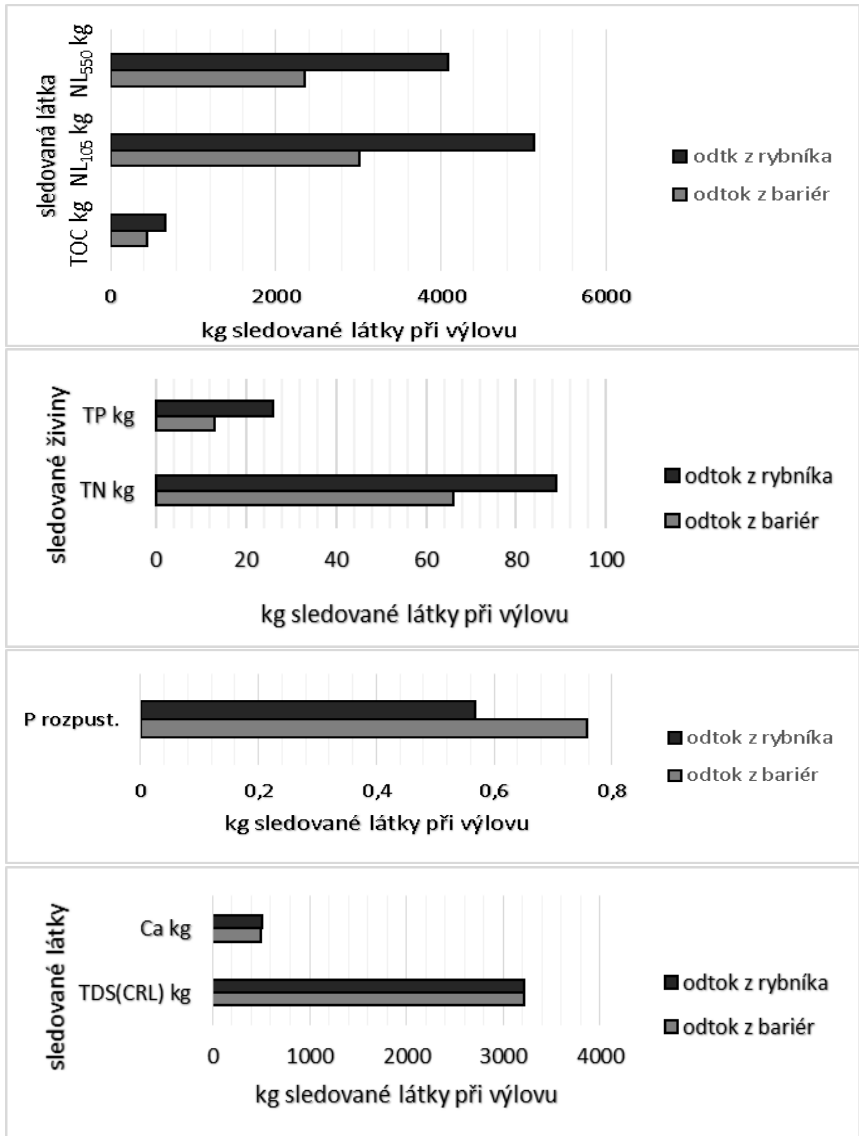
- [7] HORÁKOVÁ, M. et al. (ed) Analytika vody. Textbook VŠCHT Praha 2003, pp. 334 pp.
- [8] GREEN, B.W., BOYD, C.E. Chemical budgets for organically fertilized fish ponds in the dry tropics. J. World Aquacult. Soc. 1995, 284 – 296.
- [9] HARTMAN, P. Výživa rybníční biocenózy organickými hnojivy. Edice metodik FROV JCU Vodňany 2012, č. 127, 34 s.
- [10] BOYD C.E. Water Quality: An Introduction. Kluwer Academic Publishers 2000, Boston, MA USA. 330p.

Poděkování

Práce byla realizována díky prostředků z Inovativního projektu OP Rybářství č. CZ.10.2.101/2.1/0.0/15_001/0000028, výsledky byly získány za finanční podpory MŠMT projektu CENAKVA (CZ.1.05/2.1.00/01.0024) a projektu CENAKVA II (LO1205 v rámci programu NPU I) a za finanční podpory Grantové agentury Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích – projekt GAJU 060/2016/Z. Poděkování patří také společnosti Blatenská ryba, s.r.o. jmenovitě panu Ing. Jiřímu Bláhovi řediteli a vedoucímu technikovi Ing. Davidu Hlaváčovi, PhD. za vstřícnost při realizaci projektu.



Obr. 3 Instalace dočasných hrázek z balíků slámy pod rybníkem Novokoželský po výlovu – koryto stoky plné bahna (foto, J. Regenda).



Obr. 4 Průměrné kvantitativní zadržení vybraných látek na odtoku z rybníka a pod 2. bariérou

MONITORING RYBNÍČNÍCH SEDIMENTŮ V LETECH 2011 – 2017

THE MONITORING OF POND SEDIMENTS IN 2011 - 2017

Jana ŠULCOVÁ^{1,✉}, Marek Baxa¹, Lenka Kröpfelová¹, Iva Baxová Chmelová¹

¹ENKI, o.p.s., Třeboň

✉ sulcova@enki.cz

Abstract

The paper presents the results of long term fishpond sediment analyses and provides instructions for their effective use.

Sampling is realized since 2011 as a custom activity in the whole area of the Czech Republic. At present, the database with sampling results, takes approximately 170 locations. The analyses are mainly focused on toxic metals and polyaromatic hydrocarbons. The measured values are compared with the valid legislation and historical data from 1997 - 2002, obtained from ass. prof. Gergel (about 400 localities). The results show that the limit values, given by the legislation, are exceeded only by the small percentage of sampling sites. I.e. most fishpond sediments (about 90%) meet the limits for their storage on other areas or on agricultural land.

Keywords: pond, sediment, toxic metal, hydrocarbon

1 ÚVOD

Zanášení nádrží, vytváření a ukládání sedimentů v nich je důsledkem přirozených erozních a transportních procesů, které probíhají v povodí nádrží. Působením dešťových srážek a následného povrchového odtoku dochází v povodí k uvolňování a pohybu půdních částic. Současně se dávají do pohybu látky, které jsou vázány na povrchu půdních částic, nebo které jsou vymývány z povrchu půdy přímo do povrchového odtoku. Pohyb pevných a rozpuštěných látek z místa vzniku do hydrografické sítě je složitým transportním procesem, který je proměnný v prostorovém i časovém měřítku. Intenzita zanášení je dána parametry a hydraulickou funkcí nádrže. Jde o přirozený děj, který je urychlován antropogenními zásahy do krajiny. Nevhodné hospodaření v povodí způsobuje nadměrnou erozi, pronikání a usazování rizikových prvků a rizikových látek v rybnících a v tocích. Vzniklý usazený materiál může mít povahu štěrkopísků a

písků (v proudných úsecích toků) nebo jílovito-hlinitých až jílovitých usazenin v rybnících. Rybniční a říční sediment většinou svým charakterem odpovídá charakteru zemědělské půdy v povodí. Surový sediment je značně zvodnělý – 60-80% a může obsahovat i cizorodé látky v závislosti na průmyslové výrobě v povodí.

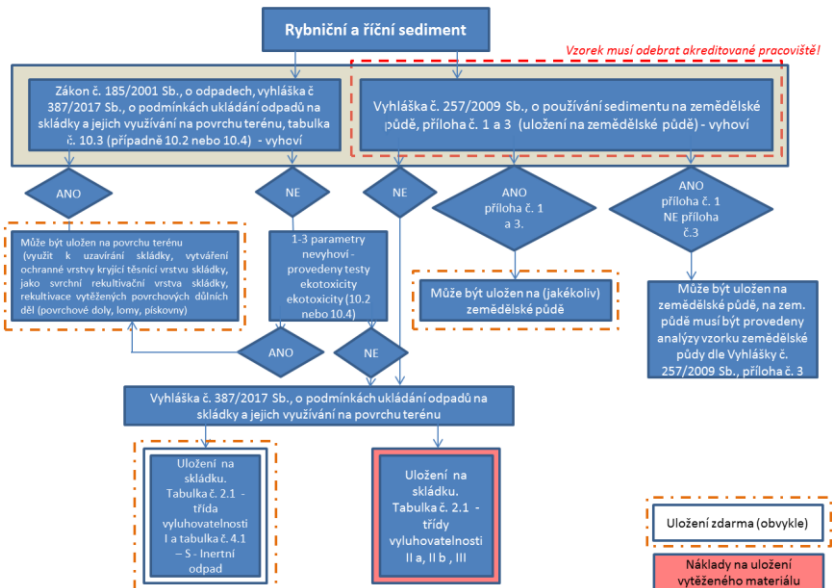
Sedimenty ovlivňují nepříznivě funkci všech prvků hydrografické sítě. Usazeniny v korytech toků vytvářejí překážky proudící vodě, jejichž důsledkem je zanášení drenážních výpustí, zmenšují prostor nádrží a tím se snižuje akumulace vody v území, dochází ke snížení doby zdržení, a tím ke zkrácení veškerých procesů probíhajících ve vodě (rychlejší oběh živin, šíření znečištění ve vodním prostředí). Při poklesu vody v nádrži (např. období sucha) se obnažují velké plochy dna s usazeným sedimentem, který na vzduchu rychle mineralizuje a práší a po opětovném zatopení významně eutrofizuje vodní prostředí. Z hlediska kvalitativního představují sedimenty obrovskou zásobu živin, které se mohou kdykoliv nekontrolovatelně vrátit do vodního prostředí. Tato živinná banka v usazeninách udržuje permanentně stav vysoké trofie rybniční vody, vyjádřený dynamickým rozvojem organické hmoty. Dále dochází velmi rychle ke snížení hloubky vody pod 60 – 40 cm, což je hranice, při které je rychlost nárůstu tvrdé vodní vegetace pro zazemnění nádrže kritická. Tím dochází k významnému nepoměru mezi katastrální a skutečnou plochou rybníků. V neposlední řadě se mění biologická hodnota rybníků, nárůst organické hmoty vede k rychlému vymělčování litorálního pásu, nastává dynamický rozvoj „tvrdé“ vodní vegetace, z litorálního pásu se stává unifikovaný biotop s porosty zblochanu, skřipiny, kopřivy dvoudomé a chrastice s omezenými stanovištními podmínkami pro řadu živočišných druhů. V rybnících v ČR je uloženo cca 197 mil. m³ hmoty [1]. O tento objem je snížena jejich akumulační schopnost a současně klesá i retenční účinnost v protipovodňové ochraně. Hmoty sedimentů představuje trvalou zátěž pro rybniční ekosystém a vodohospodářskou soustavu jako celek.

2 LEGISLATIVNÍ RÁMEC

Na rybniční a říční sedimenty je v současné době (z hlediska legislativy) pohlíženo jako na odpad. Vytěžený sediment je možno ukládat na povrchu terénu dle zákona č. 185/2001 Sb.[2], o odpadech ve znění pozdějších předpisů, vyhlášky č. 387/2016 Sb.[2], o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu. Druhou možností uložení vytěženého materiálu je jeho využití na zemědělském půdním fondu a to dle zákona č. 156/1998 Sb.[2], o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech),

ve znění pozdějších předpisů, vyhlášky č. 257/2009 Sb. [2], o používání sedimentů na zemědělské půdě. Třetí možností využití sedimentů je jeho použití jako vstupní suroviny do kompostů dle ČSN 46 5735 [3]. Schéma nakládání s vytěženým sedimentem je uvedeno na obrázku č. 1.

Rozhodujícím ukazatelem pro možnost využití sedimentů je míra jejich kontaminace rizikovými prvky a organickými polutanty. Pro využití sedimentů k aplikaci na zemědělskou půdu je důležitá i jejich „hnojivá hodnota“ tzn. zrnitostní složení, podíl organické hmoty, pH a obsah základních živin. Zrnitostní složení sedimentů může být značně rozdílné, což vyplývá ze zákonitostí sedimentačních procesů. S variabilitou zrnitostního složení do značné míry koreluje i jejich chemické složení. Cizorodé látky jsou poutány především na povrchu nejjemnějších půdních částic splavených z orniční vrstvy zemědělské půdy. Jako vhodný ukazatel pro hodnocení jejich přínosu k zúrodnění půd se jeví přístupný obsah živin, který je používán pro hodnocení úrodnosti v rámci agrochemického zkoušení zemědělských půd, proto byla v některých vzorcích zjišťována reakce sedimentů pH (stanovení v CaCl₂) a obsah základních živin P, K, Ca a Mg podle MelichaIII a jednotlivých forem uhlíku [4].

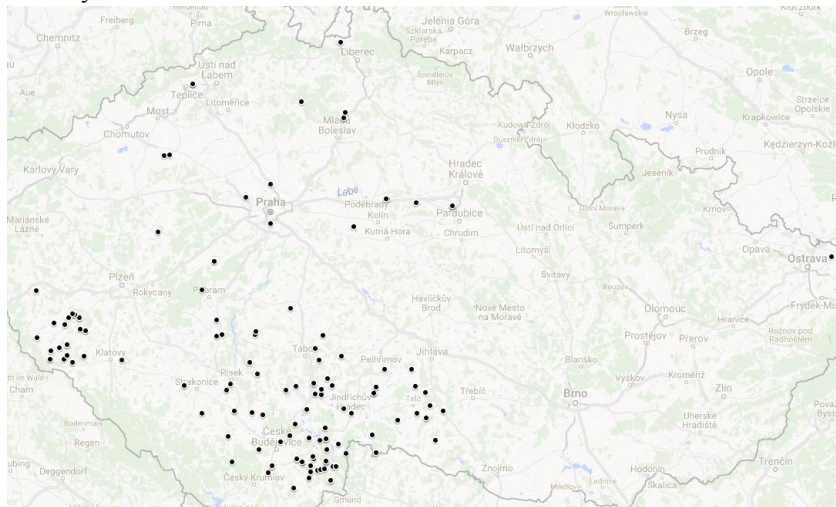


Obr. 1 Diagram nakládání s vytěženým sedimentem

3 METODIKA

3.1 Sledované území

Zájmovým územím je celá Česká republika. Nejvíce lokalit je v současné době situováno na jihu a jihozápadě Čech, jak ukazuje mapa na obrázku č. 2 níže. Naměřená data jsou do souboru zařazována postupně, tak, jak dochází k vyřízení zakázky.



