

VARIABILITA KONCENTRACÍ MAKRONUTRIENTŮ V TYPOVÝCH OBCÍCH POVODÍ VN ŠVIHOV A JEJICH TRANSFORMACE VE VODNÍCH EKOSYSTÉMECH

**Daniel Fiala, Pavel Rosendorf, Jiří Kučera, Miroslav Váňa, Lada Stejskalová a Lenka
Matoušová**

*Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Podbabská 30, Praha 6, 160 62
e-mail: daniel.fiala@vuv.cz*

Souhrn

Pro získání dat potřebných v bilančním modelu povodí VN Švihov jsme i v roce 2018 měřili denní emise živin (C, N, P) a farmak. Sledování jsme ale provedli na polovičním počtu obcí oproti roku předchozímu, abychom mohli „prodloužit“ kvantitativní měření osudu uvedených látek o jejich transformace níže. Vybrané obce nadále reprezentují rozdíly jak ve velikosti (65-15.500 napojených obyvatel), tak ve vodohospodářské infrastruktuře (obce s ČOV vs. obce s volnou kanalizační výustí). Naměřené hodnoty dobře postihují širokou variabilitu koncentrací na přítocích do ČOV, resp. na odtocích z volných výustí veřejné kanalizace a následně různé míry transformace v čistírnách a ještě dále ve vodních tocích, či v biologických rybnících. Sledování všech parametrů i profilů jsme prováděli plně automaticky ve třech 24-hodinových periodách. V článku je shrnuta pouze část výsledků z druhého roku probíhajícího projektu zaměřených na analýzy živin a detailní popis lokalit. Po dokončení chemické analýzy farmak a zejména výpočtech průtoků budou následovat odhady denní produkce a díky použití prostých směšovací rovnic i vyhodnocení bilančních toků živin a farmak ve vodních ekosystémech.

Klíčová slova: komunální zdroje odpadních vod; eutrofizace; fosfor; farmaka, povodí VN Švihov;

Summary

In the present stage of model building, we search for equations relating size of the xenobiotic sources with common characteristics such as the number of inhabitants living in the municipality and type of installed wastewater infrastructure. In the second year of a continuing study, we focus also on transforming factors playing important role in the next fate of studied matters as they flow from the sources within the different channels and ponds. Particular objective of presented article is precise description of sampling profiles and techniques used in 2018. Fully automated works on that scheme resulted in a wide spectrum of nutrient concentrations measured along the longitudinal sequences. Evaluation of PPCP and computation of discharges will follow in near future.

Keywords: point-sources of pollution; eutrophication; phosphorus; PPCP, Švihov reservoir's basin;

Úvod

Nejen v ČR trpí mnoho prací sledujících zdroje a osudy farmak ve vodních ekosystémech nedostatečným popisem variability klíčových procesů. Ta na počátku hypotetického řetězce sousledností pramení jak z demografických charakteristik lokality [1], resp. širšího povodí, tak z instalované vodohospodářské infrastruktury [2], která působí v určitých aspektech jako vyšší organizační úroveň, odolávající zcela redukcionistickému popisu. Další vrstvou působící na hranici mezi zdroji a prostředím je charakterizace hydrologických podmínek [3]. Následují škály hydromorfologických charakteristik (typ a členitost dna, břehů, proudění, oslunění, aj.) a ekologických vztahů (biodiverzita ekosystémů, intenzita životních procesů apod.), hrajících rovněž důležitou roli. Celkový komplex časoprostorových vztahů je ale příliš složitý pro modelování prostého postupu sledovaných látek povodím, když chceme odhalit kritická místa systému. Proto je nutné vyhledávat klíčové faktory působící ale v různých fázích popsaných sousledností [4].

Pro rok 2018 jsme se vedle sumarizace zdrojů [5] zaměřili také na podchycení variability transformačních procesů. V roce 2017 obsažené profily (v obcích s volnou kanalizační výustí), popř. páry profilů (v obcích s ČOV) jsme redukovali v počtu a rozšířili v délce. Namísto dvaceti sledovaných obcí jsme se věnovali jen deseti, ale u každé jsme vzorkovali i na víceméně přirozené trati toku. Protože analýzy PPCP jsou mnohem dražší a časově nesrovnatelně náročnější, dostali jsme se do stavu „poloslepého“ odhadování okolností vhodných k dalšímu průzkumu. Z předloňských setů jsme tedy

zúžený výběr prováděli více intuitivně. Až po zhotovení všech analýz xenobiotik a úplném přepočtu průtoků bude jasné, nakolik byly naše odhady odnosů a transformací správné.

Článek je tedy dalším z řady výstupů druhým rokem probíhajícího projektu „Ochrana kritické infrastruktury - vodního zdroje Želivka - před účinky PPCP a pesticidů v podmínkách dlouhodobého sucha“.

Metody

V každé lokalitě byly sledovány alespoň dva profily umožňující kvantitativní vyhodnocení emise a její transformace (zdroj OV – potok/biologický rybník). V terénu byla na předem vytipovaných profilech vyhledána, popř. upravena, místa vhodná pro odběr vzorků, měření průtoků a měření vodivosti. Z technických důvodů se nejednalo vždy o jedno místo pro všechny tři činnosti, které byly plně automatizovány. Odběr vzorků probíhal pomocí přenosných autosamplerů SIGMA a ISCO s nastavením sání na 4x120 ml za hodinu a 24 dílčích vzorků za den, bez proplachu. Během vzorkování byly vnitřky karuselů chlazený ledem, dle možností vyměňovaného. Pro měření průtoků byly do potoků instalovány překližkové přelivy s měrným profilem podle Thompsona (90°) nebo Cipollettiho (lichoběžník se sklonem stran 1:4). U ČOV a VK byly využity stávající měrné profily (Thompson, Cipolletti, Parshall) nebo byly přelivy vloženy přímo do kanalizační roury. Výška hladiny byla registrována každých 60 sekund pomocí tlakových čidel Solinst Levellogger® Edge s korekcí na změny atmosférického tlaku (od listopadu byla používána sada nových čidel). Podle několika manuálních měření průtoků provedených během sledování přímou metodou a současného změření výšky paprsku byly korigovány zaznamenané výšky hladin a z konzumpčních křivek vypočten průtok. Pouze v jediném případě (hlavní kanalizační řad v Pelhřimově profil nad nemocnicí) byla z bezpečnostních a technických důvodů registrována pouze výška hladiny bez možnosti přímého výpočtu průtoků. Přenosné multimetry HACH a WTW registrovaly hodnoty z vodivostních sond v režimu intervalového měření každých 5 minut po dobu měření (24 hodin).

