

Vybrané zákonné a nezákonné drogy v povrchových vodách v odběrových profilech v blízkosti vypustí z čistíren odpadních vod

VĚRA OČENÁŠKOVÁ, DANICA POSPÍCHALOVÁ, EVA BOHADLOVÁ

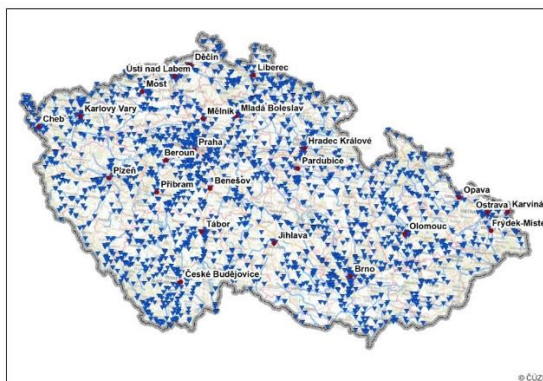
Klíčová slova: povrchová voda – nezákonné látky – THC – metamfetamin – amfetamin – MDMA – kokain – nikotin – kotinin – *trans*-3-hydroxykotinin

ABSTRAKT

Většina populace (85 %) v České republice je napojena na veřejnou kanalizační síť téměř 3 000 čistíren odpadních vod. Komunální odpadní voda obsahuje řadu látek poskytujících informaci o stavu populace. Tyto informace vyhodnocuje epidemiologický přístup k odpadním vodám, WBE – Wastewater-Based Epidemiology. Čistírny neodstraní všechny kontaminanty, které jsou vypouštěny do recipientu. Ve studii bylo sledováno zatížení recipientu vybranými legálními i nelegálními drogami. Pozorovány byly koncentrace vybraných drog (tetrahydrokanabinolu (THC), metamfetaminu, extáze (MDMA), kokainu a vybraných metabolitů, tj. amfetaminu a benzoylekgoninu, metadonu a EDDP a nikotinu včetně jeho metabolitu kotininu a *trans*-3-hydroxykotininu). Monitorován byl kontrolní profil Vltava – Trojská lávka, Vltava – Podbaba, Dražanský potok, Podmoráňský potok a Únětický potok. Nálezy byly ve všech vzorcích pozitivní. Záleží tedy na schopnosti dané čistírny odpadních vod sledované látky odstranit. V recipientu jsou vyčištěné vody naředěny, přesto rezidua sledovaných látek mají dopad na životní prostředí. Proto je žádoucí dále monitorovat tyto látky i v povrchových vodách.

ÚVOD

Celých 85 % populace v České republice (ČR) je napojeno na téměř 3 000 čistíren odpadních vod (ČOV; obr. 1). Tyto údaje řadí ČR v rámci EU mezi vodohospodářsky nejvyspělejší země, neboť těchto čísel nedosahuje ani řada tradičních členských zemí EU [1]. Komunální odpadní voda obsahuje řadu látek, jež při analýze vypovídají velmi významně o stavu populace. Toho využívá v poslední době velmi rychle se rozvíjející multioborová vědní disciplína epidemiologie odpadních vod (WBE – Wastewater-Based Epidemiology). Ke vzniku tohoto oboru vedla hypotéza, že k odpadní vodě můžeme přistupovat jako k velmi zředěnému vzorku moči [2, 3]. Poprvé byl tento přístup aplikován v povodí řeky Pád ke zjištění spotřeby kokainu [4]. ČOV totiž neodstraní všechny kontaminanty, které komunální odpadní vody obsahují. Do povrchových vod se tak s vyčištěnou odpadní vodou dostávají např. i rezidua nezákonných látek – drog.



Obr. 1. Čistírny odpadních vod v ČR (zdroj: VÚV TGM)

Fig. 1. Wastewater treatment plants in the Czech Republic (source: TGM WRI)

