

Principy přístupu k řešení optimalizace ochrany vody a půdy v subpovodích řeky Svatky

JANA KONEČNÁ, PETR KARÁSEK, PETR FUČÍK, JANA PODHRÁZSKÁ, ROMAN HANÁK, STANISLAV RYŠAVÝ, LUKÁŠ SÝKORA, PETR DOLEŽAL, MICHAL KRIŠKA, MICHAL POCHOP, JOSEF KUČERA, SVATAVA KRÍŽKOVÁ

Klíčová slova: povodí Svatky — bodové a plošné zdroje znečištění — dusík — fosfor — nerozpuštěné látky — opatření pro udržení nebo zlepšení kvality vody

SOUHRN

V současné době je v kontextu rozvíjející se populace a probíhající klimatické změny stále více akcentována potřeba trvalého udržení množství a jakosti vody. Výzkumný projekt NAZV QJ1620040 byl zahájen v roce 2016 s cílem komplexně řešit možnosti snížení kontaminace povrchových vod jak z plošných, tak bodových zdrojů nerozpuštěnými látkami, dusíkem a fosforem v povodích vodních zdrojů. Na základě konzultací s podnikem Povodí Moravy, s. p., byla vybrána dvě modelová území v povodí Svatky: povodí Bílého potoka (u Poličky) a Kuřimky. V modelových povodích probíhá monitoring půd, sedimentů, kvality vody a hydrologických charakteristik a systematická terénní šetření. Výsledky za rok 2016 ukazují na rozdílnost obou modelových povodí jak v přírodních a zemědělských podmínkách, tak ohroženosti vodní erozí, rozsahem oblastí půd s nízkou retencí vody a živin. Rozdílná je také intenzita zatížení bodovými zdroji. Výstupy projektu budou dokončeny v roce 2018 a to ve formě jakostního modelu, metodiky Optimalizace ochrany vody a půdy v povodí vodních zdrojů a užitného vzoru zařízení pro eliminaci vstupu vybraných rizikových látek z malých vodních nádrží do vodních toků.

ÚVOD

Udržení jakosti a množství vody v zemědělské krajině a omezení dopadů extrémních srážko-odtokových situací patří mezi významné problémy, které jsou v současnosti stále více akcelerovány v důsledku probíhající klimatické změny a rozvoje potřeb lidské společnosti. Ochrana vody je v ČR věnována adekvátní legislativní opora i odborná pozornost. Přesto realizace účinných opatření, zejména na omezení plošného zemědělského znečištění, často naráží na překážky. Nové možnosti a přístupy může otevřít aplikace posledních poznatků vědy, multidisciplinární přístup a využití moderních technologií.

Hlavním cílem projektu QJ1620040 do konce období řešení (31. 12. 2018) je navrhnout komplexní postup pro snížení kontaminace povrchových vod jak z plošných (zejména zemědělských), tak bodových zdrojů nerozpuštěnými látkami, dusíkem a fosforem v povodích vodních zdrojů. Pro rok 2016 byl stanoven dílčí cíl Zpracovat charakteristiky zájmového území, jeho přírodních a antropických podmínek, shromáždit vstupní data a mapové podklady, připravit podklady pro analýzu retence vody v území, založit doplňující měření (hydrologická, lyzimetrická, pedologická).

Negativní dopady klimatické změny se na území České republiky začínají projevat dvěma způsoby. Na jedné straně se zvyšuje výskyt a intenzita extrémních srážek a v jejich důsledku je půda poškozována vodní erozí. Produkty eroze následně zanášejí vodní toky a nádrže, snižují jejich jímací kapacitu a negativně ovlivňují i kvalitu vody. Z výsledků údajů sledovaných ČHMÚ a modelových výpočtů vyplývá, že na území České republiky lze rovněž v důsledku klimatických změn předpokládat častější výskyt sucha, a to nejen v důsledku nedostatku srážek, ale také kvůli postupnému nárůstu teploty vzduchu a zvyšování výparu [1]. Těmito jevy nebude dotčeno pouze množství vody, ale také její kvalita. Pokud nedojde k omezení produkce z bodových a plošných zdrojů znečištění, budou stoupat koncentrace živin a rizikových látek ve vodách. Omezení tohoto rizika je v současné době vnímáno mj. jako jeden z klíčových úkolů politiky ČR [2].

Vodní nádrže jsou systémy citlivé na nadbytek živin. Eutrofizace je v současnosti výrazný problém většiny větších nádrží, které mají povodí s antropogenním zatížením. Pro vodárenské nádrže je pak toto riziko ještě významnější. Je tedy třeba zabránit eutrofizaci těchto vodních nádrží, případně zmírnit její dopady, aby nebyl ohrožen odběr pitné vody. Bylo prokázáno, že rozvoj eutrofizace ovlivňuje především zatížení fosforem z bodových zdrojů (např. [3 a 4]). Redukce obsahu fosforu v biologických čistírnách odpadních vod prostřednictvím odstraňování fosforu do nově syntetizované biomasy obvykle nedostačuje k tomu, aby bylo dosaženo požadovaného snížení zbytkového znečištění v parametru P_{celk} . Je proto třeba zavést čisticí operaci zaměřenou speciálně na fosfor. Ten může být z vody odstraněn biologicky nebo chemicky.

Mezi plošné zdroje potenciálního zemědělského znečištění povrchových vod řadíme plochy zemědělské půdy ležící bezprostředně při březích povrchových vodních toků a ploch, erozně ohrožené svahy orné půdy, lokality s výskytem půd s rizikem zrychlené infiltrace a vyplavování živin, včetně ploch orné půdy navazujících na vybudované odvodňovací systémy. Kritické zdrojové plochy jsou obecně enklávy, kde se protínají zvýšené obsahy živin (N nebo P) v půdě s vysokým potenciálem tvorby či cesty rychlého povrchového či podpovrchového odtoku vody a jsou považovány za dominantní původce plošných zdrojů znečištění vod. V zahraničí jsou tyto lokality vymezovány řadou způsobů a přístupů, dnes převážně v GIS, založených na hodnocení odtokových linií či zón v kombinaci s plochami saturace [5, 6]. Kromě ploch s výskytem povrchového odtoku to mohou být dále půdy mělké, promyvné a/nebo odvodněné. Lokality s rizikem vyplavování živin z půdního profilu je možné vymezit překryvem půdních a geomorfologických charakteristik



Obr. 1. Lokalizace zájmových povodí – Bílý potok
Fig. 1. Localization of studied catchments – Bílý potok

(analýza podle kódu BPEJ = bonitovaných půdně ekologických jednotek) s vrstvou staveb zemědělského odvodnění [7, 8]. Dusík a dusičnany jsou hlavními produkty plošného znečištění vod ze zemědělství v důsledku zrychleného vyplavování. Fučík a kol. [9] prokázali, že vyplavování dusíku ze zemědělských půd lze omezit cíleným zatravněním v oblastech s rizikem zrychlené infiltrace.