Po instalaci profilů, revizi jejich těsnosti, upevnění sacích hadic, tlakových čidel, vodivostních sond a nezbytném usazení kalu byly samplery a multimetry zapnuty v pořadí od nejhořejšího profilu dolů po proudu, v co nejkratším čase. Start jednotlivých měření proběhl obvykle v dopoledních hodinách pracovního dne (Po-St). Přípravy profilů měřicí a odběrové techniky prováděly v nejsložitějším případě (Pelhřimov) čtyři osoby se třemi automobily prakticky celé dopoledne. Během 24-hodinové periody byly všechny profily z bezpečnostních a technických důvodů kontrolovány a aktuální hodnoty, včetně poruch, průběžně zaprotokolovány. Při transportu byly vzorky chlazeny a ve tmě. Data ze sond a čidel byla zálohována a uložena po návratu do laboratoře, protokoly archivovány.

V akreditované laboratoři VÚV T.G.M., v.v.i. byly ihned po příjezdu doporučně slity směsné vzorky ze všech 24 dílčích vzorků, aby mohl být bez prodlení odlit směsný podíl na pozdější stanovení PPCP (50ml vzorku do tří 100ml vzorkovnic - 2x sklo, 1x plast, zamražen a uchován ve tmě při -15 °C; Farmaka jsou stanovována v akreditované laboratoři Povodí Vltavy, s.p. v Plzni, výsledky nejsou kompletní, nebudou zde uváděny). Nejdéle druhý den byly provedeny chemické analýzy dílčích vzorků: vodivost, NH₄ -N a TP (vodivost ve všech, N a P pouze v lichých vzorcích). Podle povahy parametru byly do tří dnů stanoveny chemické parametry ve směsných vzorcích: vodivost, CHSK_{Cr}, NH₄-N, NO₃-N, TP, PO₄-P.

Lokality

Na základě rozsáhlých zkušeností celého povodí [1] byly pro rok 2018 z loňského souboru vybrány pouze takové obce, kde všechny profily splnily nejnáročnější požadavky na přesnost měření průtoků a odběr vzorků (tab. 1). Hlavním kritériem výběru byla možnost dostatečně účinné, ale i prokazatelné transformační kapacity pod profilem odtoku OV z obce (podle typu VHI jde výust' VK nebo odtok z ČOV). Dostatečností nebyla sledována pouze přítomnost dlouhé trasy potoka, popř. velká kapacita rybníku, ale také hydrologická a hydrochemická superpozice sledovaného zdroje. Očekávané koncentrace farmak na odtoku OV jsou totiž v řádech nanogramů a jejich vysoké zředění přirozeným

průnikem dalších přítoků na trase by rovnou znamenalo podkročení meze stanovitelnosti, čili apriorní neprokazatelnost výsledků. Zdrojové emise OV tak měly být dominantní složkou i na posledním profilu a nesměly být na trase ovlivněny jiným přísunem. Ve výsledku bylo akceptováno pouze hydrologické nařazení chemicky neovlivněnou vodou z podloží nebo nevýznamných lesních přítoků. Ve dvou případech (D. Kralovice a Tomice), kdy odtok OV netvoří přímo potok, ale vlévá se do potoku ze strany, byly sledovány tyto profily jako „přítok shora“, abychom mohli vyloučit kontaminaci, resp. kvantifikovat ředění před začátkem transformačního úseku.

Na rok 2018 jsme plánovali tři odběrové série v odlišných, ale vyrovnaných hydrologických podmínkách (jaro, léto a podzim). Vzhledem k extrémnímu suchu, technické náročnosti a meteorologickým podmínkám se nepodařilo dokončit poslední obec (Pelhřimov) ve druhé sadě. Tento odběr, předpokládáme, bude doplněn na jaře roku 2019 spolu s celou třetí sérií a pravděpodobně již za vyšších, tedy normálních jarních průtoků.

Počáteční soubor dvaceti obcí sledovaných v roce 2017 byl redukován na poloviční počet (10 lokalit). Naopak počet odběrových profilů na lokalitě byl dvojnásobný, takže počet směsných vzorků odebraných z jedné série byl i v roce 2018 prakticky totožný (celkem 34 profilů). Velikostní spektrum obcí bylo zachováno, nejmenší sledovanou lokalitou byly Přáslavice (65 obyv.), největší Pelhřimov (15.000 obyv.). Stejně tak zůstal zachován poloviční poměr obcí podle VH infrastruktury (5x ČOV + 5x VK).

Na jednotlivých lokalitách došlo oproti roku 2017 k drobným posunům odběrových profilů a byly vymezeny další, „transformační“ profily. Proto zde uvádíme podrobný popis lokalit a profilů. V případech, kde nejsou místa odběru vzorků, měření výšky hladiny a vodivosti shodná (3 in 1), uvádíme je specificky.

Tab. 1. Základní parametry 10 obcí sledovaných v roce 2018: typ vodohospodářské infrastruktury (VH); počet odběrových profilů; počet obvykle bydlících obyvatel (SBDL 2011) napojených na kanalizaci, * u Pelhřimova napojeno více obcí; délka potoka, na které je sledována transformace látek; plocha biologických rybníků (rybníků); charakter toku a převládající materiál dna

obec - VH	profilů	obyv.	délka toku [m]	BR [ha]	charakter
Pelhřimov - ČOV	6	15410*	0	4,59+ 3,42	2x BR
Čechtice - ČOV	4	962	320	0,20+0,13+0,11	3x BR, přirozený tok, jíl
D. Kralovice - ČOV	5	633	1350	0,52	BR, přirozený tok, štěrk
Kožlí - ČOV	4	510	560	0,15	BR, kamenitá strž, štěrk
Tomice - ČOV	4	136	750		polopřirozený tok, štěrk
Kámen - VK	3	219	410	(1,94)	HMZ, dlážděné zarostlé dno
Mladé Bříště - VK	2	169	330		přirozený tok, písek
Pošná - VK	2	147	250+80		přirozený tok, kameny
Proseč - VK	2	93	600		přirozený tok, štěrk, písek
Přáslavice - VK	2	65	230		lesní strž, štěrk, písek

Pelhřimov (15.410 napojených obyv.) je okresní město s převážně jednotnou kanalizací a velmi moderní a perfektně řízenou ČOV vybavenou terciálním stupněm na srážení fosforu a dvěma biologickými rybníky (4,6 a 3,4 ha). Přítomna je jediná nemocnice (340 lůžek) v povodí VN Švihov a domov pro seniory (121 lůžek). Sledováno bylo celkem 6 profilů.