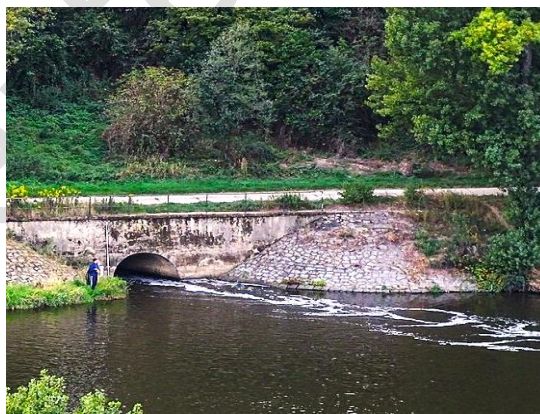
MONITOROVANÉ TOKY A CHARAKTERISTIKA PŘÍSLUŠNÝCH ČOV

Pro tento příspěvek jsme vybrali několik profilů na menších vodních tocích, jež se vlévají do Vltavy v Praze a pod Prahou a jsou zatíženy vyústěním ČOV do těchto toků. Jako kontrolní profil bylo zvoleno odběrové místo nad ÚČOV Praha, odběr byl prováděn z Trojské lávky (obr. 2). Další odběrové místo bylo pod oběma výpustěmi z pražské ÚČOV v Podbabě (obr. 3).



Obr. 2. Kontrolní profil Vltava – Trojská lávka (zdroj: Mapy.cz)

Fig. 2. Control Vltava profile Trojská lávka (source: Mapy.cz)



Obr. 3. Výpusť z ÚČOV Praha do Vltavy (zdroj: ŠJů, Wikimedia Commons. Tento soubor podléhá mezinárodní licenci Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0)

Fig. 3. Output from the Prague CWWTTP to the Vltava river (source: ŠJů, Wikimedia Commons. This file is licensed under the Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International license)

Do Dražanského potoka, pravostranného přítoku Vltavy, je vypouštěna vyčištěná odpadní voda z ČOV Dolní Chabry. Odběrové místo bylo cca 1 km od ústí potoka do Vltavy. Dražanský potok (obr. 4) je dlouhý 3,3 km, plocha jeho povodí činí 6,7 km². Průměrný průtok je 7,7 m³/s.

Dlouhodobý průměrný průtok Q_a v místě zaústění ČOV Dolní Chabry (na říčním kilometru 3 km) je 83 l/s, Q_{355} průměrný denní průtok dosažený nebo překročený během 355 dní v roce je 12,0 l/s. Průměrné množství vyčištěné odpadní vody vypouštěné do recipientu je 10,57 l/s. V nejbližším okolí Chaber je několik chráněných území jako např. Drahanské údolí, v dolní části nazývané též Drahanská rokle. Údaje jsou převzaty z *Kanalizačního řádu ČOV-Dolní Chabry* [5].



Obr. 4. Drahanský potok (zdroj: ŠJů, Wikimedia Commons. Tento soubor podléhá mezinárodní licenci Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0)

Fig. 4. Drahanský brook (source: ŠJů, Wikimedia Commons. This file is licensed under the Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International license)

Levostranný přítok Vltavy Podmoráňský potok (*obr. 5*) je zatížen vyčištěnými odpadními vodami z ČOV Velké Přílepy zaústěnými do recipientu na říčním kilometru 2,8 km, odběrový profil byl před ústím potoka do Vltavy. Délka toku je 4,1 km, průměrný průtok 24 l/s. Plocha povodí činí 9,6 km². Průměrné množství vypouštěné odpadní vody je 11,8 l/s. Údaje jsou převzaty z *Kanalizačního řádu ČOV Velké Přílepy* [6].



Obr. 5. Podmoráňský potok (foto: [Horakvlado](#) Wikimedia Commons. Tento soubor podléhá mezinárodní licenci Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0)

Fig. 5. Podmoráňský brook (photo: [Horakvlado](#) Wikimedia Commons. This file is licensed under the Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International license)

Do dalšího levostranného přítoku, Únětického potoka (*obr. 6 a 7*), je odváděna vyčištěná odpadní voda z ČOV Horoměřice a ČOV Tuchoměřice; i v tomto případě byl odběrový profil před ústím toku do Vltavy. Únětický potok pramení v obci Kněževěs, protéká obcemi Tuchoměřice, Statenice, Černý Vůl a Únětice, odkud vtéká na území Prahy, kde tvoří její hranici. V této části se nachází přírodní památka Údolí Únětického potoka a přírodní rezervace Tiché údolí a Roztocký háj. V Roztokách se Únětický potok vlévá do Vltavy. Tok je dlouhý 4,1 km, plocha povodí činí 19 km². Průměrný průtok je 100 l/s.