Ideálním nástrojem pro správu povodí z hlediska snížení živinového zatížení představují bilanční modely jakosti vod. Tyto nástroje mají potenciál upozornit na slabá místa v povodí, na které je třeba zaměřit pozornost a také najít skupinu neefektivnějších opatření. V dnešní době pro účely modelování znečištění povrchových vod existuje řada nástrojů. Drtivá většina však pochází ze zahraničí a pro uplatnění v podmínkách České republiky naráží na problémy jako odlišnosti struktury vstupních dat či velikost zpracovávaného území (povodí). Státní podniky Povodí využívají Informační systém pro komplexní podporu procesu plánování v oblasti vod [10]. Cílem tohoto informačního systému bylo vyhodnotit možný efekt schváleného programu opatření navrženého v rámci plánů oblasti povodí. Ve výzkumu procesů v povodích se v poslední době často využívá model MIKE BASIN [11]. Jedná se o extenzi GIS systému ArcMap sloužící pro dynamické modelování bilance vody a koncentrace látek v systémech vodních toků. Tento kvazi-ustálený model proudění umožňuje schematizovat postup vlny v korytě. Schematizace kvality vody předpokládá advektivní transport, přičemž lze také modelovat rozpad během transportu kinetikou prvního řádu. Z novějších tuzemských poznatků v oblasti aplikace matematických modelů pro optimalizaci návrhů opatření ke snížení eutrofizace vodních nádrží lze uvést například metodiku Hejzlara a kol. [12] či aplikaci simulačního modelu jakosti povrchových vod SIJAK [3].

S ohledem na dlouhodobý cíl projektu a v souladu s jeho metodickými principy byla vybrána dvě modelová území. Nejprve se počítalo se zaměřením výzkumu na povodí Bílého potoka, který je nejsevernějším přítokem Svatky a ovlivňuje mimo jiné i kvalitu vody ve vodní nádrži Vír. Podle Průvodního listu povrchových vod [13] je celkový stav tohoto vodního útvaru nevyhovující (ekologický stav = nevyhovující, chemický stav = potenciálně nevyhovující). Na základě předběžného průzkumu území a zvážení nutnosti zobecnění výsledků projektu v závěru řešení bylo rozhodnuto, že dalším modelovým územím bude povodí řeky Kuřimky. Kuřimka reprezentuje významně odlišné přírodní podmínky ve srovnání s Bílým potokem. Je přímým přítokem Brněnské vodní nádrže [14] a rovněž se jedná o vodní útvar s celkově nevyhovujícím stavem (ekologický stav = nevyhovující, chemický stav = vyhovující). Výběr modelových území byl konzultován se zástupci Povodí Moravy, s. p., kteří tuto volbu podpořili.



Obr. 2. Lokalizace zájmových povodí – Kuřimka
Fig. 2. Localization of studied catchments – Kuřimka

MATERIÁL A METODY

Předmětem výzkumu je identifikace a analýza bodových a plošných zdrojů znečištění v modelových dílčích povodích řeky Svatky a následně optimalizace návrhů opatření pro udržení či potenciální zlepšení kvality povrchové vody. Pro splnění cíle v roce 2016, kterým bylo charakterizovat zájmová povodí Bílého potoka a Kuřimky (obr. 1 a 2), byly využity následující podklady:

- topografické mapy a ortofotomapy, DMT;
- vodohospodářské mapy;
- relevantní data ČHMÚ a Povodí Moravy, s. p.;
- LPIS a mapy BPEJ;
- databáze staveb odvodnění;
- dokumentace stávajících pozemkových úprav, ÚSES a ÚP.

Vedle shromáždění a analýzy vstupních podkladů s využitím metod GIS proběhly v obou zájmových povodích cílené terénní průzkumy. Pro účely projektu byly jako hlavní parametry kvality vody vybrány obsahy celkového fosforu (P_{celk}), celkového dusíku (N_{celk}) a nerozpuštěných látek (NL). Vedle nich budou účelově sledovány další parametry s ohledem na specifika médií (např. přístupné formy živin či obsahy uhlíku v půdách) či specifika dílčího problémového okruhu (např. v rámci výzkumu účinnosti plovoucích ostrovů).

Projekt předpokládá využití hydrometeorologických měření Povodí Moravy, s. p., a výsledků jejich monitoringu jakosti vody. Tato data budou účelově doplněna daty ČHMÚ.

Dotazníkovým šetřením je zjišťováno:

- způsoby využívání území, struktura plodin, způsoby zemědělského hospodaření, aplikace hnojiv;
- intenzita produkce ryb v rybnících, s tím spojené doplňování živin;
- účinnost stávajících ČOV a možnosti vybudování nových;
- parametry ostatních bodových zdrojů znečištění (obce, průmysl, živočišná výroba).



Obr. 3. Odběr smíšených půdních vzorků v lokalitě transektu K1 v povodí Kuřimky
Fig. 3. Taking of mixed soil samples in transect K1 in the Kuřimka catchment

Dále je prováděn cílený monitoring a průzkumy za účelem zpřesnění dostupných dat:

- několikrát ročně odběry vzorků vody nad a pod potenciálními zdroji znečištění (ČOV, obce, rybníky aj.), stanovení obsahu P a N (v celkové a přístupné formě);
- účelové měření hydrologických charakteristik;
- odběry vzorků půdy (obr. 3) a sedimentů v erozně ohrožených lokalitách (v transektu od vrcholu svahu po úpatí a tok), stanovení obsahu P a N v celkové a přístupné formě;
- odběry půdy a sedimentů přímo po erozní události, geometrické měření objemu ztráty půdy v důsledku erozní události (objemy rýh a sedimentačních kuželů).