Obr. 2 Lokality vzorkované v letech 2011 - 2017

3.2 Způsob odběrů vzorků

Odběry vzorků byly prováděny odběrovou sondou holandského výrobce Eijkelkamp ze dna vypuštěných nebo napuštěných rybníků a nádrží. K odběru byla použita ocelová sonda o délce 1 metr s nastavnými tyčemi, která umožňuje odebrat vertikální profil sedimentu, aniž by došlo ke stlačení vzorku a k porušení jeho stratifikace. Byla zaznamenána též mocnost sedimentu, přičemž byl rozlišován tmavší (živinami bohatší sediment) a světlý (minerální sediment). Tmavší sediment je bohatší na živiny, uvolňuje do vodního sloupce fosfor, a tím podmiňuje rozvoj vodních květů a sinic ve vegetačním období. Množství černého sedimentu ukazuje na stupeň trofie (úživnosti, zatížení živinami) rybníka. V případě, že byl rybník napuštěn, byla k odběru využita vlastní loď. Odběrová sonda se zapíchne co nehlouběji do sedimentu a otočením po směru hodinových ručiček se uzavře půlkruhová komora. Poté je sonda vytažena a opačným otočením je sediment ze sondy vyjmut. U takto získaného sedimentu je

ihned na místě sledována a zapsána mocnost, struktura, zrnitost a případný zápach. Dle velikosti nádrže byl odebrán 1 - 5 směsných vzorků rybníčního sedimentu. Směsný vzorek byl vytvořen z minimálně 15 - 30 dílčích vzorků, dle velikosti zkoumané plochy. Jednotlivé body odběru byly zaměřeny pomocí přístroje GPS.

3.3 Příprava vzorků k analýzám

Jednotlivé vzorky jsou homogenizovány na místě, či v laboratoři a metodou kvartace je vybrán laboratorní vzorek, který je následně odeslán do akreditované laboratoře k chemickým analýzám. V laboratoři jsou vzorky vysušeny a jsou provedeny analýzy dle platných postupů.

3.4 Sledované parametry

Rozsah možných sledovaných parametrů uvádíme v tab. 1 níže.

Tab. 1 Výčet sledovaných parametrů

Kovy	Organické sloučeniny	Fyz.-chem.	Testy toxicity
Zn	AOX	pH	Desmodesmus subspicatus I.
Ni	Uhl C10-C40	ZŽ (550)	Desmodesmus subspicatus II.
Pb	trichlorethylen	N celk.	Daphnia magna I.
As	tetrachlorethylen	NH ₄ -N	Daphnia magna II.
Cu	BTEX	NO ₃ -N	Poecilia reticulata I.
Hg	PAU	NO ₂ -N	Poecilia reticulata II.
Cd	PCB	Ca	Sinapis alba I.
V	DDT	Mg	Sinapis alba II.
Co		K	
Ba		P celk.	
Be		TC	
Cr		IC	
		TOC	
		Obsah popela	

3.5 Zpracování dat

Data byla zpracována v programu MS Excel 2010. Veškeré sledované parametry jsou řazeny ve sloupcích. Na data byl aplikován nástroj kontingenční tabulka a kontingenční graf pro automatické shrnutí a procentické vyjádření hodnot.

Průměrné hodnoty byly porovnávány s daty Gergela, který prováděl rozборы sedimentů na různých lokalitách v ČR, v letech 1997 – 2002. Porovnávány byly pouze hodnoty toxických kovů. Ostatní parametry nebyly, v tomto období sledovány.

Většina rozborů byla prováděna na základě objednávek projektantů nebo vlastníků jednotlivých nádrží. Proto byly u každého vzorku stanoveny jen určité parametry, závisající na požadavcích platné legislativy. Přesné počty vzorků, u kterých byl daný parametr změřen, jsou uvedeny v tab. 2 a 3 ve výsledcích.

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

4.1 Toxické kovy

Porovnáním průměrů ze dvou sledovaných období (viz tab. 1 a 2) docházíme ke zjištění, že se od sebe výrazně liší pouze hodnoty u olova. Průměr jistě navyšují dvě maximální zjištěné hodnoty přes 3000 mg/kg suš. z období 2011 – 2017, zatímco v souboru vzorků z let 1997 – 2002 byla nejvyšší naměřená hodnota u Pb 189,05 mg/kg suš. Dvě maximální zjištěné hodnoty pro Pb jsou mimo statistický soubor, jedná se o přímé znečištění z definovaného zdroje (vyloučíme-li tyto hodnoty ze souboru, je průměr Pb 32,56 mg/kg suš.). U ostatních prvků lze prohlásit, že data ze dvou porovnávaných období jsou podobná a minimálně řádově se shodují.

Tab. 2 Základní statistika toxických kovů v sedimentech z let 2011 - 2017

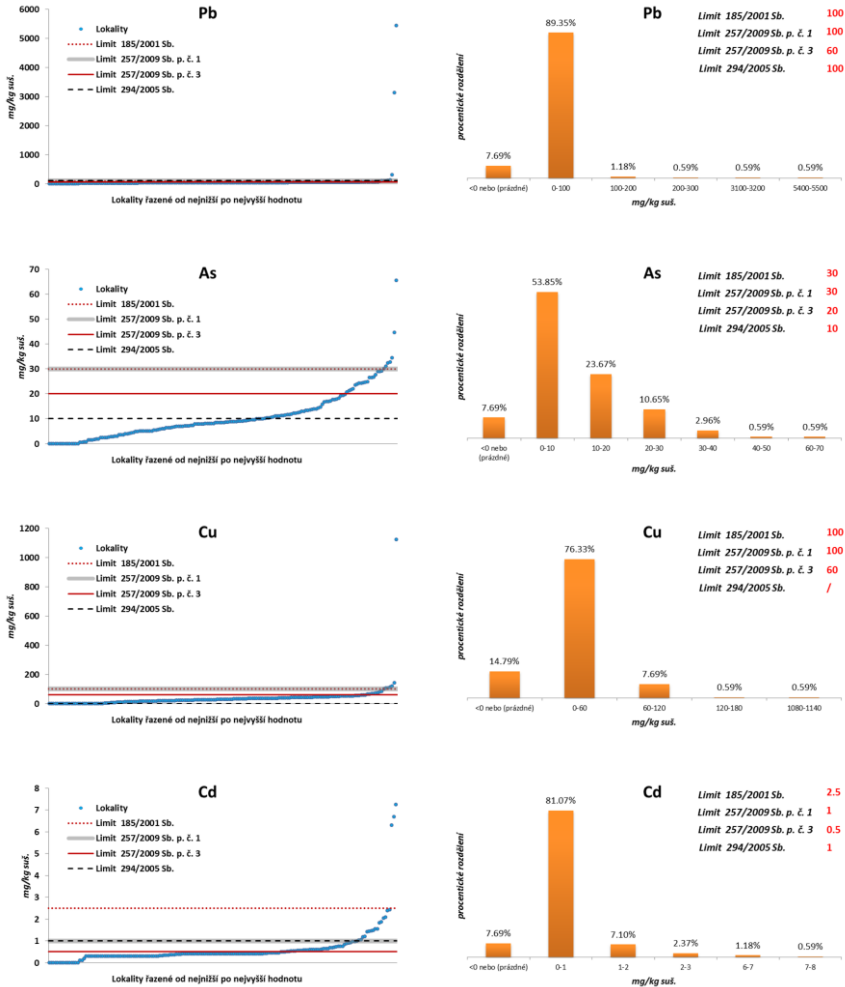
Data 2011 - 2017 (ENKl, o.p.s.)	Zn	Ni	Pb	As	Cu	Hg	Cd	V	Co	Ba	Be	Cr
Průměr _(mg/kg suš.)	169.03	32.64	86.95	11.58	42.70	0.29	0.68	45.68	13.63	150.73	1.65	48.40
min _(mg/kg suš.)	0.0514	0.0064	0.001	0.0027	0.01	0.001	5E-04	1.43	0.52	0.182	0.088	0.001
max _(mg/kg suš.)	2450	297	5430	65.4	1120	1.3	7.25	107	83.8	562	11.7	271
N	144	156	156	156	144	156	156	155	143	63	143	126

Tab. 3 Základní statistika toxických kovů v sedimentech z let 1997-2002

Data 1997 - 2002 (Gergel)	Zn	Ni	Pb	As	Cu	Hg	Cd	V	Co	Be	Cr	Mo
Průměr _(mg/kg suš.)	138.80	30.31	31.74	16.69	64.81	0.19	0.60	38.91	11.50	2.77	59.44	2.84
min _(mg/kg suš.)	0.00	1.25	0.11	0.04	2.58	0.03	0.01	0.26	0.00	0.01	0.00	0.30
max _(mg/kg suš.)	2133.11	222.75	189.05	381.14	845.00	1.92	11.60	202.80	91.20	11.12	895.50	9.46
N	410	404	410	280	408	107	408	230	272	229	410	83

V první skupině grafů níže (graf 1) je, jako příklad, vyobrazeno hodnocení čtyř, často problémových, prvků ze skupiny toxických kovů. První graf konkrétního prvku zobrazuje lokality seřazené od nejnižší po nejvyšší hodnotu s vyznačenými limity uvedenými v zákonech a vyhláškách. Druhý graf ukazuje, kolik procent ze sledovaných lokalit je v určitém intervalu hodnot (opět vztaženo k legislativě). Z grafů je patrné, že pouze několik málo procent ovzorkovaných

nádrží nesplňuje žádný předepsaný limit. Na druhou stranu nejhorší výsledky překračují více jak desetinásobně stanovené limity, to je patrné zejména u Pb, Cu a Cd. Takto byly hodnoceny všechny toxické kovy uvedené v tab. 2. U ostatních toxických kovů překračovaly nejvyšší zjištěné hodnoty, maximálně dvojnásobně až trojnásobně stanovený limit.

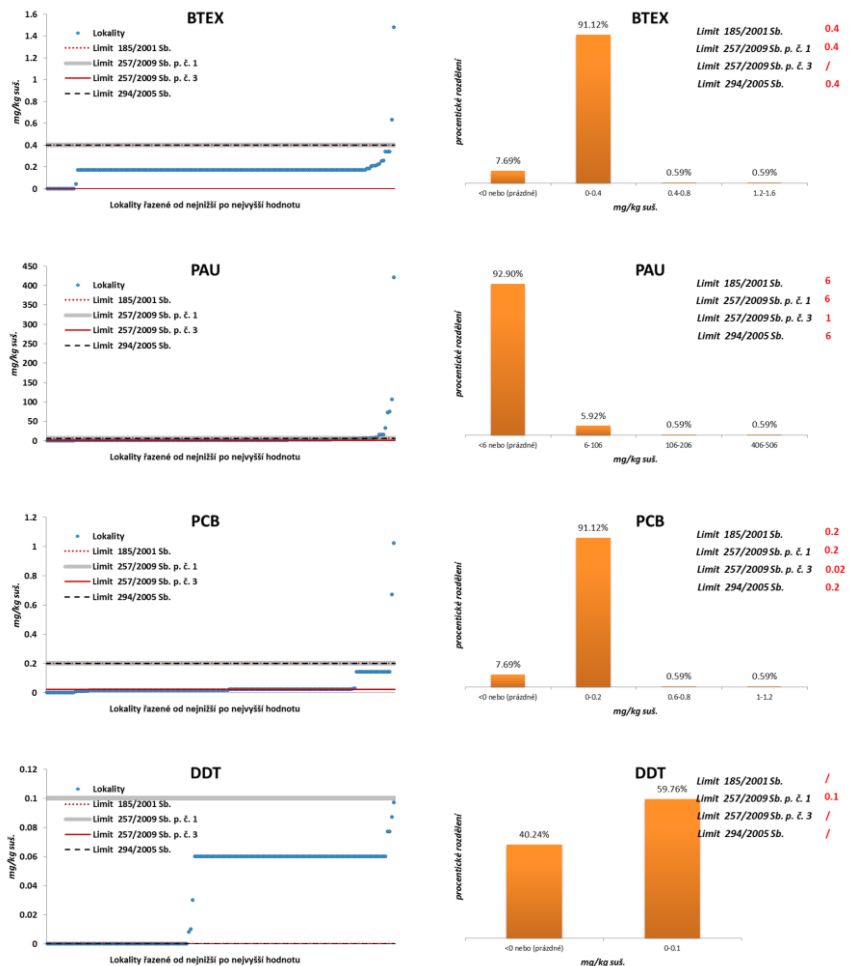


Graf 1 Skupina toxických kovů

4.2 Organické polutanty

Totožně byly hodnoceny látky ze skupiny polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU), BTEX, PCB a DDT. Výsledky jsou znázorněny ve druhé skupině grafů (označeno hromadně jako graf 2). Základní statistická data všech sledovaných uhlovodíků dokresluje tabulka č. 4.

Ze všech sledovaných lokalit překračovalo limitní hodnoty pouze několik málo procent vzorků. Konkrétně u BTEX cca 1,2%, PAU cca 7,2% a u PCB cca 1,2%. Množství DDT bylo vždy v podlimitních koncentracích.



Graf 2 Organické polutanty

Tab. 4 Statistický přehled sledovaných uhlovodíků z let 2011 - 2017

Data 2011 - 2017 (ENKI, o.p.s.)	AOX	Uhl C10-C40	trichlorethylen	tetrachlorethylen	BTEX PAU	PCB	DDT
Průměr (mg/kg suš.)	29.63	120.32	0.01	0.02	0.19 6.02	0.04	0.06
min (mg/kg suš.)	1	2	0.01	0.02	0.04 0.12	0.01	0.01
max (mg/kg suš.)	162	1390	0.01	0.033	1.48 421	1.02	0.1
N	67	156	49	49	156 156	156	101

4.3 Obsah živin

Obsah živin byl, z dosavadních lokalit, stanovován pouze v 18 případech. Legislativa jej pouze doporučuje, referát ŽP striktně nevyžaduje. Zmiňujeme zde tak pouze potenciál recyklace živin na zemědělskou půdu na příkladu rybníka Horusický, který byl předmětem výzkumného projektu TAČR [5]. Strukturou sedimentu se nejedná o standardní rybník, přibližně polovina dna je rašelinného charakteru. Množství látek je uvedeno v převzaté tabulce z výše uvedené odborné zprávy. Pro výpočet byly použity průměrné hodnoty z pěti směsných vzorků sedimentu, které byly odebrány na reprezentativní ploše rybníka v rámci zaměřování mocnosti usazenin v září 2016. Průměrná hodnota sušiny byla 24 % a průměrný obsah látek v sušině byl následující (g/kg sušiny): P – 1,50; N – 12,04; Ca – 8,2; Mg – 2,9; K – 4,1 a TOC – 205.