Obr. 6. Únětický potok v Tuchoměřicích (zdroj: [Aktron](#) / Wikimedia Commons. Tento soubor podléhá licenci Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported)

Fig. 6. Únětický brook in Tuchoměřice (source: [Aktron](#) / Wikimedia Commons. This file is licensed under the [Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported](#) license)

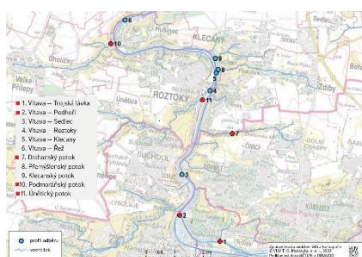


Obr. 7. Přírodní rezervace Údolí Únětického potoka (zdroj: [Meruzalka](#) Wikimedia Commons. Tento soubor podléhá licenci [Creative Commons](#))

Fig. 7. Natur reserve Únětický Brook Valey (source: [Meruzalka](#) Wikimedia Commons. This file is under Creative Commons license)

METODIKA

Odběrová místa jsou vyznačena na obr. 8 a popsána v tab. 1, charakteristika jednotlivých ČOV na monitorovaných vodních tocích je uvedena v tab. 2. Údaje jsou převzaty z publikace Zvěřinové Mlejnkové et al., zaměřené na mikrobiální kontaminaci Vltavy pod Prahou [7]. Nezákoněné látky a jejich metabolity nejsou standardně monitorovány ani v odpadních vodách, ani ve vodách povrchových a nevztahují se na ně příslušné právní předpisy. V povrchových vodách tyto látky mohou mít vliv na životní prostředí, jak prokazují např. studie zaměřené na ovlivnění chování ryb [8–11].



Obr. 8. Mapa s označenými odběrovými profily; profily použité pro tuto studii jsou označeny červeným bodem (zdroj: H. Zvěřinová Mlejnková [7])

Fig. 8. Map with sampling profiles marking; the profiles used for this study are marked with a red dot (source: H. Zvěřinová Mlejnková [7])

Tab. 1. Popis místa odběru (zdroj: H. Zvěřinová Mlejnková [7])

Tab. 1. Sampling place description (source: H. Zvěřinová Mlejnková [7])

Profil číslo	Název odběrového profilu	Popis odběrového profilu
1	Vltava - Trojská lávka	Kontrolní profil nad ÚČOV Praha, odběr z Trojské lávky
2	Vltava - Podbaba	Odběr pod oběma výpustěmi ÚČOV Praha, z levého břehu na konci Císařského ostrova. Voda pod výpustěmi není dostatečně promíchána
7	Dražanský potok	Pravostranný přítok Vltavy, zaústění ČOV Praha – Čimice, odběr prováděn cca 1 km před ústím do Vltavy
10	Podmoráňský potok	Levostranný přítok Vltavy, zaústění ČOV Velké Přílepy, odběr prováděn před ústím do Vltavy
11	Únětický potok	Levostranný přítok Vltavy, zaústění ČOV Horoměřice a Tuchoměřice, odběr prováděn ze silničního mostu cca 150 m před ústím do Vltavy

Tab. 2. Charakteristika ČOV na monitorovaných tocích (zdroj: H. Zvěřinová Mlejnková [7])

Tab. 2. Characteristics of WWTPs on monitored streams (source: H. Zvěřinová Mlejnková [7])

Název ČOV	Kategorie dle EO	Recipient	Počet osob připojených na ČOV (2021)	Roční objem vyčištěných vod (tis. m ³ /rok)
ÚČOV Praha SVL	Nad 100 tis.	Vltava	491 633	44 989
ÚČOV Praha NVL	Nad 100 tis.	Vltava	706 012	64 601
ČOV Dolní Chabry	2 až 10 tis.	Drahanský potok	4 632	264
ČOV Velké Přílepy	2 až 10 tis.	Podmoráňský potok	2 935	190
ČOV Horoměřice	2 až 10 tis.	Únětický potok	3 450	274
ČOV Tuchoměřice	2 až 10 tis.	Únětický potok	1 816	149

Metoda stanovení sledovaných látek ve vodách použitá pro analýzy v tomto projektu byla vyvinuta dle postupu, který publikovali Postigo et al. [12]. V hydrochemické laboratoři VÚV TGM se tato metoda využívá více než 10 let a mezi stanovované sloučeniny jsou postupně zařazovány nové látky podle aktuální situace na drogové scéně. Plně automatizované on-line SPE a LC-MS/MS metody stanovení v ESI+ či ESI- modu jsou akreditovány pro povrchové i odpadní vody. Laboratoř se každoročně zúčastňuje mezinárodního porovnání zkoušek, které probíhá v rámci celosvětového monitoringu drogové situace pod záštitou SCORE-network (<https://score-network.eu/>).