Výsledky měření ztráty půdy vodní erozí a rozborů půdy, plavenin a sedimentů jsou porovnávány s výsledky matematických modelů dlouhodobé průměrné ztráty půdy vodní erozí (USLE – s vědomím rozdílnosti časového aspektu) a transportu látek (SDR, WaTEM/SEDEM).

Analýzou v prostředí GIS byly identifikovány oblasti s rizikem přímé kontaminace vodních útvarů (zorněné příbřežní zóny). Riziko vyplavování živin je dominantní pro infiltračně zranitelné oblasti, které byly identifikovány pomocí Syntetické mapy zranitelnosti povrchových vod a dokumentací odvodnění (stav odvodnění). Výsledky GIS analýz se ověřují terénním šetřením a pedologickým průzkumem.

Na základě dostupných hydrologických dat, vlastních měření a charakteristik území byl analyzován současný stav potenciální retence vody v krajině a byly modelovány odtokové charakteristiky v dílčích subpovodích a celém zájmovém povodí. Modelování probíhá s využitím prostředí GIS a vhodných softwarových

nástrojů (např. DesQ, HEC-HMS). Modelově bude následně posouzen vliv navržených opatření pro omezení plošného zemědělského znečištění na parametry extrémních odtoků a retenci vody v krajině. V případě potřeby budou rām-cově navržena doplňující technická a přírodě blízká vodohospodářská opatření.

Jedním z dílčích cílů projektu je nalezení vhodného technického řešení pro snížení znečištění, odtékajícího z malých vodních nádrží. Jednat se bude o jednoduché zařízení, které lze osadit do vypouštěcích objektů – tzv. plovoucí ostrov. Zařízení je v současnosti testováno v laboratořích VUT v Brně (obr. 4) a byl založen poloprovozní pokus na rybníku v Oldřiši (povodí Bílého potoka).

Předmětem zkoumání v rámci řešeného projektu budou veškeré zdroje mající vliv na množství řešených látek ve vodních tocích. Výsledky průzkumů a výzkumu budou zpracovány v prostředí GIS a vloženy do bilančního modelu P a N v toku. Jako modelovací nástroj bude využit MIKE BASIN® DHI. Pomocí modelu bude vyhodnocen současný stav kontaminace povodí a podíl jednotlivých zdrojů a bude také simulována synergická účinnost opatření jak na bodových, tak na plošných zdrojích znečištění. Model pracuje mj. i s vlivem samočisticí schopnosti vodních toků.

Návrh opatření na plošných zemědělských zdrojích (s ohledem na všechny cesty transportu kontaminantů) v prostředí GIS bude zahrnovat různé způsoby hospodaření, organizační, agrotechnická i technická opatření. Při tom budou zohledněny podmínky a limity zemědělské výroby, charakter krajiny, její ekologická stabilita a estetika. Opatření biotechnického charakteru budou navrhována v návaznosti na územní systémy ekologické stability a s využitím metod krajinného plánování.

Dosažené poznatky za celý projekt budou zobecněny a syntetizovány ve formě výstupů, kterými budou odborné články, metodika, soubor map a užitečný vzor.

VÝSLEDKY

Charakteristika zájmových povodí

Bílý potok pramení východně od obce Pomezí, která se nachází v těsném sousedství města Poličky. V Poličce se do něj vlévají od jihu Modřecký a Janský potok. Nejdleším přítokem Bílého potoka je Černý potok, který pramení v k. ú. Borová a soutok se nachází v obci Kamenec u Poličky. Z Kamence pokračuje Bílý potok jihozápadním směrem a sbírá vodu z dalších přítoků z obou stran. Z významných to jsou postupně Žlebský potok, Šibeniční potok a Korouhevský potok. Bílý potok ústí do řeky Svratky v obci Lačnov a plocha povodí k tomuto uzávěru činí 100,5 ha. V povodí Bílého potoka se nachází mnoho vodních nádrží různého účelu – rybníky, koupaliště, záchytné a sedimentační nádrže.

Kuřimka pramení v lesích pod vrcholem Babí lom. Jejím prvním významnějším pravostranným přítokem je potok Lipůvka. V Kuřimi se do ní vlévá Podlesní a Luční potok a další menší lokální vodoteče. Na okraji Kuřimi na

Tabulka 1. Charakteristika klimatických regionů
Table 1. Characteristic of climatic regions

Povodí	Kód klim. regionu	Plošný podíl (%)	Charakteristika	Prům. roční teplota (°C)	Prům. roční úhrn srážek (mm)
Kuřimka	3	98,4	teplý, mírně vlhký	7,5–9	550–650
	5	1,6	mírně teplý, mírně vlhký	7–8	550–700
Bílý potok	7	38,1	mírně teplý, vlhký	6–7	650–750
	8	61,9	mírně chladný, vlhký	5–6	700–800



Obr. 4. Laboratorní pokusy pro stanovení účinnosti kořenového systému rostlin na zlepšení jakosti vody
 Fig. 4. Laboratorial experiments for evaluation of efficiency of plants root system in water quality improvement

Lučným potoce se nachází malá vodní nádrž, která slouží pro rekreaci, jako koupaliště. V k. ú. Moravské Knínice přitéká z levé strany Batelovský potok, na kterém se nachází čtyři menší rybníky. Dále po toku následují dva pravostranné přítoky z polí a jeden z obce Chudčice. Kuřimka se vlévá do Svatky v k. ú. města Brna, a to přímo do horní části Brněnské nádrže. Nad ústím byla vybudovaná malá sedimentační nádrž, která tvoří uzávěrový profil zájmového povodí (plocha je 49 ha).

V povodí Bílého potoka se setkávají dva klimatické regiony – 7 a 8. Jedná se tedy o chladnější a vlhčí území než povodí Kuřimky, které se rozkládá převážně v klimatickém regionu 3 a částečně 5. Základní charakteristiky klimatických regionů podle Novotného, Vopravila a kol. [15] uvádí *tabulka 1*.