1) šachta VK pod nemocnicí - profil byl posunut od vysoké zdi nemocničního areálu o několik šachet níže k Bělé, protože prudký proud strhával sací hadici spolu s ucpávkou (pytel písku zavěšený na

provázku) a znemožňoval instalaci drahé techniky. Využita byla šachta na chodníku před autoservisem (ul. Humpolecká) na hlavní křižovatce. Do VK (Ø 40 cm) instalován půlkruhový přeliv s Cipollettiho přepadem (15 cm na bázi). Obě čidla byla připevněna k přelivu spolu se sací hadicí (3 in 1).

2) šachta VK pod Domovem pro seniory – profil shodný s r. 2017. Do roury VK (Ø 38 cm) instalován půlkruhový přeliv s Cipollettiho přepadem (15 cm na bázi). Běžný výskyt jednorázových plen a velmi hrubých nečistot, které při malém spádu tvoří akumulace na hraně, nutná častá kontrola (3 in 1).

3) šachta VK nad nemocnicí – profil charakterizující běžné obyvatelstvo před přítokem OV z obou hot-spots. Pro teoretickou možnost kontaminace OV z nemocnice a výpadky při odběrech 2017 byl profil posunut o dvě šachty výše, na parkoviště za obchodem (ul. Václava Petru č.p. 1472) a restaurací Ponte di Pietra. Nutno zaparkovat vlastní vůz nad šachtu. V hlavním sběrači nebylo možno měřit průtok, protože nemá geometrický profil, ale navíc velmi silný proud s množstvím hrubých nečistot strhával sací koš. Tlaková sonda a sací hadice upevněny na tyči ke stěně šachty.

4) přítok na ČOV - vzorky byly odebírány za šoupětem před jemnými česlemi, vodivost měřena tamtéž. Data o průtoku (Parshall) převzata od provozovatele.

5) odtok z ČOV - vzorky byly odebírány z roštu nad společným odtokem z terciálních nádrží, vodivost tamtéž, data o průtoku (Parshall) převzata od provozovatele.

6) odtok z 2. BR - aby veškerá voda protékala měřitelnou výpustí a nikoli bezpečnostním přepadem, byla s týdním předstihem uvolněna mříž v požeráku a odstraněna vegetace. Sampler byl připoután k zábradlí požeráku, vzorky odebrány z hladiny rybníku, vodivost měřena tamtéž. Do roury (Ø 50 cm) z vnějšku instalován půlkruhový přeliv s Cipollettiho přepadem (25 cm na bázi), ale průtok byl na hranici měřitelnosti (nestabilní hladina a silný proud).

Čechtice (962 napojených obyv.) je město s jednotnou kanalizací a dožívající ČOV (Kombiblok s nitrifikací a denitrifikací, v provozu pouze jedna paralelní linka) vybavenou simultánním srážením P a třemi téměř zcela zanesenými biologickými rybníky (0,20; 0,13 a 0,11 ha) v havarijním stavu. Sledovány byly celkem 4 profily.

1) přítok na ČOV – vzorky odebírány ve žlabu za vstupní UN, těsně před Thompsonovým měrným přelivem (3 in 1).

2) odtok z ČOV - vzorky odebírány z roštu nad DN, průtok měřen v Parshallově žlabu (š = 7,5 cm), vodivost tamtéž.

3) odtok z 3. BR - do odtokové roury (Ø 120 cm) byl instalován půlkruhový přeliv s Cipollettiho přepadem (25 cm na bázi) (3 in 1).

4) potok - protéká přirozeným jílovitým korytem mezi loukami, sporadicky zastíněn vrbami. Těsně nad soutokem s PP Lučního potoka, 320 m pod odtokem z BR, byl instalován přeliv s Cipollettiho přepadem (15 cm na bázi) (3 in 1).

Dolní Kralovice (633 napojených obyv.) je obec s jednotnou kanalizací a solidně udržovanou ČOV (Biocleaner s nitrifikací a denitrifikací), vybavenou chemickým srážením P a jedním biologickým rybníkem (0,52 ha) z části zanešeným sedimenty. Sledováno bylo celkem 5 profilů.

1) přítok na ČOV – vzorky odebírány ve žlabu před automatickými česlemi, vodivost tamtéž. Měření výšky hladiny pouze orientační, protože není geometricky definovaný profil a OV je čerpána z jímky. Data o průtoku převzata z odtoku a pro verifikaci i od provozovatele (měřeno na také odtoku).

2) odtok z ČOV - vzorky odebírány ze šachty pod DN, těsně před Thompsonovým přelivem (3 in 1).

3) odtok z BR - vzorky odebírány z požeráku, vodivost tamtéž (1. série) nebo z bezpečnostního přelivu, vodivost tamtéž (2. série), protože byl přívalem mezi odběry zcela ucpán. Ve zpevněném prahu koryta společného vodám odtoku i přepadu je kolegy z VÚV T.G.M. instalován přeliv s Cipollettiho přepadem (22,5 cm na bázi).

4) potok – protéká přirozeným kamenitým korytem s mocnými šterkovými náplavy smrkovým lesem v OP nádrže. Cca 1350 m pod BR, těsně před soutokem s PP od Zahrádkic (možná kontaminace), byl instalován přeliv s Cipollettiho přepadem (25 cm na bázi) (3 in 1).

5) přítok shora – těsně nad ústím odtoku z ČOV, tj. asi 75 m nad začátkem vzduť BR (!) byl na Zahrádkickém potoce instalován přeliv s Thompsonovým přepadem (3 in 1). Do potoka nejsou svedeny žádné OV, ani VK z horní části obce.