Ve vzorcích byly sledovány koncentrace vybrané skupiny látek uvedených v tab. 3.

Tab. 3. Seznam monitorovaných látek

Tab. 3. List of monitored substances

Skupina látek	Název, zkratka a mez stanovitelnosti
„Klasické“ drogy	11-nor-9-karboxy-delta-9-THC (nor-THC); 0,2 ng/l
	3,4-methylen-dioxy-methamfetamin (MDMA); 0,1 ng/l
	Metamfetamin (MAMP); 0,1 ng/l
	Amfetamin (AMP); 0,3 ng/l
	Kokain (CO); 0,04 ng/l
	Benzoylekgonin (BE); 0,06 ng/l
Substituční léčba	Metadon (MET); 0,2 ng/l
	EDDP (2-ethylidene-1,5-dimethyl-3,3-diphenylpyrrolidine); 0,3 ng/l
Nikotin a jeho metabolity	Nikotin (NIC); 120 ng/l
	Kotinin (COT); 10 ng/l
	trans-3-hydroxykotinin (T3H-COT); 10 ng/l

Odběry a předúprava vzorků povrchových vod

Vzorkování bylo realizováno zaměstnanci z hydrobiologického oddělení VÚV TGM. Ve stejných profilech sledovali vliv odpadních vod na mikrobiální kontaminaci Vltavy [7]. Pro hydrochemické analýzy byly využity odběry prováděné v průběhu roku 2022 a 2023 cca ve dvouměsíčních intervalech.

Vzorky byly odebírány do vzorkovnic z polypropylenu. Po transportu do laboratoře byly tyto vzorky dále zpracovávány podle příslušných standardních operačních postupů. Po odběru byly vzorky udržovány v chladu a temnu při teplotě do 8 °C. Pokud vzorky nebylo možné analyzovat

do 72 hodin od odběru, byly zmrazeny a skladovány při teplotě -20 ± 4 °C. Před analýzou byly vzorky odstředěny (4 500 ot./min., 15 minut) a pevné částice byly ze vzorku odstraněny filtrací přes jednorázové membránové filtry z regenerované celulózy o porozitě 0,45 µm.

V návaznosti na chemické vlastnosti látek byly pro analýzu použity následující postupy:

- Stanovení vybraných drog metodou kapalinové chromatografie s on-line prekoncentrací a hmotnostní detekcí v ESI + modu (MDMA, MAMP, AMP, CO, BE, MET, EDDC).
- Stanovení vybraných drog metodou kapalinové chromatografie s on-line prekoncentrací a hmotnostní detekcí v ESI – modu (nor-THC).
- Stanovení nikotinu a jeho vybraných metabolitů metodou kapalinové chromatografie s on-line prekoncentrací a hmotnostní detekcí v ESI + modu (NIC, COT, T3H-COT).

Analytické postupy jsou podrobně popsány v publikaci Pospíchalová et. al [13].