Z geomorfologického hlediska patří povodí Bílého potoka do provincie Česká vysočina a zasahuje do dvou rozdílných subprovincií. Severovýchodní část spadá do subprovincie České tabule, konkrétněji do Svitavské pahorkatiny. Jihozápadní část povodí se rozkládá na Hornosvratecké vrchovině, která patří již do Česko-moravské subprovincie. Pro reliéf Svitavské pahorkatiny jsou charakteristické ploché nebo jemně modelované pozvolné svahy a široká údolí vodních toků. Reliéf povodí v Hornosvratecké vrchovině se vyznačuje vyšší svažitostí a ostřejšími zářezy údolnic a vodotečí. Vrcholové a silně svažitě partie

povodí jsou zalesněny. Nejnižším bodem povodí je uzávěrový profil s nadmořskou výškou 511 m, nejvyšším pak vrch Žižkov 753 m n. m. Průměrná nadmořská výška činí 632 m.

Povodí Kuřimky se řadí do provincie Česká vysočina, Česko-moravské subprovincie a převážně se rozkládá v Brněnské vrchovině. Konkrétněji zasahuje do čtyř nižších geomorfologických jednotek, a sice Křižanovské vrchoviny, Boskovické brázdy, Bobravské vrchoviny a Drahanské vrchoviny. Reliéf povodí tvoří dlouhé svahy, rozčleněné lokálními údolnicemi a údolími vodních toků. Výrazněji svažitě části povodí jsou pokryty lesy. Katastrální území Moravské Knínice protíná v přibližně severo-j jižním směru nesouvislé lavicovitě těleso staré dálnice, která nebyla nikdy dokončena, a v současnosti je buď využívána jako zemědělská půda, nebo je porostlá přirozeným náletem bylin a dřevin. Průměrná nadmořská výška povodí je 398 m a pohybuje se od 233 m (uzávěrový profil) po 562 m (Babí lom).

Povodí Bílého potoka zasahuje do dvou rozdílných geologických formací. Pro Českou křídovou pánev jsou jako podloží charakteristické opuky, tzn., že se zde střídají slínovce a vápno-jílovité pískovce a na nich se vyvinuly kambizemě modální. V oblasti krystalinika se jako podloží střídají převážně pararuly, diority a granodiority. Také zde převažují kambizemě modální, ale ve vyšších

Tabulka 2. Druhy pozemků v zájmových povodích
Table 2. Land use in studied catchments

Druhy pozemků	Bílý potok		Kuřimka	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Orná půda	3 639,31	36,21	1 600,30	32,66
TTP	1 955,13	19,45	68,35	1,39
Lesy	2 720,05	27,07	2 082,80	42,50
Ostatní	1 735,01	17,26	1 148,70	23,44

polohách přecházejí v dystrickou varietu. Podél Bílého potoka se vyvinuly fluvizemě modální až glejové na smíšených nivních sedimentech. Glejové půdy se vyskytují v údolích menších toků. V lokálních depresích na svahových sedimentech vznikly pseudogleje modální a kambizemě oglejené. Zrnitostní složení půd je převážně střední (hlinité) až lehčí střední (píščito-hlinité).

Povodí Kuřimky je tvořeno brněnským masímem, pro který je charakteristický pestrý výskyt hornin: granity, granodiority, lokálně vápence, slepence, brekcie a droby. Ve svahových polohách na uvedených horninách se nacházejí především kambizemě modální, doprovázené pararendzinami a pseudoglejami. V údolních polohách a na plošinách jsou podložní horniny překryty vrstvou spraší a sprašových hlín. Ty představují matečný substrát pro převládající půdní typy v území, kterými jsou hnědozemě modální a luvizemě modální (včetně oglejených variant). Lokálně se na spraších vyvinuly i černozemě, které jsou zde však degradované. Údolí vodních toků jsou vyplněna smíšenými sedimenty a na ně navazuje výskyt různých hydromorfních půd jako fluvizemě, gleje a černice. Zrnitostně se jedná převážně o kvalitní hlinité středně těžké půdy.

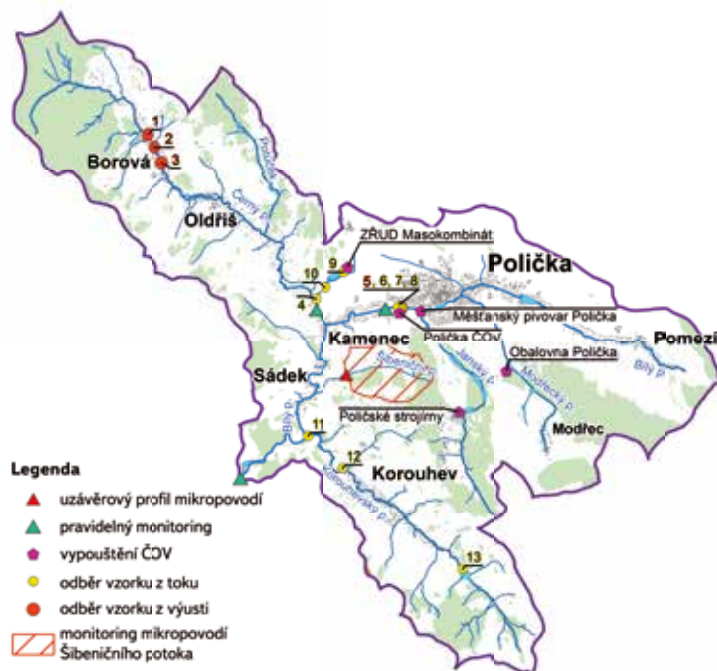
Rozdíly v druzích pozemků v zájmových povodích dokumentuje *tabulka 2*. V povodí Bílého potoka je vyšší podíl orné půdy než v povodí Kuřimky, což je dáno vysokým zorněním severovýchodní části povodí v oblasti České tabule.

Bodové zdroje znečištění

Bodové zdroje představují zásadní kategorii pro velikost zatížení toků P_{celk} . Pod tuto kategorii řadíme veškeré komunální zdroje (bez ohledu na způsob vypouštění, tzn. i ze septiků s trativody apod.) a průmyslové zdroje. Analýzu bodových zdrojů znečištění a tvorbu jakostního modelu pro účely výzkumného projektu garantuje firma AQUATIS, a. s.

Byl proveden podrobný průzkum toků v obcích, které se nachází v obou zájmových územích. Došlo k detailnímu zmapování všech výustí, které vedou do vodního toku. Dále byly zjišťovány údaje od místních obyvatel, což posloužilo k upřesnění některých popisů výustí. Z vybraných výustí byly odebrány vzorky, které Vodohospodářská laboratoř Povodí Moravy, s. p., analyzovala na následující parametry: BSK_5 ; $CHSK_{Cr}$; NLS; $N-NH_4$; $P-PO_4$; P_{celk} a N_{celk} . Byly také odebrány vzorky z toku, které pomohly lépe lokalizovat a kvantifikovat zdroje znečištění. Monitorovací lokality v povodí Bílého potoka prezentuje *obr. 5*.