Tab. 5. Horusický rybník - množství látek významných pro produkci zemědělských plodin v sedimentu

Sediment	Objem	Sušina	TP	TN	Ca	Mg	K	TOC
vrstva	m^3	t						
0,1 m	377402	90841	136,4	1094	745	265	374	18622
0,2 m	754804	181681	272,7	2188	1490	529	747	37245
Celý objem	3751924	903088	1356	10876	7405	2632	3716	185133

4.4 Hodnocení

- Nejen rybníční sedimenty začínají být v poslední době čím dál více skloňovány. Důvod je prozaický – potřeba se sedimentem „něco udělat“. Jak uvádí Gergel [1], v rybníčních nádržích se nachází téměř 200 milionů m^3 usazenin. Ze zkušenosti z vlastního vzorkování se lze s tímto údajem ztotožnit. Průměrná mocnost rybníčních sedimentů je kolem 40 cm. Vztažením na celkovou plochu rybníků cca 52 tis. ha, docházíme k obdobnému číslu. Toto množství výrazně snižuje retenční kapacitu rybníků a je zdrojem živin a organické hmoty. V současné

zemědělské krajině dochází k silnému odnosu látek. Dle statistické ročenky VÚMOP [6] je u 24% ploch dlouhodobá průměrná ztráta půdy vodní erozí nad 10t z 1ha za rok a pouze u 26% ploch je ztráta menší než 1t/ha/rok. Rybníky se tak stávají významným článkem v krajině, který cenný materiál zadrží. Nezadrží však zdaleka vše. Pokorný [7] uvádí, že Labem odtéká z Čech na milion tun Ca, K a Mg ročně v rozpuštěné formě. Hydrologická ročenka z roku 2015 uvádí roční odtok plavenin z povodí horní a střední Labe přibližně 80 000 tun [8].

- b) Výsledky napovídají, že naprostá většina sedimentů splňuje legislativní limity pro další možné využití. V návaznosti na předchozí bod by tak monitoring, odtěžení a následné uložení sedimentů na zemědělskou půdu mělo být jedním ze stěžejních koncepčních politik pro hospodaření s půdou a vodou v krajině a mělo by být běžnou praxí. Bohužel se tak neděje. Důvodu může být několik. Hlavní uvádíme níže:
- I. Neznáme hnojivé vlastnosti vytěženého materiálu
 - II. I když sediment vyhoví legislativním limitním hodnotám výše uvedené vyhlášky (pro používání sedimentu na ZPF), zemědělci o materiál nemají zájem.
 - III. Cenově nákladné analýzy, doprava, apod.
 - IV. Složitá administrativa a zákony - zemědělství podnikatelé jsou povinni řádně vést evidenci o použití upravených kalů a sedimentů na zemědělské půdě, záznamy 7 let archivovat, záznam musí být v evidenci 1 měsíc od ukončení jeho použití (LPIS).

Literatura

- [1] Gergel J., Kolář L., Šedivý V., Hůda J. Rybníční sedimenty, geneze, posuzování, odstraňování a další nakládání s nimi. VaV/6304/02, MSM:J06/98:1222200002, 2002.
- [2] Legislativa - Ministerstvo vnitra České republiky. [Online]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/web-legislativa.aspx>. [Viděno: 17-kvě-2017].
- [3] ČSN 46 5735 - Průmyslové komposty". Federální úřad pro normalizaci a měření, 06-led-1991.
- [4] Klement V. Pracovní postupy pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2011 až 2016. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně, 02-bře-2011.
- [5] Kröpfelova L. a kol., Technologický postup recyklace živin z rybníčních sedimentů s využitím sacího bagru, integrované stanice pro dávkování flokulantu a geotextilních vaků pro lokální aplikaci v mikropovodí. ENKI, o.p.s., Odborná zpráva TAČR TA04020123, 2016.

- [6] Statistická ročenka Půdní služby. [Online]. Dostupné z: <http://statistiky.vumop.cz/?core=account>. [Viděno: 19-kvě-2017].
- [7] Pokorný J., Čeřovská K., Macák M., a Pecharová E. „Matter losses from large catchment expressed as acidification - how much does acid rain cause", in *Wetlands: nutrients, metals and mass cycling*, Vymazal J. (ed.) Leiden: Backhuys Publishers, 2003, s. 293–306.
- [8] Kompletní Hydrologická ročenka České republiky 2015. [Online]. Dostupné z: <http://voda.chmi.cz/hr15/uvod.html>. [Viděno: 19-kvě-2017].

Poděkování

Rádi bychom poděkovali doc. Gergelovi za poskytnutá data, cenné rady a zkušenosti při pronikání do složité problematiky týkající se nakládání s rybníčními a říčními sedimenty. Výsledky uvedené v tomto příspěvku byly spolufinancovány projektem TAČR (TE02000077): Smart Regions-Buildings and Settlements Information Modelling, Technology and Infrastructure for Sustainable Development.

Ostatní příspěvky

SPODNÍ VÝPUSTI MALÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍ, OPRAVY A NÁHRADY HISTORICKÝCH VÝPUSTÍ

BOTTOM OUTLETS OF SMALL DAMS, HISTORICAL TYPES OF OUTLETS AND PIPES, THEIR REPAIRS AND CHANGES

Jiří POLÁČEK^{1,✉}, Stanislav ŽATECKÝ^{2,✉}

¹VODNÍ DÍLA-TBD a.s., Praha, Hybernská 40, 110 00 Praha 1

✉ Polacek@vdtbd.cz

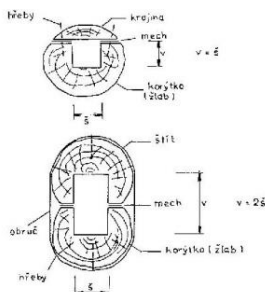
²VODNÍ DÍLA-TBD a.s., pracoviště Brno, Studená 2, 638 00 Brno

✉ zatecky@vdtbd.cz

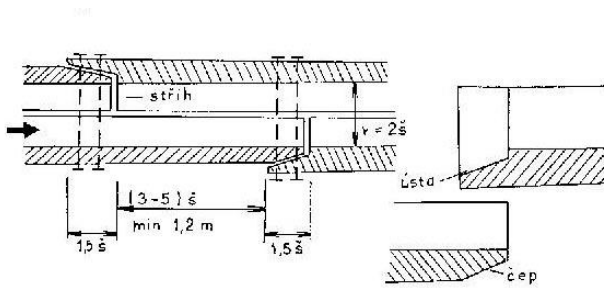
1 SPODNÍ VÝPUSTI RYBNÍKŮ

1.1 Potrubí historických vodních děl

S rozvojem výstavby rybníků a jejich intenzivního využívání bylo nutné vyřešit i způsob jak rybník vypustit. Byla pro tento účel užívána dřevěná potrubí. Pro jejich výrobu bylo používáno jedlové, někdy dubové dřevo. Byly užívány části kmenů o průměru kolem jednoho metru. Potrubí byla skládána z jednotlivých částí o délce 3 – 5 m. Z kmene byla odříznuta svrchní část (krajina) a spodní část byla vydlabána. Vzniklé korýtko (žlab) bylo překryto krajinou s přesahem na další část potrubí. V případě potřeby většího průtočného profilu se použilo dvou spojených korýtek, byl tak vytvořen obdélníkový profil potrubí.



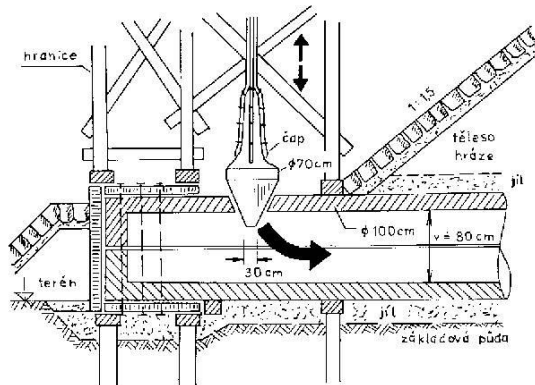
Obr. 1 Průřez dřevěného potrubí



Obr. 2 Spojování dřevěného potrubí

1.2 Uzávěry historických vodních děl

Uzávěry spodních výpustí sloužily k vypouštění rybníků. Vzhledem k jejich konstrukci není možné při napouštění rybníka zajišťovat minimální zůstatkový průtok. Pro malé rybníky byl o využíváno tzv. „čapu“, klínovitě seříznutého trámu, který zapadal do výřezu v horní pásnici potrubí. Jiným typem byl dřevěný ponořený požerák, nebo kombinace tělo dvou typů výpustí. K modernějším typům patřila šikmá lopata s ovládním táhlem na návodním svahu hráze. Ta mohla uzavírat buď přímo vtok do potrubí, nebo šachtičku vybudovanou na vtoku do potrubí.



Obr. 1 Čep na potrubí, dřevěná hranice-ochrana proti ledu



Obr. 2 Čap na ponořeném požeráku



Obr. 3 Ponořený požerák



Obr. 4 Trubní jáma na výtoku

Výusti dřevěných potrubí musí být vždy trvale zatopena tak, aby byl minimalizován kontakt se vzduchem. To zajišťovaly podtrubní (trubní) jámy pod vyústěním. Jedná se o zahraditelnou část toku pod výustí zajišťující trvalé ponoření potrubí na výtok.

2 PORUCHY SPODNÍCH VÝPUSTÍ A JEJICH SANACE

Dřevěná potrubí a jejich uzávěry jsou opravovány, případně vyměňovány z několika příčin.

- 1) Zlepšení možnosti manipulace – nahrazení uzávěru a části potrubí za betonový požerák s lepší možností manipulace
 - 2) Částečná výměna porušené části potrubí – většinou ze vzdušní strany po rozpadu potrubí při nefunkčnosti trubní jámy
 - 3) Kompletní výměna jak potrubí, tak výpustného objektu

2.1 Částečná výměna potrubí a výpusti

Při tomto řešení se odstraňuje část potrubí z návodní strany hráze a uzávěr, který je nahrazen většinou betonovým požerákem. Největším problémem je napojení starého dřevěného potrubí a nového potrubí, které v bývá buď z betonových, ocelových, nebo plastových trub. Při provádění obetonování kontaktu obou typů potrubí je nutné pečlivě utěsnit propojení obetonávky a dřevěného potrubí. Jednou z možných variant je po očištění dřevěného použít bobtnavý pásek, případně vložit injekční hadičku kolem potrubí a po zatvrdnutí betonu kontakt proinjektovat. Je možné provést i doplňkovou chemickou injektáž kontaktu. Při tomto typu částečné výměny potrubí je nutné zachovat funkční trubní jámu na výtok z dřevěného potrubí.



Obr. 5 Porucha na špatně provedeném napojení potrubí

2.2 Částečná výměna porubí ze vzdušní strany

Tato oprava je prováděna při nutnosti dílčí opravy vyhnílé části potrubí na vzdušní straně hráze. K této poruše dochází při snížení hladiny v trubní jámě a rozpadu části potrubí. Při výměně je nutné provést důkladné utěsnění na kontaktu nového a starého potrubí a obnovit trubní jámu tak, aby i nové potrubí bylo pod vodou a byl tak zaručeně znemožněn přístup vzduchu ke zbývající části potrubí.

2.3 Úplná výměna potrubí i uzávěru spodní výpusti

Při kompletní výměně potrubí spodní výpusti se již navrhuje jak výpustný objekt, tak i potrubí podle dnes platných norem. Výměna je obvykle prováděna při úplném prokopání hráze. Staré potrubí je odstraněno, a na upravenou základovou spáru je po vybetonování podkladních betonů a desky uloženo potrubí a založen výpustný objekt. Všechny betony, včetně podkladních musí splňovat parametry vodostavebních betonů, obvykle beton C30/37-XC4-XF3-XA1. Potrubí musí být řádně obetonováno a povrch musí být rovný, bez přetoků, před zásypem se povrch natře jílovým pačkem. Povrch betonu nesmí být opravován maltami. V případě, že je požerák předsazený před hráz, doporučuje se v ose hráze rozšířit obetonování potrubí zavazovacím žebrem, žebro se neumisťuje pod potrubí, nebezpečí vzniku zlomu.

2.4 Výměna potrubí pomocí protlaku

V případě, že není možné provést překop hráze, tj. u vysokých hrází, kde je navíc po tělese hráze vedena komunikace a není možné ji na delší dobu uzavřít, je jednou z legislativně přípustných možností provedení protlaku. Tento způsob opravy však je velmi náročný na provedení řádného dotěsnění a znemožnění vývoje průsakových cest v budoucnu, a proto se k němu přistupuje jen výjimečně a z hlediska TBD se obecně nedoporučuje. Pokud je o něm odůvodněně rozhodnuto jako o jediném ekonomicky i technicky jediném reálném řešení, je nutné dodržet dále popsané zásady. Protlak se provede ze vzdušní strany, kde bude vytvořena startovací jáma. Na návodní straně se provede výkop ve svahu co nejbližší k hraně koruny hráze a po protlačení potrubí se provede ve výkopu betonová podkladní deska pro položení zbývající části potrubí, která zasahuje částečně i pod protlačené potrubí. Po uložení zbývající části potrubí se provede obetonávka položeného potrubí se stěnami asi 10 : 1. Na styku protlačované a pokládané části se vybetonuje protiprůsakové zavazovací křídlo. Nejvhodnějším materiálem pro protlačované potrubí je vzhledem k větším profilům ocel. Protlačovaná část s volně pokládaným dílem se buď svaří, nebo je možné

protlačit celou délkou potrubí. Neprotlačovaný úsek potrubí v návodní části hráze se obyspe zhutněným jílovitohlinitým materiálem, aby byla zajištěna dostatečná nepropustnost nové části hrázové konstrukce. Plastové potrubí či betonové přírubové trouby jsou pro tento účel opravy zcela nevhodné. Obetonovaná část se zavazovacím žebrem musí být provedena minimálně pod celým návodním svahem až k hraně koruny hráze, a to tak, aby nová obetonovaná část potrubí tvořila alespoň 30 % z celkové délky spodní výpusti. V případě, že tuto podmínku není možné s ohledem na profil hráze splnit, je třeba předsunout potrubí s uzavěrovým objektem (obvykle požerákem) směrem do nádrže a k tomuto předsunutí plynule navázat i dosypání tělesa hráze. Současně musí být také provedeno spolehlivé uzavření starého potrubí, nejlépe popílkocementovou suspenzí a jílovitou zátkou kolem vtoku do potrubí v návodním svahu.