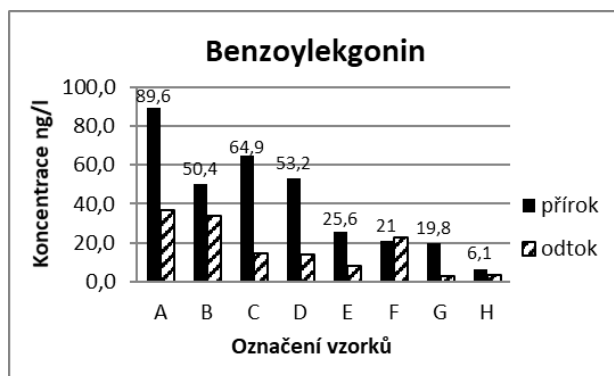
VÝSLEDKY A DISKUZE

Pokud analyzujeme nečištěnou odpadní vodu, jsou nálezy drog uvedených v *tab. 2* pozitivní ve všech vzorcích. V případě analýzy povrchových vod je situace odlišná. Ve všech v této pilotní studii analyzovaných vzorcích se vykytovaly extáze, benzoylekgonin, kotinin a *trans*-3-hydroxykotinin. Metadon a jeho metabolit EDDP byly vždy stanoveny pouze v některých odběrových profilech. Amfetamin byl nalezen ojediněle, většinou na hranici meze stanovitelnosti. To odpovídá i našim zjištěním v rámci projektu DRAGON (č. VG20122015101), v němž jsme měli možnost porovnat koncentraci vybraných drog v nátoku a výtoku z některých ČOV [14]. Amfetamin byl odstraňován nejlépe (85–100 %), metamfetamin, extáze a benzoylekgonin pouze ze 40 až 50 % (*tab. 4, obr. 9*). Další sloučeniny nebyly v projektu DRAGON monitorovány.

Tab. 4. Příklady odstraňování nezákonných látek na ČOV (Pitná voda)

Tab. 4. Examples of removal of illicit compounds at wastewater treatment plants (Pitná voda)

	Metamfetamin			Amfetamin			Extáze		
	Přítok (ng/l)	Odtok (ng/l)	Zbytkový obsah (%)	Přítok (ng/l)	Odtok (ng/l)	Zbytkový obsah (%)	Přítok (ng/l)	Odtok (ng/l)	Zbytkový obsah (%)
A	4070	392	10	173	11,3	7	17	3,9	23
B	1410	319	23	24,4	0	0	4,04	2,33	58
C	1030	449	44	62,2	3,23	5	2,99	1,08	36
D	1120	193	17	102	15,9	16	61,9	16,8	27
E	484	148	31	44,8	3,12	7	7,98	8,72	109
F	232	202	87	36	3,72	10	10,7	18,1	169
G	250	139	56	28,4	2,12	7	4,36	3,62	83
H	276	151	55	36,6	0	0	7,86	4,74	60

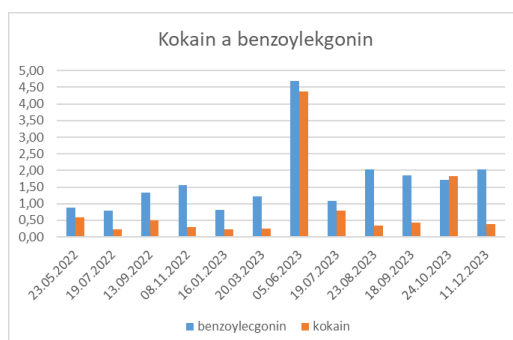


Obr. 9. Odstranění benzoyllecgoninu, hlavního metabolitu kokainu, na různých ČOV (Pitná voda)

Fig. 9. Removal of benzoyllecgonine, the main metabolite of cocaine, at different treatment plants (Pitná voda)

Kontrolní profil Vltava – Trojská lávka

V kontrolním profilu Vltava – Trojská lávka se všechny monitorované látky vyskytovaly ve velmi nízkých koncentracích, většinou blízko meze stanovitelnosti. Koncentrace nor-THC, metabolitu marihuany, se pohybovaly od meze stanovitelnosti 0,2 ng/l do 2,8 ng/l, 45 % nálezů bylo pod mezí stanovitelnosti. Ze skupiny amfetaminů byl ve všech vzorcích stanoven metamfetamin, koncentrace se pohybovaly v intervalu od 0,3 ng/l do 2,9 ng/l. Mez stanovitelnosti pro MAMP je 0,1 ng/l. AMP byl ve všech vzorcích pod mezí stanovitelnosti (0,3 ng/l). Amfetamin je z pohledu české drogové scény především metabolitem MAMP, nikoli samostatně užívanou drogou. Zároveň je velmi dobře odstraňován na ČOV (tab. 3). Party droga extáze (MDMA) byla stanovena v koncentracích mezi mezí stanovitelnosti 0,1 ng/l a 8,3 ng/l, 50 % nálezů bylo pod 1,0 ng/l. Odběry byly prováděny ve všední dny a MDMA je typickou víkendovou drogou. Tím mohou být nálezy této drogy ovlivněny. Kokain a jeho hlavní metabolit benzoyllecgonin byly prokázány ve všech analyzovaných vzorcích (obr. 10), stanovená množství se pohybovala mezi 0,8–2,03 ng/l (BE) a 0,22–0,59 ng/l (CO). Kromě nálezů dne 5. června 2023 a 24. října 2023 odpovídá poměr koncentrací těchto sloučenin, neboť pouze 1–9 % kokainu je vylučováno v nezměněné formě, zatímco 35–53 % odchází z organismu jako benzoyllecgonin. Důvody neobvyklých nálezů ve výše zmíněných dnech nelze objasnit. Dne 5. června 2023 činila koncentrace kokainu 4,48 ng/l a benzoyllecgoninu 4,69 ng/l, 24. října 2023 1,82 ng/l, resp. 1,71 ng/l. Metadon užívaný pro substituční léčbu a jeho metabolit EDDP byly v kontrolním profilu rovněž nalezeny – metadon pouze ve třech vzorcích v hodnotách blízko meze stanovitelnosti (0,2 ng/l), jeho metabolit ve všech vzorcích, jeho koncentrace ve vodě byla velmi stabilní, mezi 0,4 a 0,6 ng/l. Koncentrace legální drogy nikotinu a jeho metabolitů je tradičně vyšší než u nelegálních drog, v povrchové vodě se vyskytují zejména oba metabolity.