Zástavba v povodí Bílého potoka je většinou roztráštěná, sestávající z jednotlivých volně stojících domů. V neodkanalizovaných obcích není vybudována ani dešťová kanalizace (až na poměrně krátké úseky v některých obcích). V těchto obcích je pak převládající způsob likvidace odpadních vod řešen formou septiků s trativody (*obr. 6*). Město Polička má vybudovanou částečně splaškovou a částečně jednotnou kanalizaci. Odpadní vody z těchto dvou sídelních útvarů jsou likvidovány na ČOV Polička. Na tuto čistírnu je napojeno 95 % obyvatel města Poličky a téměř celé Pomezí. Odlehčování vody z této ČOV má zásadní podíl na znečištění Bílého potoka.



Obr. 5. Situace bodových zdrojů a monitorovacích lokalit v povodí Bílého potoka
Fig. 5. Situation of point sources and monitored localities in the Bílý potok catchment

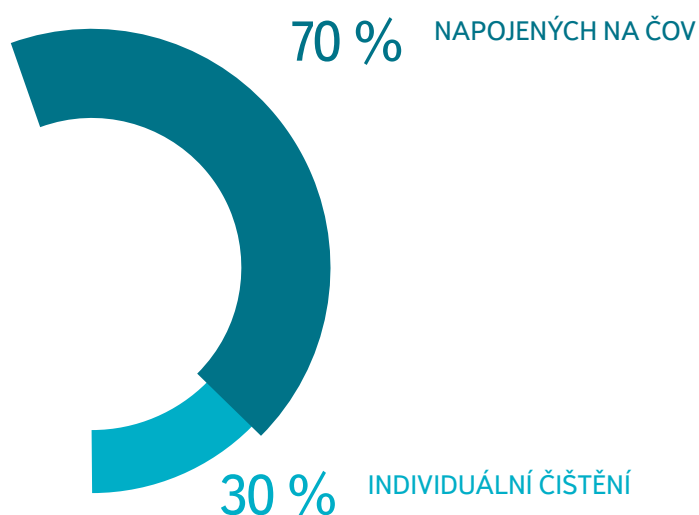
Dalším výrazným zdrojem znečištění Bílého potoka jsou vody přitékající z dočišťovacích rybníků od firmy ZŘUD Masokombinát, a. s., které se vlévají do Černého potoka v obci Sáddek. Tento jev byl v době pochůzky (20. 9. 2016) patrný pouhým okem, kdy do čiré vody Černého potoka natékala šedo-bíle kalná voda z přítoku od rybníků. Vysoké zatížení rybníků je dáno také praxí ČOV masokombinátu vypouštět do těchto nádrží čistírenský kal produkovaný čistírnou. Na tuto nezákonnou činnost byl upozorněn správce povodí, který předal věc k řešení ČIŽP.

Obce v povodí Kuřimky jsou (až na obec Svinošice) odkanalizovány do jiného povodí, na ČOV Modřice a Veverská Bítýška. Nejvýznamnějším producentem odpadních vod je v tomto zájmovém území město Kuřim. Přehled způsobů likvidace odpadních vod uvádí *obr. 7*.

Plošné zdroje znečištění

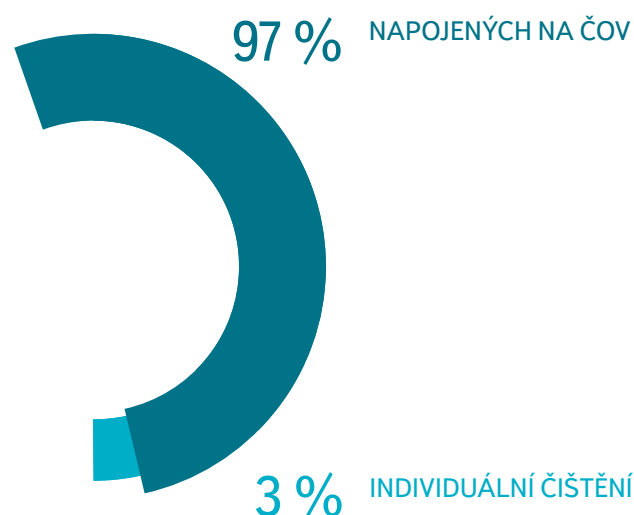
Na základě analýzy erozní ohroženosti zájmových území bylo zjištěno, že průměrná dlouhodobá ztráta půdy vodní erozí je v povodí Kuřimky ($G = 11,15 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) výrazně vyšší než v povodí Bílého potoka ($G = 4,05 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$). Důvodem je synergické působení více příčinných faktorů. V povodí Kuřimky jsou jako orná půda intenzivně využívány dlouhé svahy s průměrným sklonem nad 7° . Navíc se zde vyskytují půdy s vyšším rizikem erodovatelnosti (vyšším faktorem K). V povodí Bílého potoka je průměrná svažítost celkově nižší a strmé svahy jsou v současné době většinou zatravněny.

Koncem července 2016 proběhly v povodí Bílého potoka výrazné bouřky. Jejich účinek, při kterém došlo k vytvoření erozních rýh a transportu půdních částic (*obr. 8*), byl zaznamenán pouze na půdním bloku v k. ú. Oldřív, kde byly pěstovány brambory a řádky vedly po spádnici. Výsledky analýzy vzorků půdy a sedimentů ukazují na určitou tendenci ochuzování půdy ve vrcholových partiích o živiny a jejich akumulaci v úpatí. Tento závěr je třeba ještě potvrdit na základě opakovaní odběrů a analýz.



Obr. 6. Způsob likvidace odpadních vod v povodí Bílého potoka
Fig. 6. Way of sewage water disposal in the Bílý potok catchment

Byla vyčíslena plocha zemědělské půdy v příbřežních pásmech podél vodních toků a ploch (tabulka 3), a to ve čtyřech kategoriích: ve vzdálenosti do 5, 25, 50 a 100 m od břehové čáry. Z uvedených tabulek vyplývá, že v povodí Kuřimky sahají bloky orné půdy častěji blízko k vodním útvarům. Z celkové výměry orné půdy v povodí Kuřimky (1 600 ha) se 0,2 % vyskytuje ve vzdálenosti menší než 5 m od břehů a 3,4 % ve vzdálenosti do 25 m. V povodí Bílého potoka je jako orná půda využíváno pouze 0,03 % půdy v pásmu do 5 m a 0,6 % půdy ve vzdálenosti do 25 m.