Kožlí (510 napojených obyv.) je obec s jednotnou kanalizací a dobře udržovanou ČOV (cirkulační oběh s řízenou zónou nitrifikace a denitrifikace), vybavenou chemickým srážením P a jedním biologickým rybníkem (0,15 ha) s provzdušňováním hladiny. Sledovány byly celkem 4 profily.

- 1) přítok na ČOV – vzorky odebírány ve žlabu za česlemi před Thompsonovým přelivem (3 in 1).
- 2) odtok z ČOV - vzorky odebírány z odtoku DN, vodivost měřena tamtéž. Průtok měřen v ústí odtokového potrubí do BR, do roury (Ø 59 cm) instalován půlkruhový přeliv s Thompsonovým přepadem.
- 3) odtok z BR – cca 50 m pod hrází BR je ve zpevněném korytě kolegy z VÚV T.G.M. instalován přeliv s Cipollettiho přepadem (22,5 cm na bázi) (3 in 1).
- 4) potok – protéká smrkovým lesem v přirozeném korytě v kamenité strži se štěrkovými výplněmi. Po 560 m na patě aluviálního kuželu instalován přeliv s Cipollettiho přepadem (25 cm na bázi) (3 in 1).

Tomice (136 napojených obyv.) je obec s jednotnou kanalizací a solidně udržovanou ČOV (typ OMS Walter) vybavenou chemickým srážením P. Sledovány byly celkem 4 profily.

- 1) přítok na ČOV – vzorky odebírány z hluboké přečerpávací jámy, vodivost tamtéž, výška hladiny pouze orientačně, bez možnosti zpřesnění. Data o průtoku převzata z odtoku a pro verifikaci i od provozovatele (měřeno také v odtokové šachtě).
- 2) odtok z ČOV - vzorky odebírány z odtoku DN, vodivost tamtéž, průtok měřen v měřicí šachtě na Thompsonově přelivu.
- 3) potok – 750 m potoka protéká z části v napřímeném korytě mezi loukami nivy a poté přirozeným korytem ve smrkovém lese se štěrkovým až písčítým dnem. Před soutokem s PP od Dolních Kralovic, pod velkým mostem bývalé silnice, byl instalován přeliv s Thompsonovým přepadem, ale vzorky byly odebírány již z tůně pod přepadem, vodivost měřena tamtéž.
- 4) přítok shora – Tomický potok má nad obcí poměrně velké povodí (asi 7 km²), převážně lesnaté (smrk) s ornou půdou a několika rybníky. V propustku cesty, asi 20 m nad ústím odtoku z ČOV, byl do roury (Ø 95 cm) instalován půlkruhový přeliv s Cipollettiho přepadem (15 cm na bázi) (3 in 1).

Kámen (219 napojených obyv.) je obec s jednotnou kanalizací zakončenou dvěma volnými výústmi (podle PRVK má VK dokonce tři volné výusti, ale severní se nikdy nepodařilo najít a ověřit). Hlavní výúst se nachází nad silnicí do Dobré vody a OV z ní protékají silničním propustkem do HMZ. Malá jihovýchodní samostatná větev z r. 2008 odvádí předčištěné OV od 11 rodinných domů. Tato druhá větev ústí 60 m pod propustkem, zleva do společného koryta. Potok, resp. HMZ má plnými tvárnici vydlážděné dno, které ze břehů zarůstá drnem. V několika partiích je dlažba natolik narušena, že nelze instalovat a utěsnit přeliv s dostatečným vzdutím. Jedinou možností bylo využití propustku a vizuální kontroly levobřežní, jinak ignorované větve VK, která po většinu času pouze nepatrně ronila relativně čisté OV. Sledovány byly 3 profily.

- 1) ústí VK – těsně u silničního propustku byl na spodní konec roury (Ø 60 cm) instalován půlkruhový přeliv s Thompsonovým přepadem (3 in 1).
- 2) potok – HMZ má rozpadající se dlažbu na dně a zarůstá drnem ze břehů. Cca 410 m od propustku byl instalován přeliv s Thompsonovým přepadem (3 in 1).
- 3) rybník – Dolní Konopný rybník (1,94 ha) zachytává a výrazně transformuje OV přitékající z obce Kámen. Během celého sledování r. 2018 byl jen částečně napuštěný, tj. bez odtoku. Proto byl odebrán pouze bodový vzorek z hladiny u hráze. Horní Konopný rybník rovněž bez odtoku.

Mladé Bříště (169 napojených obyv.) je obec s jednotnou kanalizací zakončenou volnou výústí, kterou odtékají OV předčištěné v septicích spolu se zatubněným potokem. Sledovány byly 2 profily.

- 1) ústí VK a zatrubněného potoka - do roury (Ø 80 cm) byl instalován přeliv s Cipollettiho přepadem (15 cm na bázi) (3 in 1).
- 2) potok – přirozený tok s písčítým dnem protéká nivou mezi loukami v úzkém pruhu olšiny. Cca 330 m pod výústí byl instalován přeliv s Cipollettiho přepadem (25 cm na bázi) (3 in 1).

Pošná (147 napojených obyv.) je obec s jednotnou kanalizací zakončenou volnou výústí. I přes uvedené septiky (PRVK) odtékají z výusti ředěné OV s čerstvými fekáliemi. Sledovány byly 2 profily.

- 1) ústí VK a zatrubněného potoka - od r. 2017 došlo k rozpadu závěrečného úseku VK a nebylo možné utěsnit spáry trubek pro přesné měření průtoku. Proto bylo postoupeno o 80 m výše a do roury (Ø 60 cm) byl v kontrolní šachtě VK instalován půlkruhový přeliv s Thompsonovým přepadem (3 in 1).
- 2) potok – nepočítáme-li 80 m zatrubněného toku od kontrolní šachty k výusti, tak na přirozeném toku s velkým spádem a kamenitým dnem, cca 250 m od výusti, byl instalován přeliv s Cipollettiho přepadem (15 cm na bázi) (3 in 1).

Proseč (93 napojených obyv.) je obec s jednotnou kanalizací zakončenou volnou výustí. I přes uvedené septiky (PRVK) také zde odtékají z výusti OV s velmi hrubými splašky a čerstvými fekáliemi. Na návsi je domov pro seniory (85 lůžek) s vlastní ČOV, ale velmi problematické funkce. Sledovány byly 2 profily.