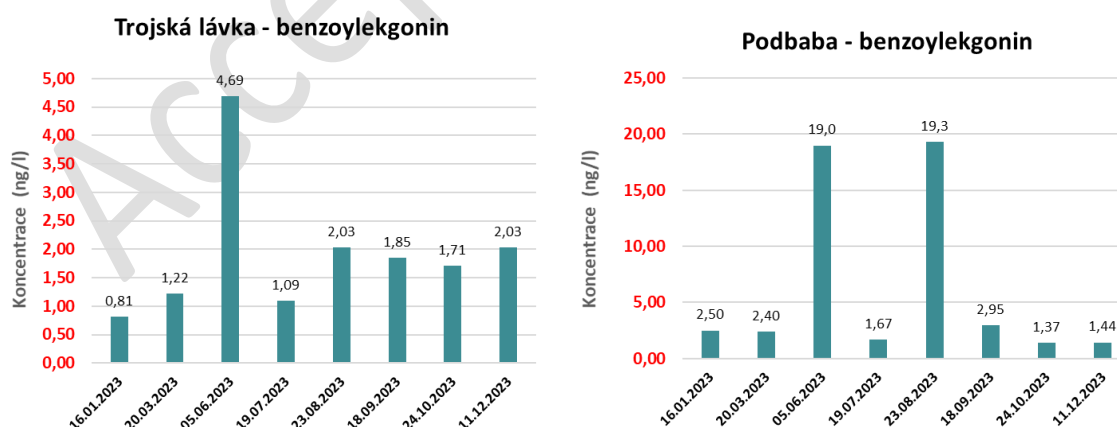


Obr. 10. Koncentrace kokainu a benzoylekgoninu v kontrolním profilu Vltava – Trojská lávka
 Fig. 10. Concentrations of cocaine and benzoylecgonine in the Vltava control profile Vltava – Trojská lávka