Literatura

- [1] Doc. Ing. František Malý. *Z historie výstavby rybníků v Čechách, zejména na Třeboňsku*. Místo vydání: Katedra hydrotechniky ČVUT, Praha, 1984 – obrázky č. 1 - 3
- [2] Archivní materiály - archiv VODNÍ DÍLA- TBD a.s.

TECHNICKOBEZPEČNOSTNÍ DOHLED NA VODNÍCH DÍLECH – LEGISLATIVA A PROVÁDĚNÍ

SAFETY SUPERVISION ON THE WATER STRUCTURES – LEGISLATION AND IMPLEMENTATION

Stanislav ŽATECKÝ ✉

VODNÍ DÍLA-TBD a.s., pracoviště Brno, Studená 2, 638 00 Brno
✉zatecky@vdtbd.cz

Abstrakt

Základní informace o zákonných předpisech, kategorizace vodních děl, postup při hodnocení potenciálu škod, povinnosti vyplývající ze zařazení vodního díla do kategorie (vymezená vodní díla podléhající dohledu - §3, vyhl. 471/2001Sb.).

1 TECHNICKOBEZPEČNOSTNÍ DOHLED NA VODNÍCH DÍLECH

1.1 Určení vodních děl podléhajících dohledu

Každé vodní dílo, které vzdouvá vodu, je pro potřeby technicko-bezpečnostního dohledu (dále **TBD**) zařazeno do kategorie. Ta se stanovuje na základě potenciálu škod (dříve faktoru rizika), který je vypočten na základě rozsahu následků potenciální poruchy vodního díla. Tento systém byl v našich podmínkách poprvé použit od roku 1975, kdy byla vydána vyhláška 62/75 Sb. o technicko-bezpečnostním dohledu na vodních dílech. Obdobným způsobem v současné době řeší problematiku bezpečnosti vodních děl i jiné státy. Dle informací ICOLD z rešerše prováděné v letech 2008 – 2014 byly získány informace ze 44 zemí s těmito závěry:

- Ve 13 zemích se vodní díla kategorizují podle geometrického tvaru (výška hráze, objem vody v nádrži) – Rakousko, Francie, Indie, Německo, Řecko, Irán, Itálie, Japonsko, Peru, Nigérie, Slovinsko, Jižní Korea a Srí Lanka.
- Rovněž ve 13 zemích se přehrady kategorizují podle rozsahu následků potenciální poruchy či havárie hráze čili podle faktoru rizika – Austrálie, Kanada, ČR, Finsko, Velká Británie, Skotsko, Island, Indonésie, Nový Zéland, Norsko, Slovensko, Švédsko a Ukrajina.

- Konečně ve 13 zemích se při kategorizaci používají obě kritéria – parametry i faktor rizika: Brazílie, Bulharsko, Mexiko, Polsko, Rusko, Portugalsko, Rumunsko, Srbsko, Jižní Afrika, Španělsko, Švýcarsko, Turecko a Vietnam.
- Obvykle obě kritéria se používají i v USA, kde se ale přístupy ke kategorizaci odlišují v jednotlivých státech.
- V Argentině, Chile a v Nizozemí není kategorizace VD zavedena vůbec.

1.2 Současné předpisy související s prováděním technicko-bezpečnostního dohledu

Zákon 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění v §61 a 62 definuje základní povinnosti vlastníka (správce) vodního díla na úseku TBD. Prováděcí vyhláškou je vyhláška č. 471/2001 Sb. o technicko-bezpečnostním dohledu nad vodními díly, v platném znění. V této vyhlášce jsou v §3 vymezena vodní díla podléhající dohledu:

a) přehrady, hráze a jezy, s výjimkou příčných staveb v korytech vodních toků a přilehlých územích, jejichž výška od paty hráze po korunu je nižší než 1 metr a celkový objem vzduté vody nepřesahuje 1 000 m³, nebo pevných a nepohyblivých příčných vzdouvacích staveb, v korytech vodních toků, jejichž pevná přelivná hrana je převyšena nade dnem v podjezí méně než 1,5 m,

b) stavby na ochranu před povodněmi,

c) stavby odkališť,

d) hydrotechnické štoly a tunely,

e) stavby, které se k plavebním účelům zřizují v korytech vodních toků nebo na jejich březích,

f) stavby k využití energetického potenciálu povrchových vod, pokud vzdouvají nebo zadržují vodu, s výjimkou příčných staveb uvedených v písmenu a),

g) jiné stavby sloužící ke vzdouvání nebo zadržování vody, s výjimkou nádrží zcela zahloubených v zemi bez vzdouvacího prvku, tůní, lagun, slepých ramen, vodovodních řadů a vodojemů, kanalizačních sítí a rekreačních bazénů

Na základě zařazení vodního díla do kategorie má vlastník (správce) povinnost provádět TBD na vodních dílech v rozsahu stanoveném zákonem.

Vodní díla jsou pro potřeby TBD rozdělena do čtyř kategorií. Zařazení je provedeno rozhodnutím vodoprávního úřadu na základě posudku.

2 KATEGORIZACE VODNÍHO DÍLA

Podrobný postup při stanovení potenciálu škod je uveden v metodickém pokynu MZe – MP 1/2010 k technicko-bezpečnostnímu dohledu nad vodními díly, vydaným pod č.j.37380/2010-15000

2.1 Základní principy

Nebezpečí pro třetí strany na dolním toku pod dílem vyplývají:

- a) Z existence vodního díla – potencionální nebezpečí*
- b) Z technického stavu díla a pravděpodobnosti jeho protržení (při kategorizaci se neřeší)*

Kategorizace vodních děl v ČR je založena výhradně na kvantifikaci potencionálního nebezpečí vyplývající s existence díla. Kvantifikace je stanovena t.zv. potenciálem škod „P“

- a) Potenciál škod je suma ztrát a škod přímých i následných včetně ohrožení lidských životů na díle samém a v území pod ním.*
- b) Je určen na základě účinků průchodu průlomové vlny při protržení hráze za plného vzduť vody v nádrži.*
- c) Hodnocení škod je prováděno až do míst, kde průlomový průtok klesne na úroveň Q100.*

2.2 Postup při provádění kategorizace

Je vypočtena velikost průlomové vlny za předpokladů, že dojde k naplnění vodního díla, jeho přelití a protržení. Tato vlna postupuje územím pod vodním dílem. Je proveden odhad způsobených škod a jsou stanoveny jednotlivé potenciály škod.

Potenciál škod, vyplývající z existence určeného vodního díla, je dán součtem škod, k nimž by došlo, kdyby se konstrukce zadržující vodu protrhla při plném vzduť vody v nádrži.

Pro účely kategorizace určených vodních děl se do potenciálu škod P zahrnuje:

- | | |
|--|--|
| - Ohrožení lidských životů průlomovou vlnou | P_{OB} |
| - Přímé škody Pš | - na určeném vodním díle samém Pš_V |
| | - na toku pod určeným vodním dílem Pš_D |
| - Nepřímé škody v území pod určeným vodním dílem | P_{NŠ} |
| - Ztráty užítu vyřazením určeného vodního díla z provozu | P_Z |

Celkový Potenciál škod z existence určeného vodního díla je dán součtem jednotlivých složek:

$$P = P_{OB} + P_{šV} + P_{šD} + P_{NŠ} + P_Z$$

2.2.1 Ohrožení lidských životů

Vychází se z předpokladu, že k protržení hráze určeného vodního díla dojde neočekávaně, že vývoj průlomového otvoru do rozhodující velikosti bude velmi rychlý a že varování obyvatelstva bude mít charakter improvizace. Podle zkušeností z protržení přehrad v minulosti u nás i v zahraničí se uvažuje ohrožení obyvatelstva na dolním toku odstupňovaně pro tři zóny doběhu průlomové vlny takto:

Zóna	Doběh průlomové vlny	Vzdálenost od přehrady (odpovídá prům. rychlosti vody $v = 5,6 \text{ m.s}^{-1}$)	Míra ohrožení obyvatelstva
1	0 ÷ 15 min.	do 5 km	100%
2	15 ÷ 60 min.	5 – 20 km	≤ 70%
3	1 hod.	> 20 km	≤ 30%

Podrobně v Metodickém pokynu

2.2.2 Přímé škody

Přímé škody jsou dány výší nákladů na opravu (rekonstrukci) určeného vodního díla. Bez ohledu na délku hráze se tato složka potenciálu škod vyjadřuje jen podle výšky hráze takto:

H (m)	P _{sv} (bodů)	H (m)	P _{sv} (bodů)
2	0,3	12	3,5
3	0,5	15	5,0
4	0,5	20	10
5	1,0	25	16
6	1,0	30	25
7	1,5	35	45
8	2,0	40	70
9	2,0	45	110
10	2,5	50	180

Přímé škody na toku pod určeným vodním dílem jsou způsobeny při průchodu průlomové vlny především jejím ničivým účinkem, ale i zaplavením „inundačních“ a „retenčních“ prostorů. Postižena jsou obytná stavení, budovy průmyslových a hospodářských podniků, různé provozovny, sklady materiálových zásob i hotových výrobků, dopravní

stavby a objekty na nich, vodní díla, zemědělské i rekreační objekty a zařízení. Bodové hodnocení škod je založeno na odhadu nákladů na obnovu budov a uvedení do původního stavu všeho zařízení a vybavení.

Druhy škod	→ při ničivém účinku průlomové vlny → $z_D > 1,5$ m	→ $z_D < 1,5$ m nebo ↑ při zatopení vodou v „inundaci“
Přízemní nebo jednopatrové obytné stavení (1 ÷ 2 rodiny) - dřevěné (rekreační) - zděné	0,1 0,25	0,05 0,1
Vícepodlažní obytná zděná budova (v přízemí 3 ÷ 4 byty)	0,3	0,2
Malé hospodářské a průmyslové podniky, provozovny, sklady (do 20 zaměstnanců)	1,5	0,5
Průmyslové a hospodářské podniky (do 100 pracovníků)	3 - 10	1 - 4
- Velké průmyslové podniky, továrny - Velké sklady materiálu, strojů - Velké podniky živočišné výroby, farmy	Individuální bodové hodnocení	
Stavby napříč údolím (vodní díla, silniční a železniční násypy)	$P_{SD} = \sum P_{Svi}$ podle tabulky P_{Sv} (se zohledněním parametrů materiálu konstrukce)	
Zničení mostní konstrukce do 10 m délky	0,5	
Zničení mostní konstrukce do 20 m délky	1	
Zničení mostní konstrukce dl. 20 ÷ 50 m	1 – 3	
Škody na úpravách toku, břeh. Porostech a na zemědělsky obdělávané půdě podél toku		
- potok / 1 km	0,5	0,25
- řeka / 1 km	1	0,5
Jiné přímé škody	Individuální bodové hodnocení	

2.2.3 Nepřímé škody

Jedná se o škody a ztráty vzniklé nikoliv přímo při průchodu průlomové vlny, ale až dodatečně v důsledku škod přímých.

Jsou to například:

- škody a ztráty vzniklé z přerušení výroby a z omezení hospodářské činnosti v území zasaženém průlomovou vlnou včetně nákladů na nouzové zásobování obyvatelstva
- škody a ztráty vzniklé znečištěním vod a zemědělské půdy

Nepřímé škody $P_{Nš}$ jsou při kategorizaci určených vodních děl předmětem individuálního hodnocení s převodem na bodový systém, odvozený z příslušné cenové úrovně. *Podrobně v Metodickém pokynu*

2.2.4 Ztráty z užítku z provozu určeného vodního díla

V některých případech může složka potenciálu škod P_z dosáhnout velmi vysokých hodnot. Bývá tomu při hodnocení ztrát způsobených přerušením exponované lodní dopravy, zásobování vodou nebo přerušením provozu odkaliště, neexistují-li rezervy v náhradních zdrojích nebo v prostorách. V takových případech je nutné posoudit i výši nákladů a reálně možný termín obnovy provozu. *Podrobně v Metodickém pokynu*

2.3 Návrh kategorie vodního díla

Určená vodní díla se zařazují do kategorie I. až IV. podle kritérií uvedených na příl. č. 1 vyhlášky o TBD a podle výše potenciálu škod P :

$P < 15$	IV. kategorie
$15 \leq P < 200$	III. kategorie
$200 \leq P < 1500$	II. kategorie
$P \geq 1500$	I. kategorie

Je-li součástí celého díla více samostatných objektů (např. boční hráze, přivaděče atp.), navrhuje se kategorie pro celé určené vodní dílo podle potenciálu škod nejvýznamnějšího objektu, většinou hlavní hráze.

Liniové stavby určené k ochraně před povodněmi se posuzují po úsecích, které mohou být zařazeny do různých kategorií

Při odhadu potenciálu škod se posuzuje současný stav zástavby a všech dalších rozhodných skutečností v území na dolním toku pod určeným vodním dílem.

3 KATEGORIE VODNÍHO DÍLA, JEJÍ PLATNOST

3.1 Nová vodní díla

Zařazení vodního díla do kategorie je prováděno u nových vodních děl v rámci zpracování dokumentace pro územní řízení. Lze ji provést v okamžiku, kdy jsou známy základní parametry vodního díla a jeho umístění. Základní údaje potřebné pro provedení kategorizace jsou uvedeny v následující tabulce:

1	Kraj:	
2	Okres/ORP:	
3	Obec (OÚ):	
4	Katastrální území:	
5	Název vodního díla:	
6	Druh: * P	
7	Typ: * Z	
8	Tok:	
9	Č. vodohosp.mapy:	
10	Hydrol. č .p.:	
11	Využití , účel:	<i>retence</i>
12	Doprava po koruně hráze:	<i>manipulační</i>
13	Investor:	
14	Majitel:	
15	V současné době je dílo v:	<i>příprava</i>
16	Projektant:	
PARAMETRY VODNÍHO DÍLA		
17	Výška hráze:	m
18	Délka hráze:	m
19	Šířka hráze v koruně:	m
20	Sklon svahů náv. - vzd.	<i>1 : 3, 1 : 2</i>
21	Převýšení nad max. hladinu:	m
22	Objem celkový:	m ³
23	Plocha celková:	m ²
24	Objem po korunu hráze:	m ³
25	Bezpečnostní zařízení:	
26	Q100/plocha povodí:	m ³ s ⁻¹ / km ²
27	Zdroj informací:	<i>projektant</i>

* Druh a typ vodního díla

Druh v. d.:		Typ hráze:	
P	Přehrada, rybník	Z	Zemní
O	Odkaliště	ZR	Kamenitá se zemním těsněním
J	Jez	AR	Kamenitá s vnitř. asf. bet. těsněním
H	Ochranná hráz	R	Kamenitá s návodním těs. pláštěm
Př	Přivaděč	Zd	Zděná
P*	Přehrada - suchá nádrž	BG	Betonová gravitační
PVE	Přečerpávací vodní elektrárna	BP	Betonová pilířová
MVE	Malá vodní elektrárna	BK	Betonová klenbová

Dále je nutné přiložit mapu s umístěním vodního díla nebo souřadnice. Pro potřeby výpočtu průlomové vlny je vhodné přiložit i vzorový příčný řez hráze a výkresy objektů

3.2 Existující vodní díla

U existujících vodních děl se provádí přešetření kategorie vodního díla vždy při jeho významnějších opravách, nebo změnách podléhajících režimu stavebního povolení. Je povinností vlastníka (správce) iniciovat přešetření kategorie vodního díla při změnách v území pod vodním dílem. Je v pravomoci vodoprávního úřadu, nařídít přešetření zařazení vodního díla do kategorie, pokud jsou mu známy okolnosti, které by mohly zapříčinit tuto změnu.