Obr. 7. Způsob likvidace odpadních vod v povodí Kuřimky
Fig. 7. Way of sewage water disposal in the Kuřimka catchment

V povodí Bílého potoka zabírají půdy zařazené do rizikových kategorií infiltrační zranitelnosti (1 = velmi vysoká, 2 = vysoká) 4 370,5 ha, což je 43,5 % z plochy povodí (tabulka 4). V povodí Kuřimky je to potom 284 ha, což je pouze 5,8 % z plochy povodí. Riziko vyplavování živin je tedy plošně potenciálně rozsáhlejší v povodí Bílého potoka, které se také vyznačuje větším zastoupením drenážních systémů. Stavby odvodnění zaujímají v povodí Bílého potoka plochu 1 642 ha (16,34 % z plochy povodí), v povodí Kuřimky potom 352,6 ha (7,2 % z plochy povodí).

Tabulka 3. Podíl zemědělské půdy v příbřežních pásmech vodních útvarů
Table 3. Rate of agricultural land in riparian zones of water bodies

Povodí	Způsob užívání	Výměra (ha) v příbřežním pásmu				Podíl (%)			
		do 5 m	do 25 m	do 50 m	do 100 m	do 5 m	do 25 m	do 50 m	do 100 m
Bílý potok	Orná	1,1	20,8	65,4	220,6	0	0,6	1,8	6,1
	TTP	8,3	100,9	241,8	509,7	0,4	5,2	12,4	26,1
Kuřimka	Orná	2,7	53,7	130,5	291,4	0,2	3,4	8,2	18,2
	TTP	0,8	5,6	10,5	15,5	1,3	9,4	17,5	25,7

TTP = trvalý travní porost

Tabulka 4. Zařazení půd do kategorií infiltrační zranitelnosti
Table 4. Soil classification according to categories of infiltration vulnerability

Kategorie	Bílý potok		Kuřimka	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)
1	317,01	3,15	9,58	0,20
2	4053,51	40,34	274,34	5,60

Retence vody v krajině

Ze základní analýzy retence vody v krajině, uskutečněné firmou Agroprojekt PSO, s. r. o., lze vybrat následující závěry:

- Současná retence je v povodí Bílého potoka ovlivněna pouze nádržemi v Poličce a do určité míry i soustavami nádrží v k. ú. Polička a Jedlová u Poličky. Ostatní nádrže nemají významný vliv, a to buď z důvodu jejich malé velikosti, nebo z důvodu jiného účelu, než je retence (rybochovné nádrže s malým retenčním prostorem).
- V povodí Kuřimky je pouze jedna nádrž s významnějším retenčním účinkem a to nad Kuřimí.
- V povodí Bílého potoka je v územních plánech (ÚP) navržena celá řada retenčních opatření, některá jsou již ve výstavbě (např. v k. ú. Korouhev – obr. 9).
- V povodí Kuřimky jsou v ÚP navrženy dva poldry v bezprostřední blízkosti města. Jejich parametry jsou orientačně dány generelem.
- Návrh retenčních nádrží v pozemkových úpravách není, a to ani v již realizovaných.

V rámci projektu bude v další fázi rovněž prověřena retenční účinnost navržených protierozních opatření. Určité vymezení opět poskytují ÚP, kde jsou definovány lokality s ohrožením vodní erozí. Návrh optimalizovaných opatření ochrany půdy a vody a posouzení jejich účinnosti bude řešen v další fázi projektu.

Opatření ochrany půdy a vody

POZEMKOVÉ ÚPRAVY

Analýza stavu pozemkových úprav byla provedena pro katastrální území (k. ú.) vymezená povodími jednotlivých toků. V povodí Kuřimky se nachází pět katastrálních území s ukončenou komplexní pozemkovou úpravou (KoPÚ) a jedno se zahájeno. V povodí Bílého potoka KoPÚ v podstatě neprobíhají.

Z pohledu návrhu určitých opatření, která by potenciálně mohla mít vliv na zlepšení kvality vody (protierozní a vodohospodářská opatření), je možné uvést, že v rámci plánů společných zařízení (PSZ) bylo v povodí Kuřimky navrženo velmi málo a navíc realizace PSZ silně vázne. V k. ú. Moravské Knínice je v PSZ navrženo pět protierozních mezí s travnatým pásem šířky 4 m o celkové výměře cca 0,73 ha. Dále je v tomto k. ú. navržena jedna zatravněná údolnice. V k. ú. Chudčice je navrženo zvýšení podílu trvalých travních porostů (TTP) a zalesnění o celkové výměře cca 21,2 ha. Jedná se o zatravněnou údolnici v lokalitě U Dubu, dále o zatravnění v jihozápadní části území bezprostředně nad obcí. Součástí návrhu jsou dvě sedimentační jímky, které určitým způsobem omezují přísun splavenin do povrchových toků. V k. ú. Knínice byla navržena liniová zeleň podle polních cest, dále plošná výsadba na povrchu rekultivované skládky a mokřad. Z protierozních opatření je možné zmínit převedení části pozemků do TTP.



Obr. 8. Následky erozní události v povodí Bílého potoka
Fig. 8. Effect of erosion event in the Bílý potok catchment



Obr. 9. Retenční nádrž v k. ú. Korouhev
Fig. 9. Retention reservoir in Korouhev

Pro potřeby řešení projektu je skutečnost, že KoPÚ neproběhly v převážné části povodí přínosná, neboť je tak možné jako jeden z výsledků doporučit vhodná opatření, která mohou pozitivně působit na zvýšení kvality povrchové vody a retence vody v řešeném území. Rovněž je v rámci řešení projektu otevřen prostor připravit návrh opatření k omezení degradace zemědělských půd a transportu živin a splavenin do vodních toků.