Profil Vltava – Podbaba

Odběrový profil Vltava – Podbaba, situovaný pod oběma výpustěmi vyčištěných odpadních vod z ÚČOV Praha do recipientu vykazuje výrazně vyšší nálezy jednotlivých monitorovaných látek. Koncentrace metabolitu marihuany nor-THC jsou v intervalu 0,7–4,4 ng/l, tedy přibližně 2x vyšší. Amfetamin opět nebyl přítomen ve stanovitelném množství, pouze ve dvou případech byly koncentrace mírně nad mezi stanovitelnosti. Metamfetamin byl stanoven ve všech vzorcích, a to v koncentracích od 7,9 do 36,0 ng/l, tedy v koncentracích až 10x vyšších než v kontrolním profilu. Metamfetamin je v čisticím procesu odstraňován podstatně méně než amfetamin (tab. 3). Další z monitorovaných amfetaminů, extáze, byla v profilu Vltava – Podbaba také ve významně vyšších koncentracích – od 10,5 ng/l do 65,4 ng/l, tzn. až 8x vyšších koncentracích. MDMA je odstraňována přibližně stejně jako pervitin (MAMP), tj. ze 40–50 %. Koncentrace kokainu a benzoylekgoninu byly v tomto profilu také vyšší než v profilu kontrolním, s výjimkou vzorku ze dne 5. června 2023 se pohybovaly mezi 0,4 ng/l a 2,2 ng/l (CO) a 1,1 až 3,4 ng/l (BE). Koncentrace kokainu 5. června 2023 byla 21,6 ng/l a benzoylekgoninu 19,0 ng/l, opět v nezvyklém poměru, přibližně 4x vyšší než v kontrolním profilu. Vyšší koncentrace metabolitu kokainu (BE) byla odhalena také 23. srpna 2023, 19,3 ng/l, koncentrace kokainu v tomto případě však byla nízká (0,4 ng/l). Metadon a EDDP byly stanoveny ve všech vzorcích, metadon mezi 1,4–5,4 ng/l a EDDP mezi 2,8–8,9 ng/l, opět tedy v koncentracích několikanásobně vyšších. Koncentrace těchto dvou substancí je vždy poměrně stabilní, což vyplývá především z pravidelného užívání metadonu jako opioidu pro substituční léčbu. Metabolity nikotinu byly stanoveny ve všech vzorcích, kotinin v koncentracích 13–74 ng/l, *trans*-3-hydroxykotinin v koncentracích 18–46 ng/l. V tomto profilu byly také ve více než polovině vzorků poměrně vysoké nálezy nikotinu. Nejvyšší koncentrace byla stanovena v odběru dne 25. března 2022, 1 040 ng/l, čemuž odpovídají i nejvyšší hodnoty pro COT a T3H-COT.

Na obr. 11 jsou porovnány koncentrace metabolitu kokainu v kontrolním profilu Vltava – Trojská lávka a v profilu pod vyústěním odpadních vod z pražské ÚČOV.



Obr. 11. Porovnání koncentrace hlavního metabolitu kokainu benzoylekgoninu v kontrolním profilu Vltava – Trojská lávka nad ÚČOV Praha a v profilu pod vyústěním výpustě vyčištěné odpadní vody z ÚČOV Praha do Vltavy

Fig. 11. Comparison of the concentration of the main metabolite of cocaine, benzoylecgonine, in the control Vltava profile above the Prague CWWT Vltava – Trojská lávka and in the Vltava

profile below the outlet of the treated wastewater from the Prague CWWTP into the Vltava river

Profil Dražanský potok

ČOV vypouštějící vyčištěné odpadní vody (OV) do monitorovaných toků jsou stejné kategorie dle ekvivalentních obyvatel (EO), viz *tab. 2*. Charakteristika jednotlivých vodních toků je uvedena v předchozí kapitole. Průměrný průtok Dražanského potoka je z monitorovaných toků nejnižší, počet osob obsluhovaných ČOV Dolní Chabry je však nejvyšší ze sledovaných ČOV (s výjimkou ÚČOV Praha) a velký je i roční objem vypouštěných vyčištěných vod. V toku tedy dochází k nejmenšímu naředění těchto vyčištěných OV.

Pozitivní nálezy metabolitu THC byly nalezeny v 75 % odebraných vzorků, koncentrace se pohybovaly mezi hodnotami na mezi stanovitelnosti, tj. 0,2 ng/l a 4,2 ng/l. Nezákonné látky ze skupiny amfetaminů MDMA a MAMP byly nalezeny ve všech analyzovaných vzorcích, amfetamin se opět nevyskytoval v hodnotách nad mezi stanovitelnosti. Koncentrace extáze (MDMA) byly v intervalu mezi 0,3 a 17,4 ng/l, v 92 % vzorků do koncentrace 9,4 ng/l. Pervitin se v testovaných vzorcích vyskytoval v koncentracích 12,5 až 90,7 ng/l. Tyto hodnoty jsou vyšší než v profilu Vltava – Podbaba. Kokain a benzoylekgonin byly přítomny ve stanovitelném množství ve všech analyzovaných vzorcích, jejich vzájemný poměr odpovídal. Koncentrace kokainu se pohybovaly mezi 0,85 až 5,89 ng/l, pro benzoylekgonin byly tyto hodnoty mezi 2,4 ng/l a 51,7 ng/l. I tyto hodnoty jsou vyšší než v profilu Vltava – Podbaba. Substituční léčba přispívá ke kontaminaci Dražanského potoka v případě metadonu koncentracemi 1,5–15,6 ng/l a jeho metabolitu EDDP 5,0–26,2 ng/l. Situace je stejná jako u předchozích analytů, hodnoty jsou vyšší než ve vltavském profilu pod ÚČOV Praha. Metabolity nikotinu byly také ve všech testovaných vzorcích, koncentrace se pohybovaly mezi 15 a 53 ng/l pro kotinin a 21–107 ng/l pro *trans*-3-hydroxykotinin. Nikotin byl ve stanovitelném množství ve 42 % vzorků, a to v koncentracích 120 až 525 ng/l. V tomto případě byly hodnoty nižší než v recipientu pod ÚČOV Praha.