3.3 Soustavy vodních děl

Na vodním toku, může budováním malých vodních nádrží dojít k takovým změnám, které mohou mít významnější vliv na kategorii vodních děl. Při vzniku takových soustav je nebezpečí vzniku průlomové vlny při poruše výše ležícího vodního díla a následného zvětšení vlny při porušení níže ležících vodních děl. Toto má vliv na zařazení zvláště výše na toku ležících děl i historických do kategorie.

3.4 Zabezpečení vodních děl

Zařazení vodního díla do kategorie má vliv na potřebnou zabezpečení při průchodu kontrolní povodně (KPV). Požadavky jsou stanoveny ve vyhlášce 590/2002 Sb. v platném znění a posouzení se provádí podle ČSN 75 2935. V této normě je uvedena tabulka určující velikost potřebné KPV pro posouzení zabezpečení vodního díla při převádění povodní.

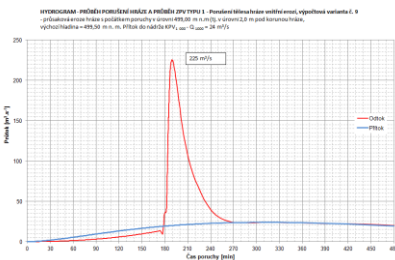
4 VODNÍ DÍLA III. AŽ I. KATEGORIE

Ze zařazení vodního díla do III. nebo vyšší kategorie používanou metodikou vyplývá povinnost vlastníka (správce) Provést stanovení velikosti zvláštní povodně (dále ZPV) a území zasaženého touto povodní (Zákon 254/2001 Sb. v platném znění, §69, §109, odst. y). Tyto informace předat s postupem vlny a zakreslením zátopového území do mapy orgánům krizového řízení. Z těchto důvodů se při zjištění, že vodní dílo splňuje podmínky pro zařazení do III. kategorie provede prověření výpočtu potenciálu škod na základě zpracované ZPV a území zasaženého průchodem této povodně. Pro stanovení záplavového území se určí maximální možná ZPV. Výpočet je proveden u sypaných hrází variantně buď pro porušení vnitřní erozí při různé úrovni prvotního porušení, nebo pro porušení při přelítí hráze, pokud by k tomu mohlo dojít při převádění KPV.

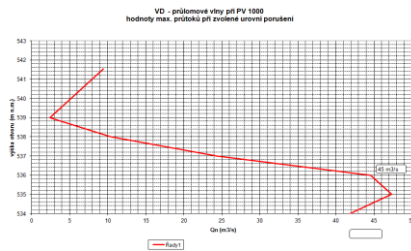
Kromě zprávy jsou dokládány tyto přílohy:

1. Situace VD Matějovský a Veselský rybník
2. Fotodokumentace
3. Hydrogram ZPV1
4. Území ohrožené zvláštní povodní
5. Grafy veličin záplavové vlny
6. Souhrnná tabulka veličin záplavové vlny

1 : 10 000



Obr. 1 Hydrogram max. ZPV



Obr. 2 ZPV při zvolené úrovni porušení

5 ZÁVĚR

Výše uvedené dokumenty jsou základní dokumentací potřebnou pro provádění technickobezpečnostního dohledu na vodních dílech. Ze zařazení

vodního díla do příslušné kategorie vyplývají pro vlastníka (správce) díla povinnosti, které začínají již při zpracování projektové dokumentace dalších stupňů, při výstavbě, ověřovacím provozu a trvalém provozu vodního díla. Jejich rozsah, četnost a určení subjektů odpovědných za provádění jsou stanoveny v Zákoně 254/2001 Sb. o vodách v platném znění a vyhlášce 471/2001 Sb. v platném znění. Pro provádění TBD na vodních dílech IV. kategorie vydalo MZe metodický pokyn – MP 1 z roku 2010.



Obr. 3 Detail mapy rozlivů ZPV

Literatura

- [1] Zákon 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění
- [2] Vyhláška 471/2001 Sb. o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly, v platném znění
- [3] vyhláška 590/2002 Sb. o technických požadavcích pro vodní díla, v platném znění
- [4] ČSN 75 2935 Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních.
- [5] MP 1/2010 k technicko-bezpečnostnímu dohledu nad vodními díly, vydaným pod č.j.37380/2010-15000

- [6] Metodický pokyn č.3/00 odboru ochrany vod MŽP pro stanovení účinků zvláštních povodní a jejich začlenění do povodňových plánů (Věstník MŽP č.7/2000)
- [7] Archivní materiály - archiv VODNÍ DÍLA- TBD a.s.

SPODNÍ VÝPUSTI MALÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍ A SUCHÝCH NÁDRŽÍ

BOTTOM OUTLETS OF SMALL WATER RESERVOIRS AND DRY RESERVOIRS

Karel Vrána^{1, ✉}, Václav David¹

¹*Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, Fakulta stavební ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice
✉vrana@fsv.cvut.cz*

Abstrakt

Příspěvek uvádí zásady technického řešení výpustných objektů malých vodních nádrží a suchých nádrží. V druhé části se příspěvek zabývá hydraulickými výpočty jednotlivých částí výpustných zařízení, přehledně uvádí rovnice pro výpočet jednotlivých částí výpustných zařízení.

1 VÝPUSTNÁ ZAŘÍZENÍ

1.1 Malé vodní nádrže [6]

Výpustná zařízení malých vodních nádrží slouží jednak k udržení hladiny vody na potřebné výši, jednak k úplnému vypuštění nádrže. Každé výpustné zařízení se skládá z uzavíracího prvku a zařízení pro odvod vody do koryta pod hrází. Podle toho se dělí výpusti na otevřené a trubní.

Otevřené výpusti se používaly v dřívějších dobách, hradicím prvkem bylo stavidlo a odvod vody je otevřeným kanálem. Vzhledem k tomu, že otevřené výpusti hradí celou výšku vody v nádrži, lze použít tento typ výpusti pro maximální výšku 6,0 m. Otevřené výpusti jsou spíše historické objekty, nově se nenavrhují, avšak v některých případech se jedná o rekonstrukci těchto objektů. Hydraulický výpočet těchto objektů se provádí pro různé návrhové stavy - průtok vody pod stavidlem při částečném vyhrazení uzávěrů, zpravidla s vlivem dolní vody, průtok vody při zcela otevřeném stavidlovém uzávěru, přepad vody přes horní hranu stavidel při jejich úplném uzavření, případně kombinace těchto stavů. Vzhledem k řadě možností výpočtů a malé četnosti těchto konstrukcí nejsou zde uvedeny výpočtové metody a odkazujeme na literaturu (např. [4]).

Trubní výpusti mají různé typy uzávěrů, voda je od uzávěru odváděna pod hráz vždy potrubím. Dnes již historické typy uzávěrů jsou uzávěry lopatové a

čepové. Lopatový uzávěr je tvořen dřevěnou deskou, která je přitlačována v uzavřeném stavu na šikmo seříznuté čelo zpravidla dřevěného potrubí. Manipulace se provádí pomocí dřevěného táhla nebo ocelovou šroubovou tyčí. Lopata se pohybuje po návodním svahu v drážkách.

Druhým historickým uzávěrem je čepový uzávěr (tzv. čap), tvořený dřevěnou zátkou, která je v uzavřeném stavu zaražena do otvoru v horní straně potrubí. Čepové uzávěry jsou typické ve spojení s dřevěným odpadním potrubím, kde bylo jednak snadné vytvořit otvor pro čep, jednak dřevěný čep v dřevěném potrubí dobře těsnil. V horní části čepu je připevněno oko, jímž je možno čepový uzávěr vytrhnout. Nevýhodou čepového uzávěru je, že není možno pouze měnit polohu hladiny, protože opětovné uzavření otvoru čepem je možné až po úplném vyprázdnění nádrže. Výhodou čepového uzávěru je, že je stále ponořen pod vodou a je prakticky vyloučeno svévolné vypuštění nádrže.

Čepový uzávěr z hlediska normy nespĺňuje požadavek beztlakového průtoku vody v odpadním potrubí a průtok vody potrubím je tedy nutno řešit jako tlakový průtok dle vztahů (rov. 12) a (rov. 13). U lopatového uzávěru s šroubovou tyčí je možno nastavením otevření lopaty zajistit i beztlakové proudění v potrubí, hydraulický výpočet je však složitější, průtok je dán průtočným profilem vtoku se zahrnutím místní ztráty. Dalším dříve používaným typem uzávěru trubních výpustí bylo šoupátko, a to buď přírubové (vodárenské) šoupátko, nebo ploché kanalizační šoupě. U obou těchto typů je opět možno vhodným nastavením otevření šoupátka zajistit beztlakový režim v odpadním potrubí.

Nejpoužívanějším typem trubních výpustí je požerák, zvaný též kbel nebo mnich. Vlastní konstrukci tvoří šachta z betonu (monolitický nebo prefabrikovaný), zděná z lomového kamene nebo dřevěná. Uzávěr požerákových výpustí tvoří tzv. dluže, osazované do drážek ve stěnách šachty. Úprava výšky hladiny v nádrži nebo vypuštění nádrže se provádí nastavením výšky dluží v požeráku. Požerák je shora uzavřen poklopem, který znemožňuje manipulaci s dlužemi neoprávněným osobám. Přístup na korunu požeráku je po lávce, jejíž konstrukci i barevnou úpravu je třeba volit tak, aby nepůsobila rušivě v krajinném prostředí. Pro volbu nosné konstrukce je třeba vycházet z délky lávky, lze volit nosnou konstrukci z ocelových profilů, případně tyto profily zakrýt dřevěnými fošnami, zábradlí postačuje jednostranné, nejlépe dřevěné. Z hlediska zapojení do krajiny je vhodné volit pro lávku i zábradlí zelenou nebo hnědou barvu, nevhodná je bazénová modř.

Požeráky je možno umístit buď do paty návodního svahu, nebo částečně zapustit do hráze. Výhoda prvního způsobu spočívá v tom, že objekt výpusti nenarušuje kompaktnost hráze, avšak vyžaduje vybudování dlouhé přístupové lávky. Při vyšších hrázích se vzhledem k délce lávky navrhuje podpěry lávky, avšak zakládání podpěr do násypu hráze je obtížné a není zajištěno, že nebude

docházet k sedání základů podpěr vlivem konsolidace hráze. V případě umístění požeráku do tělesa hráze se volí úprava vtoku do požeráku buď vtokovými křídly (beton, lomový kámen) nebo nátokovým potrubím. U nátokového potrubí je nebezpečí zanášení potrubí, umístění česlové stěny na vtoku do nátokového potrubí je podmínkou použití tohoto způsobu.

Odpadní potrubí se v dřívějších dobách používalo dřevěné, což bylo výhodné zejména pro napojení odpadního potrubí na šachtu požeráku, které bylo také ve většině případů ze dřeva. Spoj byl pružný a vzhledem k bobtnání dřeva pod vodou i dostatečně těsný. Problémem u dřevěných objektů byla místa střídání zatopení a vzduchu, kde dochází rychle k hnití dřeva. V současné době se používají betonové nebo plastové trouby. Plastové potrubí je velice vhodné jednak pro jeho malou hmotnost při manipulaci, jednak pro snadné spojování. Vzhledem k tomu, že odpadní potrubí od výpusti je po celé délce namáháno proměnným tlakem násypu hráze, je nutno zabezpečit potrubí před popraskáním a zejména spoje trub před posunem. Před položením odpadního potrubí se na dně rýhy vybuduje deska z podkladního betonu, která slouží jednak k vyrovnání nerovností základové spáry, jednak vytváří podklad pro uložení potrubí v požadovaném sklonu. Položené potrubí se pak chrání obetonováním, boční stěny jsou mírně skloněné, aby došlo k lepšímu napojení betonu a zeminy hráze.

Velice důležitým prvkem výpustního zařízení je spoj vlastní šachty výpusti s odpadním potrubím. Různé zatížení obou konstrukcí může způsobovat rozdílné sedání a tuhé spojení obou částí by způsobilo popraskání spoje a vznik nebezpečných průsaků podél odpadního potrubí. K zajištění těsnosti a současně pružnosti spoje jsou v současné době k dispozici různé typy tmelů, vhodné jsou např. tmely silikonové. Nevhodné je použití montážních pěn, které nezajistí trvalou těsnost a pružnost.

Před vtoky do výpustí se osazují česlové stěny, chránící výpust i odpadní potrubí před ucpáním plaveninami a znemožňující únik ryb při vypouštění nádrže. Pro osazení česlové stěny lze využít drážky, sloužící pro osazení dluží (např. při odběru vody ode dna nádrže u dvoudlužového požeráku je možno do dolní části první dlužové stěny osadit česlovou stěnu a výše pak dřevěné dluže). Rozteč česli i průměr česlových prutů je třeba volit jednak podle velikosti ryb, které chceme v nádrži zachytit, jednak tak, aby česlová stěna nevytvářela příliš velkou místní ztrátu. Způsob výpočtu ztráty vody česlovou stěnou je obsažen v hydraulické literatuře (např. [4]).

1.2 Suché nádrže [7]

Suchá nádrž je v norně TNV 75 2415 [7] definována jako vodní nádrž určená k ochraně před účinky povodní, v které je celkový objem nádrže téměř

shodný se součtem ovladatelného a neovladatelného ochranného prostoru. Suchá nádrž plní retenční funkci a snižuje povodňový průtok ve vodním toku, může mít v poměru k celkovému objemu zanedbatelné stálé nadržení, které tvoří krajino tvornou či ekologickou funkci.