OPATŘENÍ NA VODNÍCH NÁDRŽÍCH

Vliv plovoucích ostrovů osazených rostlinami na jakost vody je zkoumán ve speciálních korytech (lyzimetrech) v laboratoři VUT v Brně. První výsledky (tabulka 5) ukazují na výrazně lepší účinnosti, zejména u znečištění $N-NH_4^+$. Přestože prostor pod plovoucím ostrovem by měl vykazovat anaerobní prostředí, doprovázené nižší účinností odstranění amoniakálního dusíku, naše výstupy ukazují na naopak silnou nitrifikační schopnost ve srovnání s vodou, která je vystavena volné vodní hladině (doprovázeno vlivem slunečního záření, přestupem kyslíku hladinou apod.). Testovací lyzimetr, který je vystavený stojící vodě,

Tabulka 5. Účinnost odstranění znečištění u vybraných parametrů (%)
Table 5. Efficiency of pollution removal in chosen parameters (%)

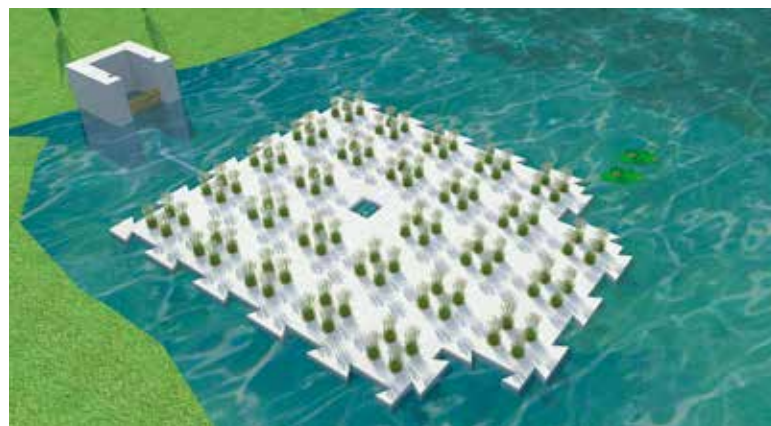
Parametr	Varianta	Den			
		7	13	21	27
N-NH₄⁺	Ostrov	86	100	100	100
	Hladina	-10	17	34	51
	Zima	-19	-7	-9	-2
CHSK	Ostrov	46	55	73	71
	Hladina	66	69	74	70
	Zima	60	58	61	63
P_{celk}	Ostrov	6	18	39	50
	Hladina	-1	-2	4	2
	Zima	0	-3	-4	-2

vykazuje již po sedmidenní expozici účinnost 86 %. Hodnotu je nutno brát jako specifickou pro dané počáteční a okrajové podmínky, zejména s ohledem na absenci průtočného prostředí.

U parametru CHSK nevykazují výsledky zásadních rozdílů, nicméně lze očekávat, že právě v případě uplatnění proudění (až bude osazeno před vypouštěcím objektem) bude docházet k účinné filtraci kořenovým systémem, což s největší pravděpodobností bude mít vliv na zachycení nerozpuštěných látek, které z větší části vytváří znečištění CHSK.

Vítaným výsledkem je vysoká účinnost v odstranění celkového fosforu (P_{celk}). V případě lyzimetru s umístěným plovoucím ostrovem se dosahuje po měsíční expozici až 50 % odstranění. Tento výsledek opět bude v reálném provozu ovlivněn řadou vnějších vlivů a vstupujících faktorů.

V současné době probíhá na výzkumném pozemku testování celkem 14 ks plovoucích ostrovů (půdorysná velikost 0,6 × 0,6 m). Pro toto nové zařízení je rozpracována přihláška užitého vzoru, založená na uspořádání plovoucího ostrova v kombinaci s vypouštěcím (požerákovým) objektem, viz obr. 10. Instalace tohoto technického řešení byla zahájena na malé vodní nádrži v povodí Bílého potoka a započne testování v poloprovozních podmínkách.



Obr. 10. Vizualizace budoucího užitého vzoru
Fig. 10. Visualization of future utility model

ZÁVĚR

Byla shromážděna vstupní data a mapové podklady k vybraným modelovým povodím. Na jejich základě a výsledků rekognoskačí terénu byla vypracovaná charakteristika území. V povodích byly zahájeny monitorovací kampaně zaměřené na obsahy sledovaných živin v půdách, sedimentech a vodách. Byla zjištěna a zdokumentována rozdílnost přírodních podmínek a charakteristik bodových a plošných zdrojů znečištění v obou zájmových povodích a tím potvrzena vhodnost vybraných území pro následné zobecnění dosažených poznatků.

Originalita výzkumného projektu spočívá v komplexním pojetí ochrany půdy a vody jako vzájemně se ovlivňujících médií, v šíři ukazatelů (N, P, nerozp. látky) a dále v kvantifikaci časoprostorové dynamiky všech jejich relevantních vstupů. Výstupy projektu poskytnou uživatelům podrobné informace o stavu a proměnlivosti plošného a bodového znečištění v zájmových subpovodích řeky Svratky. Dosažené poznatky budou zobecněny pro podmínky ČR a na základě optimalizačního matematického modelu bude vypracován variantní návrh opatření tak, aby jeho zásady mohly být účinně prosazovány v plánech povodí, pozemkových úpravách, plánovací dokumentaci. Výstup projektu také vytyčí směry, konkrétní nástroje a případně potřebné legislativní změny pro dosažení zlepšení kvality povrchových vod v povodích s ohledem na trvale udržitelné zemědělské hospodaření a tvorbu a ochranu krajiny.

Poděkování

Príspevek byl vytvořen díky podpoře MZe ČR v rámci projektu NAZV QJ1620040 a MZE RO0217. Děkujeme Povodí Moravy, s. p., za poskytnutí dat o jakosti vody z pravidelného monitoringu, údajů z limnigrafů a podkladové GIS vrstvy s lokalizací evidovaných výustí.

Príspevek byl publikován ve sborníku konference Vodní nádrže 2017, ISBN 978-80-905368-5-2.

Literatura

[1] ROŽNOVSKÝ, J., FUKALOVÁ, P. a POKLADNÍKOVÁ, H. Predikce klimatu jižní Moravy. In: *Voda v krajině*. ČHMÚ, Lednice, 31. 5.–1. 6. 2010.

[2] Usnesení vlády České republiky č. 620/2015 k přípravě realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody.