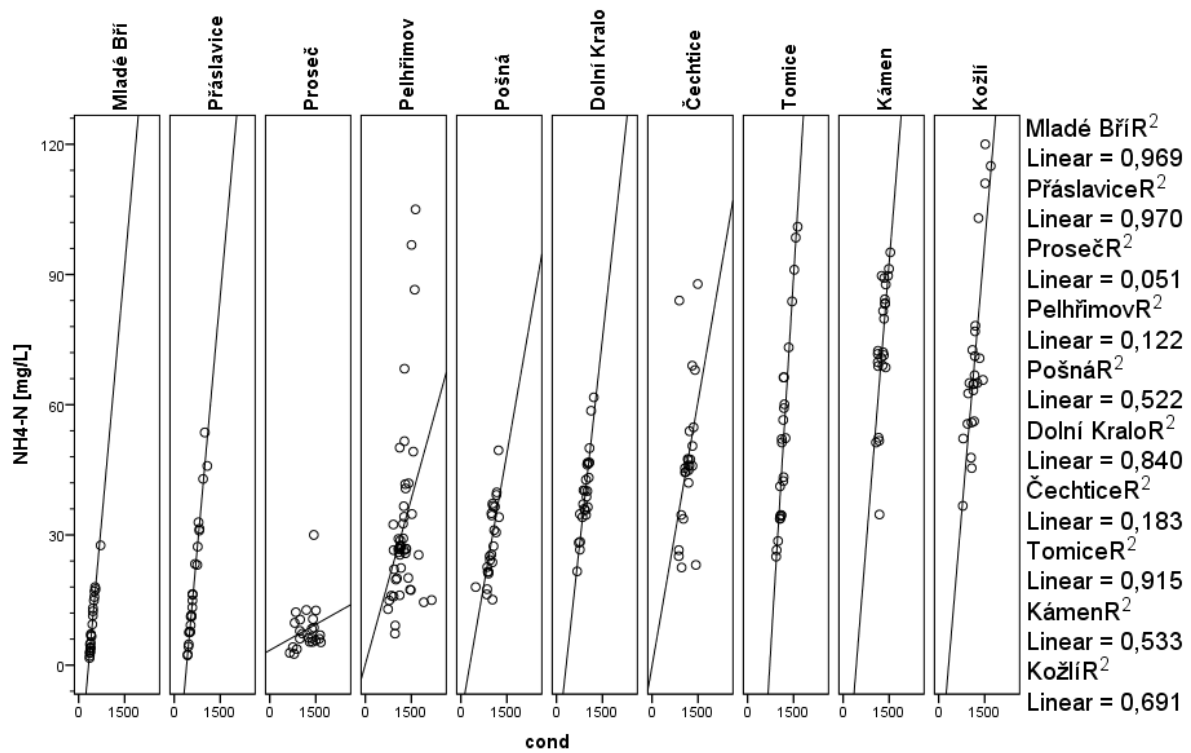
- 1) ústí VK a zatrubněného potoka - do roury (Ø 30 cm) byl instalován půlkruhový přeliv s Thompsonovým přepadem (3 in 1).
- 2) potok - přirozený tok protéká loukami nad a smrkovým lesem pod železnicí. Dno je tvořeno svrchu hlinitými sedimenty, v lese potom štěrkem a pískem. Cca 600 m od výusti VK byl instalován přeliv s Cipollettiho přepadem (15 cm na bázi) (3 in 1).

Přáslavice – (65 napojených obyv.) je nejmenší sledovaná obec s jednotnou kanalizací zakončenou volnou výustí. Sledovány byly 2 profily.

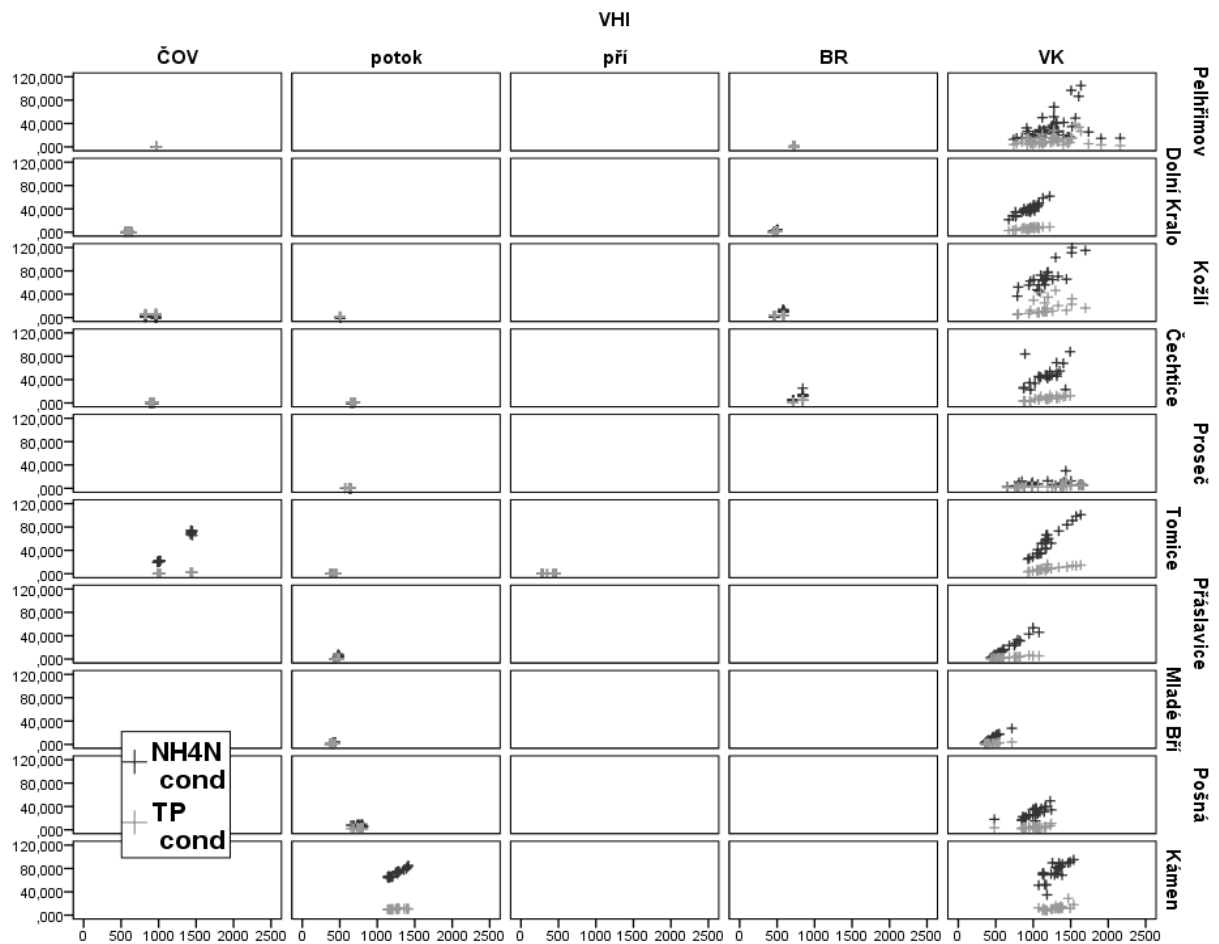
- 1) ústí VK – na sz. okraji obce byl do ústí roury VK (Ø 80 cm) instalován půlkruhový přeliv s Thompsonovým přepadem (3 in 1). V 1. sérii byl přepadávající proud zachycován do plastové bedny s Thompsonovým přepadem, ale i přes vložení tlumiče docházelo k vibracím, které ovlivňovali měření výšky hladiny. Proto jsme při 2. sérii vložili standartní přeliv přímo do ústí roury.
- 2) potok – prudce spadá strží, zprvu mezi poli, poté smrkovým lesem, na jejím dně jsou mocné náplavy štěrku, písku a kamení. V dolní části byl instalován přeliv s Cipollettiho přepadem (15 cm na bázi) (3 in 1). Po 1. sérii došlo k tak velké průtrži, že dokázala přeskupit potoční sedimenty v celé dolní části toku, podél celého okraje louky. Písek a štěrk ve 100 m dlouhém úseku zcela vyplnily koryto a zasypaly přeliv. Následkem toho se voda z původní trasy zcela ztratila (nebyla nalezena ani v hloubce 1,5 m v několika kopaných sondách), a proto jsme museli instalovaný přeliv přemístit z louky o 70 m výše, na konec lesního úseku. Nová trasa od výusti VK je 230 m dlouhá.