Suché nádrže mohou být protékány vodním tokem (protékaná nádrž) nebo mohou být postaveny mimo vodní tok a voda je do nádrže přiváděna kanálem, odbočujícím z vodního toku (neprotékaná nádrž).

Ovladatelný ochranný prostor nádrže je tvořen objemem vody ode dna nádrže (případně od hladiny stálého nadržení) po korunu bezpečnostního přelivu, ochranný neovladatelný prostor nádrže se nachází nad korunou bezpečnostního přelivu po maximální hladinu vody v nádrži při průchodu návrhové povodně.

Hlavním účelem vodohospodářského řešení suché nádrže je stanovení velikosti ochranného prostoru, parametrů bezpečnostní a výpustných zařízení a tělesa hráze. Z vodohospodářského řešení musí být patrná transformace kulminačních průtoků retenčním prostorem nádrže a pro každý kulminační průtok určena hodnota neškodného odtoku vody z nádrže. Potřebná výše neškodného průtoku se stanoví posouzením kapacity koryta nebo objektů (mostků, propustků) v území chráněném suchou nádrží (zpravidla intravilán obce či města pod suchou nádrží). V některých případech není možno zajistit transformaci všech N-letých průtoků na neškodný odtok vody ze suché nádrže, v tomto případě je mono kombinovat ochranu intravilánu redukcí kulminačních průtoků na určitou hodnotu a zvýšením kapacitního průtoku problémových míst v intravilánu (zkapacitnění koryta nebo objektů).

Bezpečnostní přelivy suchých nádrží i kapacita odpadních koryt od bezpečnostních přelivů se dimenzují na kulminaci návrhové povodně (dle [8]) bez uvažování transformačního účinku suché nádrže.

Zásady hydraulických výpočtů suchých nádrží jsou obsaženy v druhé části příspěvku.

2 HYDRAULICKÉ VÝPOČTY VÝPUSTNÝCH ZAŘÍZENÍ [4]

2.1 Malé vodní nádrže

Návrh nové výpusti nebo posouzení stávající výpusti typu požeráku je třeba přizpůsobit zásadám ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže [6]. Splnění požadavků této normy v případě posouzení stávající požerákové výpusti je nutné v případě rekonstrukce objektu, v případě opravy není nutné požadavky této normy plně respektovat. Rekonstrukce objektu znamená změnu rozměrů objektu, v případě opravy se jedná o zachování základních rozměrů.

ČSN 75 2410 [6] požaduje v oddílu výpustná zařízení, aby minimální průměr odpadního potrubí byl DN 300 z důvodu možnosti vizuální kontroly stavu potrubí při vypuštěné nádrži průhledem profilu odpadního potrubí od místa vyústění potrubí pod hrází proti vodě. Dalším požadavkem normy je, aby průtok odpadním potrubím byl beztlakový pro možné režimy proudění a kromě toho norma vyžaduje, aby bylo odpadní potrubí v celé délce průchodu hrází obetonováno.

Uvedené požadavky normy je třeba respektovat při návrhu nových výpustných objektů či jejich rekonstrukci, u historických výpustných zařízení typu lopatového či čepového uzávěru při zachování tohoto typu nelze splnit ani požadavek minimálního profilu ani podmínky beztlakového průtoku vody.

Maximální průtoky výpustným zařízení nastávají v případě povodňových průtoků, avšak vzhledem k zanedbatelné kapacitě odtoku vody výpustí oproti průtoku bezpečnostním přelivem se nepředpokládá manipulace výpustí vyhrazováním dluží v průběhu povodně. U výpustných zařízení typu požeráku s dlužovými stěnami se jedná o neovládaný odtok vody, je však třeba, aby maximální možný průtok vody výpustí splnil požadavky normy a nedošlo k poškození nebo destrukci objektu.

Z hydraulického hlediska může dojít ke třem typům průtoku vody:

- přepad přes dlužovou stěnu s odtokem vody odpadním potrubím o volné hladině,
- nestabilní režim proudění,
- tlakový průtok vody požerákem.

Přepad přes dlužovou stěnu Q se řeší jako přepad přes ostrou hranu dle vztahu

$$Q = m \cdot b_0 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h^3} \quad (\text{rov. 1})$$

kde m je součinitel přepadu (-), b_0 je účinná délka přelivu se započtením vlivu kontrakce (m) a h je výška přepadového paprsku (m).

Součinitel přepadu m se pro ostrou hranu pohybuje v rozmezí $m = 0,41$ až $0,44$ podle výšky přepadového paprsku. Pro běžné výpočty je možno bez významné chyby volit hodnotu m jednotnou, tj. $m = 0,41$ až $0,42$. Pro zpřesnění výpočtů přelivného množství v závislosti na výšce přepadového paprsku h je možno použít hodnoty součinitele přepadu m , uvedené v následující tabulce.

Tab. 1 Hodnoty součinitele přepadu pro různé hodnoty výšky přepadového paprsku.

h (m)	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22
m (-)	0,459	0,450	0,439	0,432	0,428	0,424	0,422	0,420	0,419	0,417
h (m)	0,24	0,26	0,28	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70
m (-)	0,416	0,415	0,415	0,414	0,413	0,412	0,411	0,410	0,410	0,409

Účinná šířka přelivu b_0 se započtením vlivu kontrakce se určí dle vztahu

$$b_0 = b - 2 \cdot K_v \cdot h \quad (\text{rov. 2})$$

kde b je délka přelivné hrany bez vlivu kontrakce – konstrukční délka (m) a K_v je součinitel vtoku, který má tvar

$$K_v = \frac{b \cdot K_{v0}}{b + h} \quad (\text{rov. 3})$$

kde K_{v0} má pro ostrý roh hodnotu $K_{v0} = 0,10$, pro zaoblený roh $K_{v0} = 0,05$ a pro hydraulicky hladký roh je hodnota $K_{v0} = 0$.

Dále je třeba navrhnout nebo posoudit průměr odpadního potrubí pro provedení maximálního průtoku výpusti o volné hladině. Nejprve je třeba posoudit navržený nebo stávající sklon dna odpadního potrubí vzhledem k charakteru proudění - proudění podkritické (říční) nebo nadkritické (bystřinné). Orientačně je možno uvažovat jako hranici mezi oběma typy proudění hodnotu sklonu dna 1 %. Přesnou hranici mezi říčním a bystřinným prouděním je možno určit stanovením kritických hodnot proudění dle následujících vztahů

$$Q_{kr} = S_{kr} \cdot v_{kr} \quad (\text{rov. 4})$$

$$v_{kr} = \sqrt{g \cdot h_{krs}} \quad (\text{rov. 5})$$

$$h_{krs} = \frac{S_{kr}}{B_{kr}} \quad (\text{rov. 6})$$

$$i_{kr} = \frac{n^2 \cdot v_{kr}^2}{R_{kr}} \quad (\text{rov. 7})$$

kde Q_{kr} je kritický průtok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), v_{kr} je kritická rychlost ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), S_{kr} je průtočná plocha (m^2) při hloubce h_{kr} , O_{kr} je omočený obvod (m) při hloubce h_{kr} , R_{kr} je omočený obvod (m) při hloubce h_{kr} , B_{kr} je šířka v hladině (m) při hloubce h_{kr} , h_{krs} - střední hloubka (m), i_{kr} je kritický sklon dna (-) a n je Manningův součinitel drsnosti (-), pro beton $n = 0,025$, pro plast $n = 0,019$.

V případě, že skutečný sklon odpadního potrubí výpusti je menší než sklon kritický, jedná se o proudění podkritické (říční), v opačném případě o proudění nadkritické (bystřinné). V případě nadkritického proudění odpovídají hodnoty

průtoku a dalších hydraulických charakteristik hodnotám kritickým, v opačném případě je třeba určit hydraulické charakteristiky Chézyho rovnici.

Pro běžný kruhový profil odpadního potrubí od výpusti je možno použít následující tabulku, uvádějící hydraulické hodnoty v poměru hloubky plnění profilu a poloměru potrubí.

h/r	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
S/r^2	0,059	0,164	0,296	0,447	0,614	0,793	0,980	1,173	1,371	1,571
O/r	0,902	1,287	1,591	1,845	2,094	2,319	2,532	2,739	2,941	3,142
R/r	0,065	0,127	0,186	0,241	0,293	0,342	0,387	0,428	0,466	0,500
B/r	0,872	1,209	1,428	1,600	1,732	1,833	1,907	1,960	1,990	2,000
$Q/d^{2,5}$	0,009	0,034	0,074	0,132	0,202	0,290	0,389	0,504	0,629	0,771
$i \cdot d^{0,33} \cdot n^{-2}$	31,88	26,27	24,22	22,96	22,41	22,42	22,58	22,97	23,55	24,46

h/r	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00
S/r^2	1,770	1,968	2,162	2,349	2,527	2,694	2,846	2,978	3,083	3,142
O/r	3,342	3,544	3,751	3,964	4,189	4,429	4,692	4,996	5,174	6,282
R/r	0,530	0,555	0,576	0,592	0,603	0,608	0,606	0,596	0,573	0,500
B/r	1990	1,960	1,907	1,833	1,732	1,600	1,428	1,209	0,872	0,000
$Q/d^{2,5}$	0,926	1,090	1,277	1,470	1,692	1,934	3,226	2,589	3,208	∞
$i \cdot d^{0,33} \cdot n^{-2}$	25,66	27,25	29,30	31,85	35,50	40,38	48,04	60,75	91,57	∞

Vzhledem k místní ztrátě na vtoku do odpadního potrubí prochází vypočtený průtok pro zvolenou hloubku vody v potrubí při větší hloubce h_0 před vtokem do odpadního potrubí. Tato hloubka se určí dle vztahu

$$h_0 = \frac{1}{\varphi} \cdot \left(h + \frac{v^2}{2 \cdot g} \right) \quad (\text{rov. 8})$$

kde φ je součinitel tvaru vtoku, jehož hodnoty dle tvaru vtoku lze nalézt v hydraulické literatuře [1, 4]. Pro běžný ostrý tvar vtoku je hodnota součinitele vtoku $\varphi = 0,84$.

Maximální průtok výpusti může nastat ve dvou případech:

- průchod návrhové povodně (zpravidla kulminace stoleté povodně),
- vypouštění nádrže.

Při průchodu povodňové vlny přepadá automaticky voda přes korunu bezpečnostního přelivu, současně však také přepadá přes horní hranu dlužové stěny. Maximální průtok přes dlužovou stěnu nastává při výšce přepadového

paprsku rovné výšce retenčního prostoru (úroveň maximální hladiny vody v nádrži).

Druhý možný případ přepadu vody přes dlužovou stěnu nastává při vypouštění nádrže. Při prázdnění nádrže se předpokládá stav odstranění dvou dluží a po snížení hladiny se proces opakuje. Zrychlený proces vypouštění nádrže (s průběžným odstraňováním dluží) lze použít pouze v případě havárie, nebo snížení hladiny v případě hlášení příchodu povodně. Při pomalém vypouštění je maximální přepadový paprsek rovný výšce dvou dluží.

V obou případech se počítá přepadové množství dle (rov. 1), případně (rov. 2) a (rov. 3). Maximální průtok se porovná s kapacitním plněním navržené odpadního potrubí od výpusti, případně se zvolí nejbližší vyšší průměr. Kapacitní průtok potrubím Q daného průměru se vypočte v případě podkritického sklonu dna potrubí pomocí Chézyho rovnice ve tvaru

$$Q = S \cdot v = S \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (\text{rov. 9})$$

kde S je průtočný profil potrubí (m^2), $S = \pi \cdot D^2/4$, O je omočený obvod (m), $O = \pi \cdot D$, D je vnitřní průměr potrubí (m), R - hydraulický poloměr (m), $R = S/O$, n - Manningův součinitel drsnosti (-), pro beton $n = 0,025$, pro plast $n = 0,019$ a i je podélný sklon dna potrubí (-).

V případě nadkritického sklonu dna potrubí je nutno použít pro výpočet kapacitního průtoku potrubím (rov. 4) až (rov. 7), případně tabulku poměrných hodnot.

Při vzestupu hladiny vody v nádrži může u historických požerákových výpustí nebo v případě nesprávně navržených rozměrů šachty požeráku ke strhávání vzduchu do šachty požeráku a tím k pulzacím a rázům, které mohou poškodit těleso požeráku nebo odpadního potrubí. Vznik tohoto jevu je způsoben malou vzdáleností mezi hranou zadní dlužové stěny a lícem zadní stěny šachty požeráku. To způsobí, že přepadající voda občas zahltní tento prostor šachty a uzavře stržený vzduch, který pak je odnášen vodou odpadním potrubím do koryta pod hrází. Tento opakující se proces je provázen vířením vody a hlučnými rázy.

Počátek možnosti vzniku tohoto jevu je dán průtokem

$$Q_j = 4,3 \cdot b \cdot d_s^{3/2} \quad (\text{rov. 10})$$

kde d_s je šířka šachty ve směru osy odpadního potrubí (m) nebo přepadovou výškou

$$h_j = 1,8 \cdot d_s \quad (\text{rov.11})$$

Při dalším zvyšování hladiny vody v nádrži dochází k tlakovému proudění vody. K tlakovému režimu proudění vody v odpadním potrubí od výpusti dochází i u historických výpustí s lopatovým, čepovým nebo šoupátkovým uzávěrem, kde nátokový otvor do odpadního potrubí je u dna nádrže.

Tlakové proudění odpadním potrubím výpusti je dáno vztahem

$$Q = \frac{S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}}{\left(1 + \sum \zeta_i\right)} \quad (\text{rov.12})$$

kde H je rozdíl hladiny vody v nádrži a v korytě pod vyústěním výpusti (pokud je výtok z odpadního potrubí zatopen) nebo od osy výpustního potrubí pod hrází (m) a $\sum \zeta_i$ - součet součinitelů místních ztrát a součinitele ztráty třením (-).

Místní ztráty jsou způsobeny vtokem do potrubí a výtokem z potrubí, místní ztráta změnou směru nebo profilu nepřichází v úvahu. Hodnoty součinitele místní ztráty lze získat z hydraulické literatury [1, 2], s dostatečnou přesností lze uvažovat ztrátu vtokem hodnotou 0,5, ztrátu výtokem z odpadního potrubí lze zanedbat (zejména při výtoku vody do volna - nezatopený výtok).