[3] ROSENDORF, P. a kol. Metodika hodnocení eutrofizačního potenciálu zdrojů fosforu v povodí vodních nádrží. In: *Vodní nádrže 2013*. Sborník. Brno: Povodí Moravy, s. p., 25.–26. 9. 2013, s. 44–50.

[4] RYŠAVÝ, S. a kol. *Jakostní model povodí Jihlavy nad VD Dalešice*. Brno: Pöyry Environment, a. s., 2013, 279 s.

[5] BUCHANAN, B., et al. Incorporating variable source area hydrology into a spatially distributed direct runoff model. *JAWRA*, 2012, vol. 48, No. 1, p. 43–60.

[6] THOMAS, I.A., et al. Improving the identification of hydrologically sensitive areas using LiDAR DEMs for the delineation and mitigation of critical source areas of diffuse pollution. *Science of the Total Environment*, 2016, 556, p. 276–290.

[7] FUČÍK, P., ZAJÍČEK, A., DUFFKOVÁ, R., and KVÍTEK, T. Water quality of agricultural drainage systems in the Czech Republic – options for its improvement. In: *Research and practices in water quality*, 2015, p. 241–262. DOI: 10.5772/59298.

[8] NOVÁK, P., DVOŘÁKOVÁ, E., MICHLÍČEK, E., SLAVÍK, J. a HARTLOVÁ, L. Metodika konstrukce syntetických map potenciální zranitelnosti podzemních vod pro území České republiky. *Geodetický a kartografický obzor*, 2010, 9, s. 189–193.

[9] FUČÍK, P. a kol. *Posuzování vlivu odvodňovacích systémů a ochranných opatření na jakost vody v zemědělsky obhospodařovaných povodích drobných vodních toků*. Metodika. Praha: VÚMOP, v. v. i., 2010, 90 s.

[10] MAŤA, M. a METELKA, T. *Informační podpora procesu plánování v oblasti vod a naplnění požadavků Rámcové směrnice*. Praha: MZe ČR, DHI Hydroinform a. s., 2005, 47 s. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/37094/IPPPPOV_v_2_1_.pdf

[11] MIKE BASIN [online]. ©DHI, 2016. [cit. 24. 11. 2016]. Dostupné z: <https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-hydro-basin>

[12] HEJZLAR, J. a kol. Vliv eutrofizace na jakost vody v nádržích: metodika hodnocení přísunu živin z povodí a protieutrofizační odolnosti nádržového ekosystému. In: *Pitná voda 2008*, České Budějovice: W&ET Team, 2008, s. 47–52.

[13] Bílý potok [online]. © Povodí Moravy, s. p., 2017. [cit. 17. 10. 2017]. Dostupné z: http://www.pmo.cz/pop/2009/Dyje/end/inf_listy/prilohy/D030.pdf

[14] Brněnská nádrž [online]. © Povodí Moravy, s. p., 2017. [cit. 17. 10. 2017]. Dostupné z: http://www.pmo.cz/pop/2009/Dyje/end/inf_listy/prilohy/D045.pdf

[15] NOVOTNÝ, I., VOPRAVIL, J. a kol. *Metodika mapování a aktualizace BPEJ*. Praha: VÚMOP, v. v. i., 2013, 174 s.

Autoři

Ing. Jana Konečná, Ph.D.¹

✉ konecna.jana@vumop.cz

Mgr. Petr Karásek¹

✉ karasek.petr@vumop.cz

Ing. Petr Fučík, Ph.D.¹

✉ fucik.petr@vumop.cz

doc. Ing. Jana Podhrázká, Ph.D.¹

✉ podhrazska.jana@vumop.cz

Ing. Roman Hanák²

✉ roman.hanak@aquatis.cz

Ing. Stanislav Ryšavý²

✉ stanislav.rysavý@aquatis.cz

Ing. Lukáš Sýkora²

✉ lukas.sykora@aquatis.cz

Ing. Petr Doležal³

✉ petr.dolezal@agroprojektpsoc.cz

Ing. Michal Křiška, Ph.D.⁴

✉ kriska.m@fce.vutbr.cz

Ing. Michal Pochop¹

✉ pochop.michal@vumop.cz

Ing. Josef Kučera¹

✉ kucera.josef.jr@vumop.cz

Ing. Svatava Křížková¹

✉ krizkova.svatava@vumop.cz

¹Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i.

²AQUATIS, a. s.

³Agroprojekt PSO, s. r. o.

⁴VUT v Brně

Příspěvek prošel lektorským řízením.

PRINCIPLES OF APPROACH TO OPTIMIZATION OF WATER AND SOIL PROTECTION IN THE SVRATKA RIVER SUB-BASINS

**KONECNA, J.¹; KARASEK, P.¹; FUCIK, P.¹; PODHRAZSKA, J.¹;
HANAK, R.²; RYSAVY, S.²; SYKORA, L.²; DOLEZAL, P.³;
KRISKA, M.⁴; POCHOP, M.¹; KUCERA, J.¹; KRIZKOVA, S.¹**

¹Research Institute for Soil and Water Conservation, p. r. i.

²AQUATIS, a. s.

³Agroprojekt PSO, s. r. o.

⁴BUT in Brno

Keywords: Svratka river catchment –
point and non-point pollution sources –
nitrogen – phosphorus – suspended solids –
water quality mitigation measures

Presently a demand of sustainable maintenance of water quantity and quality is more and more accented in context of population booming and actual climate change. A research project no. QJ1620040, supported by the Czech Agricultural Research Agency, has started in 2016 with the aim to assess the options for reduction of water pollution both from point and non-point sources with suspended solids, nitrogen and phosphorus in drinking water sources catchments. Based on consultations with Povodí Moravy, s.p. (Morava River Management Authority), two model catchments were chosen in the Svratka river watershed: catchment of Bílý potok (near the Polička town) and Kuřimka. Monitoring of soils, sediments, water quality and hydrological characteristics and systematic terrain investigation proceeds in these model catchments. Results from the year 2016 show differences of both catchments in natural and agricultural conditions, degree of soil erosion and the extent of soil areas with low water and nutrient retention capacity. Pollution load pattern from point sources is different too in these catchments. Outputs of the project will be finished in 2018. A qualitative catchment hydrochemical model will be assembled as well as a methodics "Optimization of water and soil protection in drinking water resources basins". Further, a new utility design will be prepared for elimination of risky substances transport from small water reservoirs to streams.