Výsledky a diskuse

Na rok 2018 jsme původně plánovali tři série odběrů během roku, abychom podchytili vliv rozdílných hydrologických podmínek. Díky technické a organizační náročnosti jsme začali vzorkování až 6.6.2018 a kromě letních prázdnin a deštivých period pokračovali ve dvoudenních odběrech (15x) až do 13.11.2018. Bohužel extrémní sucho a teplo v první polovině roku znamenalo, že jsme 1. sérii museli považovat za „letní“, a proto jsme druhou sérii odkládali více k podzimu. Ten naopak přinesl mnoho dní s bouřkami a silnými dešti, které znamenali automatické odložení odběrů. Z loňských zkušeností máme potvrzeno, že technologie zejména menších ČOV je intenzivní srážkou destabilizována na několik dnů. Ve výsledku jsme tak dokončili pouze druhou sérii měření (62 směsných vzorků) bez Pelhřimova, kde jsme výjezd museli 3x odložit kvůli dešti, prováděným proplachům VK a následnému sněžení (solení chodníků a silnic). V tomto článku nebude vliv sezóny analyzován.



Obr. 1.: Vzájemná korelace mezi vodivostí a koncentrací $\text{NH}_4\text{-N}$ na prvním profilu každé lokality



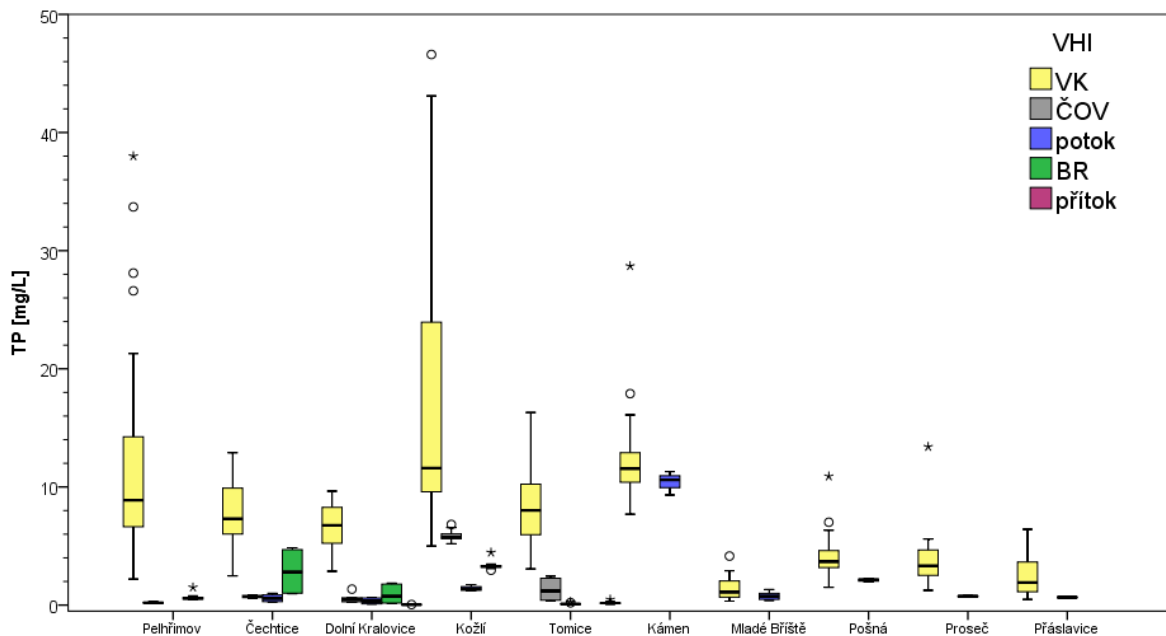
Obr. 2.: Korelační matice mezi vodivostí vs. koncentrací $\text{NH}_4\text{-N}$ a TP na podélném profilu lokalit