Součinitel ztráty třením se pro kruhový profil odpadního potrubí určí dle vztahu

$$\zeta_t = \frac{125 \cdot n^2 \cdot L}{D^{4/3}} \quad (\text{rov. 13})$$

kde L je délka, na níž se určuje ztráta třením (m), D je vnitřní průměr potrubí (m) a n je Manningův součinitel drsnosti.

Dále je nutné posoudit odpadní koryto pod hrází a zjistit, zda nedochází při maximálním průtoku odpadem od výpusti k zatopení výtokového čela potrubí. Výpočet kapacity odpadního koryta pod hrází se posuzuje základní hydraulickou rovnicí (Chézyho rovnice), je však opět třeba nejprve posoudit typ proudění v korytě pod hrází (říční nebo bystřinné). Na základě tohoto posouzení je také účelné rozhodnout, zda je třeba pod vyústěním odpadního potrubí budovat v korytě vývar.

Vývar slouží k zajištění stability vodního skoku, který vzniká při změně typu proudění, tj. při přechodu z nadkritického do podkritického typu proudění. V případě, že nedochází ke změně typu proudění, je vývar pod vyústěním odpadního potrubí od výpusti do koryta zcela zbytečný a tvoří pouze prostor pro akumulaci nekvalitní vody a sedimentu. V případě, že je vybudování vývaru nutné, je třeba určit rozměry vývaru (hloubku a délku) hydraulickými metodami [1, 2], nikoliv vytvořením "zpevněné jámy" podle odhadu či představy projektanta. Tak vznikají nefunkční a zbytečné vývary hloubky např. 0,2 m a délky do 2,0 m.

2.2 Suché nádrže

Návrhy suchých nádrží se řídí normou TNV 75 2415 Suché nádrže [7] s odkazy na normu ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže [6], případně s odkazem na návrhovou hodnotu povodně pro dimenzování bezpečnostního přelivu TNV 75 2935 Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních [8]. Hlavní zásady normy TNV 75 2415 pro návrhy spodních výpustí jsou uvedeny v bodu 8.

Hydraulické výpočty suchých nádrží se liší podle toho, zda se jedná o suchou nádrž průtočnou nebo neprůtočnou (boční).

Neprůtočná nádrž je zpravidla uzavírána výpustným zařízením, které se neliší od výpustí, užívaných u malých vodních nádrží se stálým objemem vody. Během průchodu povodně se neprůtočná nádrž řízeně plní vodou a po odeznění povodně se manipulací na výpustném zařízení nádrží vyprázdní, aby byla připravena zachytit případnou další povodeň. Výpočet odtoku vody z nádrže, a tím i postup vyhrazování dluží či manipulace s jiným typem uzávěru se řídí Manipulačním řádem nádrže. Manipulační řád uvádí např. maximální denní pokles hladiny vody v nádrži, aby nedocházelo k vyplavování půdních částic z tělesa hráze a současně bylo zajištěno vyprázdnění nádrže v potřebném čase.

Funkce průtočné nádrže je odlišná, zde dochází k průtoku vody retenčním prostorem nádrže, nádrž není zpravidla vybavena výpustným, zařízením s uzávěrem, má pouze odtokové potrubí. Odtokové potrubí je dimenzováno tak, aby běžné průtoky provádělo bez vzdouvání vody v retenčním prostoru, při vyšších průtocích odtéká část vody odpadním potrubím a část vody zaplňuje retenční prostor nádrže. Pokud je nádrž správně navržena, zajistí i při maximálním vzduť vody v retenčním prostoru, aby z nádrže odtékal nejvýše „neškodný průtok“, stanovený jako průtok, který neohrožuje níže ležící území (zpravidla intravilán).

TNV 75 2415 [7] uvádí několik zásad, které je nutno respektovat při návrhu výpustného zařízení průtočné nádrže. Jedná se zejména o následující ustanovení:

- suchá nádrž může být vybavena pouze jednou spodní výpustí,
- profil odpadního potrubí protékáných suchých nádrže je minimálně DN 800 z důvodu možnosti kontroly stavu potrubí, jeho čištění apod.,
- pro zajištění maximálního neškodného průtoku odpadním potrubím je možno provést úpravy na vtoku (např. redukcí průměru potrubí),
- při převádění povodňových průtoků odpadním potrubím je možné uvažovat tlakový režim pouze v případě, že je potrubí uloženo volně bez kontaktu se zemním tělesem hráze (např. ve štole),
- spodní výpusti protékáných suchých nádrží není nutno vybavovat provozními uzávěry,

- pro ochranu potrubí před zanášením se navrhuje na vtoku česlové stěny. Tyto stěny nesmí omezovat funkci a kapacitu spodních výpustí.

Metoda pro posouzení efektivity (účinnosti) suché nádrže vychází z posouzení poměru záchytného prostoru nádrže a objemu návrhové povodňové vlny se zahrnutím hydraulického řešení odtoku vody výpustním potrubím, případně bezpečnostním přelivem.

Řešení transformačního účinku nádrže vychází ze vztahu

$$Q_p \cdot dt - Q_o \cdot dt = dV \quad (\text{rov. 14})$$

kde Q_p je časový průběh přítoku vody do nádrže ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), Q_o je časový průběh odtoku vody z nádrže ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), t je čas (s) a V je objem vody (změna - přírůstek nebo úbytek) v záchytném prostoru nádrže (m^3).

Protože časový průběh přítoku do nádrže obecně nelze analyticky vyjádřit, není možno uvedenou diferenciální rovnici řešit přímo. Z toho důvodu je třeba přejít na řešení po časových krocích a rovnici ve tvaru:

$$Q_p \cdot \Delta t - Q_o \cdot \Delta t = \Delta V \quad (\text{rov. 15})$$

kde Q_p je časový průběh přítoku vody do nádrže ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), Q_o je časový průběh odtoku vody z nádrže ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), Δt je časový krok (s) a V je objem vody (změna - přírůstek nebo úbytek) v záchytném prostoru nádrže (m^3)

Transformace povodňové vlny v retenčním prostoru nádrže je pak řešena s dostatečnou přesností metodou diferencí, kdy kontinuální časový průběh transformace je nahrazen řešením po časových krocích. Vlastní výpočet transformace probíhá tak, že pro každý časový interval se určí z čáry časového průběhu povodně množství vody, které do nádrže přiteče za dobu časového intervalu. Toto množství vody zvýší hladinu vody v nádrži na úroveň, jejíž hodnotu je možno určit z charakteristických čar nádrže. Tato úroveň hladiny způsobí odtok vody výpustním potrubím, průtok je možno stanovit z konzumční křivky potrubí (pro zvolený profil potrubí). Rozdíl přítoku vody do nádrže a odtoku vody odpadním potrubím od výpusti za zvolený časový interval určuje objem vody v nádrži na počátku dalšího časového intervalu. Tímto způsobem pokračuje výpočet až do odeznění povodně. Do řešení je možno od určité výškové úrovně, odpovídající koruně bezpečnostního přelivu, zahrnout též neřízený odtok vody přes bezpečnostní přeliv. Tento průtok se stanoví z konzumční křivky bezpečnostního přelivu.

Pro výpočet transformace povodňové vlny v retenčním prostoru suché nádrže je třeba mít k dispozici následující podklady:

- čára objemů suché nádrže v závislosti na hloubce vody,
- čára přítoku (hydrogram) povodňové vlny příslušné doby opakování (obvykle PV 100, PV 50, případně PV 20),

- konsumční křivka odpadního potrubí. Odpadní potrubí může být voleno variantně různými profily a jejich výškovým osazením.

Výstupem řešení je graf průběhu přítoku vody do nádrže a odtoku vody pod hráz, stejně tak jako posouzení efektu nádrže (poměr kulminace přítoku a kulminace odtoku). Pro výpočet efektivity suché nádrže lze použít některé výpočetní programy, které umožňují provádět výpočet transformace povodňových vln v retenčním prostoru velice rychle, a tím i hodnotit řadu variant.

Literatura

- [1] Bém J., Jičínský K.: Hydraulika v příkladech, vydavatelství ČVUT, Praha 1982
- [2] Patočka C.: Hydraulika I., vydavatelství ČVUT, Praha 1975
- [3] Šálek J., Mika Z., Tresová A.: Rybníky a účelové nádrže, SNTL, Praha 1989
- [4] Vrána K.: Rybníky a účelové nádrže – příklady, vydavatelství ČVUT, Praha 1998
- [5] Vrána K., Beran J.: Rybníky účelové nádrže, vydavatelství ČVUT, Praha 2005
- [6] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže
- [7] TNV 75 2415 Suché nádrže
- [8] TNV 75 2935 Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních

POZEMKOVÉ ÚPRAVY A VODA V KRAJINĚ

LAND ADJUSTMENTS AND WATER IN THE LANDSCAPE

Jindřich Holinský✉

Státní pozemkový úřad

✉ *j.holinsky@spucr.cz*

Státní pozemkový úřad ČR (SPÚ) vznikl v roce 2013, sloučením Pozemkového úřadu (který byl součástí MZe) a Pozemkového fondu ČR. Jednou ze stěžejních činností, které v současnosti SPÚ provádí, jsou pozemkové úpravy. Proces zpracování pozemkových úprav (PÚ) se řídí zákonem č. 139/2002 Sb. o pozemkových úpravách a prováděcí vyhláškou 13/2014 Sb. Uvedené předpisy definují nejenom proces pozemkových úprav, ale také základní náležitosti zpracování. Proces pozemkových úprav lze rozdělit do několika fází. Tyto fáze je možné označit jako základní a patří k nim fáze přípravná, návrhová a realizační. Z jiného úhlu pohledu by pak bylo možné proces rozdělit na práce projekční, geodetické a stavební.

Pozemková úprava se zpracovává zpravidla na jednom katastrálním území, ale je možné ji zpracovávat i na několika dalších navazujících katastrech, pokud je to pro řešení projektu potřebné.

Jedním z podkladů pro zpracování návrhu PÚ je územní plán (ÚP). Platí však i naopak, že schválený návrh pozemkové úpravy včetně tzv. plánu společných zařízení slouží jako podklad pro územní plánování (§9 zák. 139/2002 Sb). Tím je zajištěna návaznost záměrů v rámci katastrálního území. Pozemkové úpravy mají totiž tu výhodu, že skutečně dokážou vlastnický připravit pozemky, tak aby se navržená opatření dala realizovat. To územní plán neumí. A pokud obec není schopna pozemky od vlastníků např., vykoupit, tak je pro obce velmi těžké, především z finančních důvodů, přistoupit k návrhům na realizace, které stanovil ÚP mimo zastavěné nebo zastavitelné území obce.

V dnešní době je ve společnosti kladen velký důraz na hospodaření s vodou. SPÚ se k této problematice staví velmi iniciativně a odpovědně. Například zastřešuje zpracování Generelu vodního hospodářství krajiny České republiky (dále jen generelu), ve kterém je definováno vypracování koncepčního návrhu ochranných a adaptačních opatření ke zmírnění negativních účinků extrémních hydrologických jevů a to jak způsobené nadbytkem, tak nedostatkem vody. Samozřejmě ani pozemkové úpravy nestojí stranou tohoto snažení. Nejenom tedy zpřístupnění pozemků, organizace půdní držby, obnova katastrálního operátu a případně cíle stanovené ÚP, ale především aktivní snaha o ochranu

krajiny a optimalizace hospodaření s vodou patří nyní mezi priority a cíle pozemkových úprav.

Zaměření pozemkových úprav na hospodaření s vodou se projevuje v celkové koncepci pozemkových úprav. V současnosti se před zahájením pozemkové úpravy zpracovává tzv. Studie odtokových poměrů. Tato studie zahrnuje širší území než je katastrální území a posuzuje zájmovou krajinu z hlediska hospodaření s vodou a ochrany půdy před erozí. Již zde jsou položeny základy pro koncepci vlastního návrhu PÚ.

Na tuto studii navazuje zahájení procesu pozemkových úprav. Po formální stránce jsou pozemkové úpravy zahájeny vydáním vyhlášky o zahájení pozemkových úprav. Poté následuje výběrové řízení na zpracování projektu PÚ. Projektant vzešlý z výběrového řízení v první přípravné fázi zpracování zajišťuje podklady k vlastnímu zpracování PÚ. To znamená, že shromažďuje již zpracované textové a mapové podklady (studie, plány, projekty), zajišťuje zahuštění bodového pole, stanovuje tzv. vnitřní a vnější obvod pozemkové úpravy, zaměřuje polohopisně a výškopisně skutečný stav terénu v obvodu pozemkové úpravy a zjišťuje skutečné nároky vlastníků půdy na základě podkladů z katastru nemovitostí.

Po této přípravné fázi začíná fáze návrhová, která má dva pilíře – tzv. plán společných zařízení (PSZ) a vlastní návrh uspořádání pozemků. Obojí je velmi silný nástroj na utváření krajiny, protože již zde projektant pomocí směny pozemků mezi vlastníky půdy nejen uspořádává pozemky (slučuje, rozděljuje, tvarově upravuje, zpřístupňuje atd.), ale též připravuje pozemky pro realizaci společných zařízení – navrhuje umístění společných zařízení a stanovuje plochu potřebnou pro realizaci, včetně návrhu změn kultur.

Plán společných zařízení řeší návrhy budoucího umístění a realizace biokoridorů a biocenter, výstavby a rekonstrukce polních cest a v neposlední řadě vodohospodářských, protipovodňových a protierozních opatření. Do protierozních opatření patří jak tzv. měkká opatření typu agrotechnických návrhů, tak tvrdá opatření jako jsou svodné příkopy, záchytné příkopy, průlehy a podobně.

Z vodohospodářských zařízení realizuje SPÚ buď vodní nádrže se stálou hladinou nadržení, nebo suché nádrže, které například mají zachytit přívalové srážky, takže mohou mít protipovodňovou, případně protierozní funkci a nádrže kombinované s minimální hladinou nadržení, ale s vyšším retenčním objemem.

V rámci návrhu PSZ se podrobněji rozpracovává technické řešení význačnějších staveb, mezi něž vodohospodářské stavby samozřejmě patří. Toto podrobné rozpracování se nazývá Dokumentace technického řešení. Lze říci, že se tak zpracovávají dílčí projekty na úrovni územního řízení. To má svoji logiku,

protože je-li schválený PSZ, lze dle §12 odst. 3 zák. 139/2002 Sb., upustit od územního řízení a SPÚ při realizaci staveb rovnou žádá o stavební povolení.

Vědom si zodpovědnosti z toho vyplývající přistupuje SPÚ ke stanovení záboru se stále se zvyšující náročností a to hlavně při zpracování dokumentace PSZ a obzvláště dokumentace technického řešení na vodohospodářská opatření.