Naopak velkou pozornost jsme zaměřili na popis korelačních vztahů mezi snadno měřitelnou vodivostí a přímým parametrem komunálního znečištění, tj. amoniakálním dusíkem nebo celkovým fosforem. Korelace jsou podle předpokladů velmi silné zejména na prvním profilu, tj. na přítoku OV na ČOV nebo výtoku z VK (obr. 1) a během čištění a transformace postupně slábnou (obr. 2). Stejně tak „po proudu“ mizí i charakteristické rozdíly mezi lokalitami. Např. v D. Kralovicích nebyl v potoce po 1,3 km stanoven žádný $\text{NH}_4\text{-N}$. Naopak silný vztah zachovaný pod obcí Kámen dokazuje minimální transformaci látek, je-li tok v degradovaném stavu. Obě dvojice parametrů spolu na většině lokalit dobře korelují, s výjimkou Proseče, Pelhřimova a Čechtice. V Pelhřimově je to dáno zahrnutím všech čtyř různorodých profilů VK do jedné skupiny. U Proseče bude pravděpodobná příčina slabé vazby v nadměrném používání jiných chemických přípravků v Domovu pro seniory, resp. specifickou vodivostí v tamní ČOV. U Čechtice nám vysvětlení chybí. Uvedené korelační vztahy v budoucnu využijeme pro detailnější dopočet celkové emise OV, resp. farmak v nich obsažených.

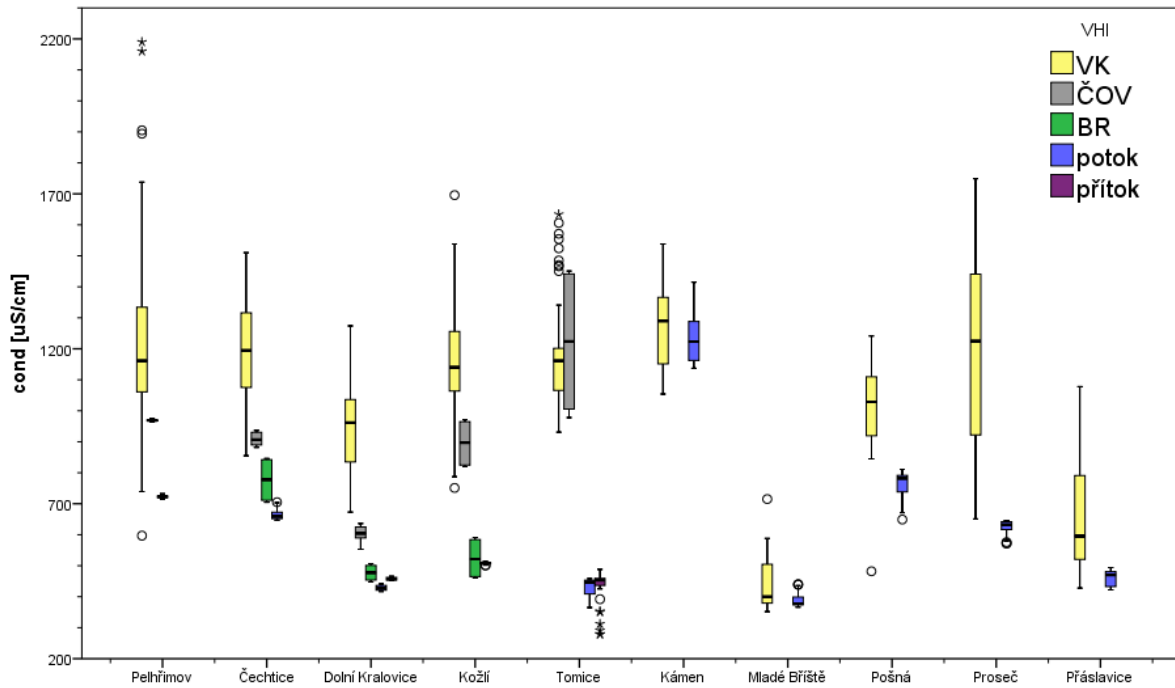
Výsledky rovněž ukázaly dobrý odhad při šíři výběru lokalit podle různé retence fosforu od zdroje níže „po proudu“ (obr. 3). Dobře patrná je i různá míra naředení OV (obr. 4) v jednotlivých obcích, resp. podíl balastní vody, která se ale na retenci příliš neprojevuje. V retenci fosforu výrazně vyniká pelhřimovská ČOV a ČOV Kožlí, na druhé straně spektra je slabý výkon Tomické ČOV a již zmíněný Kámen. Patrný je i negativní vliv biologických rybníků v Čechtích a D. Kralovicích snižujících výsledek jinak obstojně fungující čistírny. Na obou lokalitách je zjevně nutné odstranit sedimenty. Plánovaná těžba sedimentů v Pelhřimově může odstranit poslední „skvrnky“ na výstavním obraze.

Celkovou variabilitu zdrojů z pohledu eutrofizace výmluvně dokresluje srovnání absolutní velikosti emisí fosforu a zohlednění jeho nejreaktivnější frakce $\text{PO}_4\text{-P}$ (obr. 5).