- V místě zamýšlené stavby je měřen detailní výškopis v profilech s předepsanými rozestupy
- Je zpracován relativně podrobný geologický průzkum důrazem na analýzu vlastností zemín, jejich použitelnost při výstavbě
- Zpracovaná Dokumentace technického řešení je v rámci procesu návrhu pozemkové úpravy předkládána k posouzení Regionální dokumentační komisi (RDK), případně k posouzení externímu „Expertovi RDK“, který posuzuje kvalitu návrhu.

Po zpracování PSZ následuje další návrhová fáze, kdy projektant nově umístí pozemky vlastníků do připraveného území tak, aby všechny pozemky byly přístupné a kvalitou odpovídali původnímu vlastnictví v kritériích stanovených zákonem. Výsledkem je, po odsouhlasení návrhu vlastníky 60% výměry půdy, zpracování nové digitální katastrální mapy (DKM). Následuje vydání rozhodnutí o schválení návrhu PÚ a následně rozhodnutí o výměně vlastnických práv k pozemkům. Na základě těchto dokumentů Katastrální úřad zavede DKM do katastru nemovitostí a zapíše nové pozemky na listy vlastnictví.

Potom následuje fáze realizační. V této fázi se nejen vytyčují nové hranice pozemků vlastníků půdy, ale především se nechávají zpracovat realizační projekty na výstavbu polních cest, vodohospodářských, protierozních a protipovodňových opatření a realizace územních systémů ekologické stability v daném katastrálním území. Po zpracování projektové dokumentace přistupuje SPÚ k vlastní realizaci těchto zařízení. Pořadí potřebnosti výstavby těchto zařízení je zpravidla dohodnuto předem se zástupci obce. Pokud jsou však PÚ vyvolány např., potřebností řešit protipovodňové, nebo protierozní problémy, budují se přednostně tyto stavby. Finanční prostředky na realizaci SZ jsou získávány ze státního rozpočtu, nebo z různých dotačních titulů (např. programu rozvoje venkova).

Všechny stavby realizované SPÚ v katastrálním území, kde probíhají pozemkové úpravy, jsou po kolaudaci předávány bezúplatně obci včetně pozemků, pokud již nebyly převedeny v rámci rozhodnutí SPÚ. Obec má následně povinnost se o společné zařízení starat. Ve výjimečných případech, pokud je to ve veřejném zájmu, může společné zařízení vlastnit i jiná osoba než obec (§12 zák. č. 139/2002 Sb.).

Od roku 2013 postavil SPÚ kolem 200 vodohospodářských zařízení o celkové ploše 461,25ha. V těchto číslech jsou však zahrnuty nejen nádrže, ale i další vodohospodářská zařízení jako příkopy, průlehy a další záchytná opatření navržená k zachycení nebo akumulaci vod.

V současnosti je rozestavěno 9 nádrží se stálým nadržem a 8 suchých nádrží a 115 ostatních vodohospodářských, protierozních a protipovodňových staveb. Průměrná velikost nádrží realizovaných SPÚ v rámci pozemkových úprav se pohybuje kolem 2ha, s objemem 25 000 m³, s výškou hráze kolem 4,5m a délkou hráze 160m. Staví se ale jak nádrže s výškou hráze třeba jenom 1,5m a objemem 7 000m³ (k.ú. Němčany), tak i větší vodní díla o výšce hráze až 14m a maximálním objemem 440 000 m³ (k.ú. Lichnov II). Hráze se staví téměř výhradně sypané. Zpravidla se staví nádrže III. a IV. kategorie.



Obr. 1 Rybník v k. ú. Kostelec, okr. Jičín

Pro medializaci a zviditelnění stavební činnosti SPÚ je důležitá již několik let probíhající soutěž nazvaná Společné zařízení roku, která je realizovaná pod záštitou ministra zemědělství. Jednou ze tří hodnocených kategorií (společně s opatřeními ke zpřístupnění pozemků a opatřeními k ochraně a tvorbě životního prostředí) jsou protierozní a vodohospodářská opatření. Realizovaná díla přihlašují do soutěže jednotlivé pobočky SPÚ a odborná i laická veřejnost hlasováním určuje vítěze. Stavby jsou posuzovány jak z funkčního, tak

estetického pohledu. Je to jedna z mála možností jak ocenit práci poboček, zpracovatele pozemkové úpravy, zpracovatele projektu i samotného dodavatele stavby.



Vítěz roku 2014 - Protipovodňová opatření v katastrálním území Lhotka

Příhlašovatel: Pobočka Zlín
Projektant pozemkové úpravy: Geocart CZ a.s.
Autor realizačního projektu: AgPOL s.r.o.
Dodavatelská firma: Proles, s.r.o.



Vítěz roku 2015 - Krajinotvorná nádrž na toku Mušalec v katastrálním území Třanovice

Příhlašovatel: SPÚ - Pobočka Frýdek-Místek
Projektant pozemkové úpravy a autor realizačního projektu: AGROPROJEKT PSO s.r.o.
Dodavatelská firma: Ekostavby Brno, a.s.



Vítěz roku 2016, Držitel Ceny Státního pozemkového úřadu - Protierozní opatření v katastrálním území Horní Lipka

Příhlašovatel: SPÚ - pobočka Ústí n.O.
Projektant pozemkové úpravy: Sdružení firem (SELLA & AGRETA s.r.o. a GEODES s.r.o.)
Autor realizačního projektu: Agroprojekce Litomyšl, spol. s r.o.
Dodavatelská firma: Elitbau s.r.o.

Při výstavbě a provozu se SPÚ samozřejmě potkává s chybami nejen v projekční fázi a při vlastních realizacích, ale i při následném provozu (po předání stavby obci).

Příklady:



Chyby v PD – projektant si neuvědomil, že pokud se vodní hladina dostane nad úroveň těsnicího jádra, dojde k průsakům vody přetékající přes toto jádro skrz gabiony na vzdušné hraně hráze, až pod dlažbu pod hrází. Následně zde může dojít k naakumulování vody a poškození dlažby působením tlaku a především působením mrazu v zimních měsících.



Chyby při realizaci – nedostatečně provedený geologický průzkum. Zhotovitel nezajistil posouzení základové spáry geologem, což mělo za následek nedostatečné zavázání hráze do nepropustného podloží a tím došlo k průsakům pod tělesem hráze. Nádrž nebylo možné napustit.



***Chyby při provozu** – obec nedbala na manipulační řád a dlouhodobě držela uzavřením požeráku hladinu rybníka na maximu. Voda přetékala pouze nezpevněným bezpečnostním přelivem a začala narušovat vzdušnou stranu hráze erozí. Zároveň odstranila přístupovou lávku k požeráku, takže není možné regulovat hladinu vody.*

VÝBĚR VHODNÉ VÝPUSTI RYBNÍKA

Tomáš Dvořák

dvorak.tomis@centrum.cz

Abstrakt

Tento článek pojednává o praktickém rozdělení výpustí na malých vodních nádržích. Toto níže uvedené dělení nemá přesný systematický rámec. Mělo by odstranit častá nepochopení mezi projektantem, stavebníkem a především investorem, který bývá často naprostým laikem v oboru vodního hospodářství a stavitelství. A tento článek, přecházející možná až ve schéma, je jakýmsi praktickým manuálem při výběru vhodné rybníční výpusti. Pomůckou, jak usnadnit odborníkovi komunikaci s neodbornou osobou.

Před volbou je dobré si položit několik otázek. Jako je například ekonomická náročnost. Hydrologické poměry na lokalitě. Zda je lépe odpouštět vodu teplou či studenou, vodu s rozpuštěnými bahenními plyny nebo vodu z povrchu s vodním květem. A podle toho zajistit odpouštění body ode na či z vrchu vodního sloupce.

1 POŽERÁK

Požerák je manipulační objekt osazený na vtoku do výpustního potrubí. Takového potrubí s požerákem je "spodní výpustí" v pravém slova smyslu.

Požerák bývá buď uzavřený, nebo nemá přední stěnu - takzvaný otevřený požerák.

1.1 Výhody

- Pokud má otevřený požerák dvě dlužové stěny, umožňuje takový požerák odebírat vodu volitelně, buď ode dna, nebo z povrchu vodní hladiny a prakticky si můžeme zvolit odběr vody z libovolné hloubky vodního sloupce. Podle toho do jaké hloubky umístíme v přední dlužové stěně česle.
- Požerák zajišťuje stabilní ustálení vodní hladiny na požadované výškové kótě. A ruku v ruce s tím umožňuje již výše popsané odebírání vody z jakékoliv hloubky

- Často tvoří malebný prvek na vodní nádrži (požerák vyzděný, nebo dřevěný)
- Jestliže máme požerák se dvěma dlužovými stěnami, můžeme prostor mezi těmito stěnami lépe utěsnit, v extrémním případě až vyjílovat. Požerák pak dokonale těsní jakýkoliv únik vody z nádrže. To se nejvíce docení u nebeských rybníků, u kterých jsou sebemenší ztráty citelné.

1.2 Nevýhody

- Požeráky, jako manipulační objekty, nejsou vhodné v situacích, kdy potřebujeme častokrát a především operativně manipulovat s kapacitou odtékající vody, nebo s výškovou úrovní hladiny v nádrži. Vydlužování požeráku je náročné, zdouhavé, při povodňových stavech často nemožné až nebezpečné. Následně pak usazení dluží, tak aby dlužová stěna příliš neprosakovala, trvá řádově týdny.
- Při potřebě okamžitého a co nejrychlejšího vypuštění rybníka nám celé vyhrazení požeráku zpravidla nepomůže, neboť kapacita výpustného zařízení jako celku je většinou limitována průtočnou kapacitou výpustného potrubí.



Obecně je tedy požerák vhodný tam, kde potřebujeme zajistit co nejmenší ztráty vody a nádrž vypouštíme jen jednou za sezónu, například při slovení ryb.

2 ZAZÁTKOVÁNÍ POTRUBÍ

Výpustné potrubí můžeme prostě zazátkovat, Odpadne pak investice zřízení požeráku. Výpustné potrubí je potom bez manipulačního objektu. Jakákoliv řízení manipulace je nemožná. Běžný odtok musí být zajištěn z vodní hladiny rybníka přes přeliv nebo propustek. V době výlovu se potrubí "odšpuntuje". Odstranění zátky provází časté komplikace. Voda sebou může strhávat ryby a vtok do potrubí se může ucpat kalem a plaveninami.

Uvádět názvy takovýchto zařízení "zátek" by bylo spíše matoucí. Neboť se lokalitu od lokality mění. S nadsázkou se dá říci, že se jedná o folklórní výrazy.

3 ZADLUŽENÝ PŘELIVNÝ PRÁH

Je jakousi vzdálenou modifikací požeráku, myšleno co do funkce. Jestliže budeme mít v tomto prahu také dvě dlužové steny, můžeme rovněž vodu dle potřeby odpouštět jak ode dna, tak z hladiny. Podle toho do jaké hloubky umístíme v přední dlužové stěně česle.

Za tímto prahem se nachází zpravidla již vodní koryto a kapacita výpusti není omezována výpustným potrubím. Tyto výpustě ovšem umožňují upustit nádrž jen částečně a nakonec v rybníku zůstane část nevypustitelného, takzvaného mrtvého, prostoru. Využit tohoto manipulačního objektu pro úplné vypouštění hlubších rybníků je realizačně a ekonomicky náročné a nepoužívá se.

4 STAVIDLO

Pro plné vypuštění je stavidlo možné využít pouze u mělkých rybníků. U hlubších rybníků se používá opět pouze k jejich částečnému vypuštění.

Stavidlo se však zpravidla nezřizuje pro to, abychom dosáhli úplného vypuštění nádrže. Ale abychom zajistili okamžitou manipulaci s vodou. Například okamžitě snížili výškovou úroveň vodní hladiny, nebo okamžitě zvýšili průtok v náhonu na mlýnské kolo.

V současnosti se stavidla na rybnících začínají osazovat jako estetické stavební prvky. Je ale nutné počítat s tím, že stavidla se hůře zatěsňují a ve vodících profilech neustále dochází k mírným ztrátám vody. Dále je nutné si uvědomit, že u stavidla odtékají běžné průtoky přes jeho horní hranu, tedy z vodní hladiny. A při cíleném odběru vody, tedy při vyhrazení stavidla, naopak pod jeho dolní hranou. Abychom si mohli volit hloubku, z jaké chceme vodu odpouštět, museli bychom před stavidlem zřídit samostatnou dlužovou stěnu. A vodu odebírat podle toho, do jaké hloubky umístíme v dlužové stěně česle.

Stavidlo výborně umožňuje regulaci výškové úrovně hladiny v rybníku a průtočnou kapacitu odtoku. Avšak pouze při stálém dohledu a manipulaci.

Kdybychom se však v průběhu sezony rozhodli, že chceme snížit nebo zvýšit úroveň hladiny v nádrži, přesněji přenastavit jakousi hladinu stálého nadržení, kterou vyžadujeme v době naší nepřítomnosti, nezbylo by nám, než stavidlovou tabuli vysadit, a osadit stavidlovou tabuli o jiné výšce, nebo tabuli složitě upravit.

U těžkých a velkých stavidlových polí je nutno volit valivé vedení ve vodících profílech.



O materiálech jednotlivých prvků, potrubí, o zvedacích mechanismech, o montážích a stavebních pracích, o hydrostatických a hydraulických posouzeních, až příště.

Titul: Rybníky 2017
Editoři: Ing. Václav David, Ph.D., Ing. Tereza Davidová
Vydavatel: České vysoké učení technické v Praze, Česká společnost krajinných inženýrů, Univerzita Palackého v Olomouci, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Česká zemědělská univerzita v Praze
Tisk: Česká technika – nakladatelství ČVUT
ISBN: 978-80-01-06166-4
ISSN: 2570-5075



vodní hospodářství®

Specializovaný vědeckotechnický časopis přináší již 67. rokem informace z oblasti projektování, realizace a plánování ve vodním hospodářství a souvisejících oborech životního prostředí v České republice a na Slovensku.

Do časopisu přispívají přední čeští a slovenští odborníci.

Vychází 12 x ročně.

**Více informací a možnost objednání
na www.vodnihospodarstvi.cz**

Vydává Vodní hospodářství, spol. s r. o.
Tel.: Ing. Václav Stránský 603 431 597
E-mail: stransky@vodnihospodarstvi.cz





ISBN 978-80-01-06166-4

ISSN 2570-5075