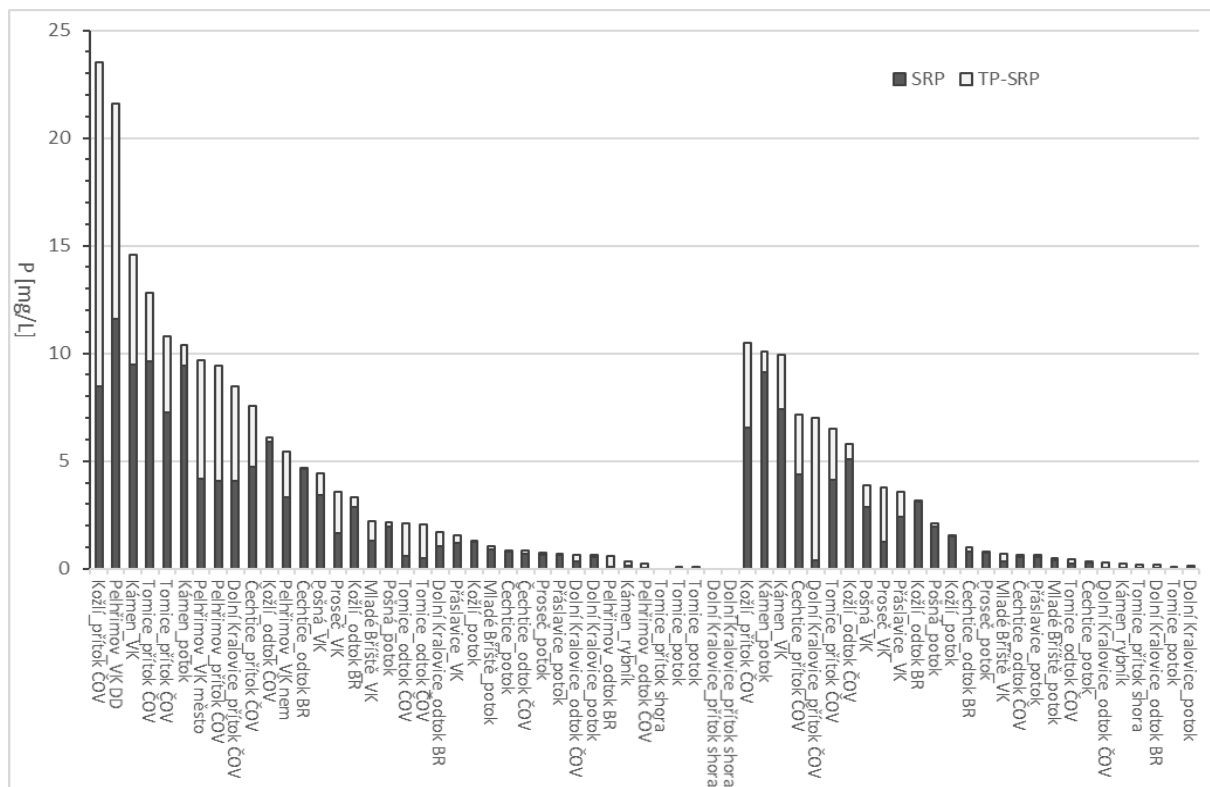
Všechny uvedené souvislosti budou hrát podstatnou roli ve směřování pozornosti při hodnocení osudu farmak, které se budou na rozdíl od běžných polutantů vyskytovat v řádově menších koncentracích a mnohem častěji budou pod mezí stanovitelnosti.



Obr. 3.: Koncentrace fosforu dokládají míru retence mezi jednotlivými profily studovaných obcí



Obr. 4.: Porovnání vodivosti v dílčích vzorcích všech profilů



Obr. 5.: Poměrné zastoupení reaktivního fosforu a absolutní zátěž celkovým fosforem ve sledovaných profilech jednotlivých lokalit

Při následném hodnocení transformace xenobiotik v přirozeném toku je nutné si uvědomit, že jsme byli vystaveni dvojitmu riziku „stanovitelnosti“. Z jedné strany jsme hledali co nejdelší chemicky nekontaminované úseky potoků, které by zaručili měřitelnou transformaci, ale na druhou stranu nám hrozí podkročení meze stanovitelnosti přílišným zředěním OV vodou z bočních přítoků a podzemní vody.

Další doplnění komplexního obrazu emise látek a jejich transformace v tocích poskytne bilanční pohled. Bohužel zpracování dat průtoků bylo nad časové možnosti příspěvku.

Závěry

Posouzení efektivity navrženého odběrového schématu je v případě sledování zdrojů farmak obtížné samo o sobě. V případě, že si jako další cíl zvolíme sledování transformačních procesů těchto látek, které jsou beztak finančně i technicky náročně stanovitelné, musíme dostát mnohem vyšším nárokům v přesnosti provedených měření. Chceme-li ještě nadto získat reprezentativní data o zmíněných procesech a nejen podklady pro snadno zvolitelnou case-study, mohou obtíže snadno dorůst limitních hodnot. V popisovaném projektu je zapotřebí dosáhnout všech tří úrovní prakticky zároveň. To vyžaduje značné nároky na organizaci, techniku, datovou práci a v neposlední řadě dostatek časových rezerv. Velký objem dat získaných pro potřeby modelu v terénu v roce 2017 a 2018 je proto zpracováván postupně. V uvedené části ukazujeme charakter korelací mezi množstvím OV a jejich chemickým složením. Tyto vztahy a poznatky nám v budoucnu dovolí detailnější odhady množství a intenzity transformací farmak ve vodních ekosystémech.

Poděkování: Příspěvek byl zpracován za finanční podpory projektu MV ČR VI20172020097 „Ochrana kritické infrastruktury - vodního zdroje Želivka - před účinky PPCP a pesticidů v podmínkách dlouhodobého sucha“. Zvláštní poděkování patří obsluze všech sledovaných čistíren za nadstandartní vztahy umožňující náš výzkum, zejména panu Šebestovi (ČOV Pelhřimov), panu Horáčkovi (ČOV Čechovice, Dolní Kralovice a Tomice) a panu Charvátovi (ČOV Kozlí). Anonymně musíme poděkovat za umožnění vstupu na soukromý pozemek. Velký objem vzorků byl bez prodlení zpracován jen díky osobnímu nasazení personálu našich laboratoří, zejména vedoucí Lence Matoušové, Šárce Šustrové a Zuzaně Hamzové.

Literatura:

- [1] Fiala, D. a Rosendorf, P. (2017): Role malých obcí v koloběhu fosforu a jejich význam při eutrofizaci vod v povodí VN Švihov.- In: Vodárenská biologie 2017, Ambrožová, J. a Pecinová, A. (eds.) Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r. o., Chrudim, pp. 93-102.
- [2] Withers, P.J.A., et al. (2014): Do septic tank systems pose a hidden threat to water quality?- *Frontiers in Ecology and the Environment*.- 12(2): 123-130.
- [3] Fuksa, J.K. a Šťastný, V. (2016): Dopady odpadních vod na jakost povrchových vod v době sucha.- In: Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice SUCHO v roce 2016 - úkolový list 31, VUV TGM, Praha. p. 44.
- [4] Liška, M., et al., (2016): Jakost vody ve vodárenské nádrži Švihov na Želivce a jejím povodí se zaměřením na specifické organické látky,- *VTEI*, 58(3): 4-11.
- [5] Fiala D., Kučera J., Matoušová L., Rosendorf P., Stejskalová L. a Váňa M. (2018): Denní odnosy živin z obcí prizmatem jejich velikosti a vodohospodářské infrastruktury. In: Říhová, J.; Pecinová, A. *Vodárenská biologie 2018*. Praha, 6. 2. 2018. Praha : Vodní zdroje EKOMONITOR, s.r.o. Chrudim, s. 191. ISBN 978-80-88238-06-5.