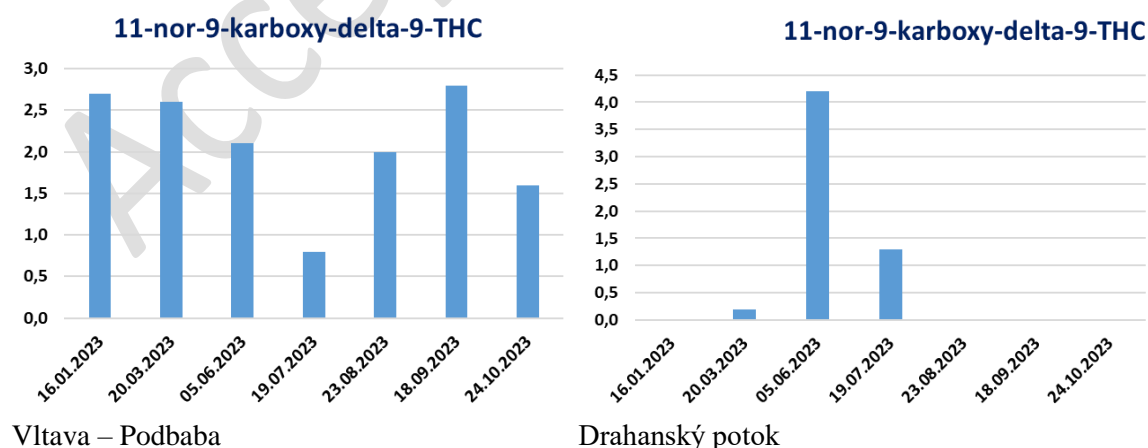
Profil Podmoráňský potok

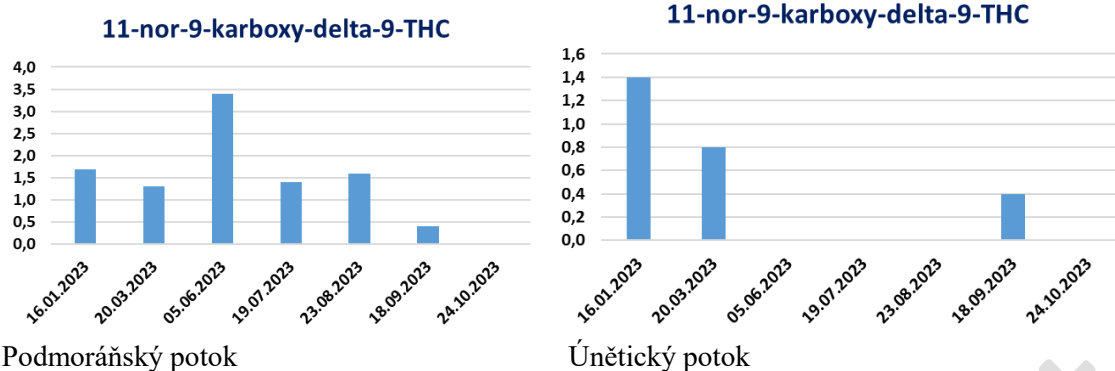
Průměrný průtok Podmoráňského potoka je 24 l/s, průměrné množství vypouštěné odpadní vody činí 11,8 l/s, počet čistírnou ve Velkých Přílepech obsluhovaných osob je téměř o polovinu nižší než v předchozím případě. Dochází tedy k většímu naředění vyčištěných vod než v Dražanském potoku. Marihuanu zastupující metabolit nor-THC byl ve vzorcích povrchové vody nalezen v koncentracích 0,4–3,5 ng/l, a to ve všech testovaných vzorcích. Koncentrace jsou podobné jako ve vzorcích vltavské vody pod ÚČOV Praha. Extáze byla také nalezena ve všech vzorcích, a to v hodnotách mezi 2,2 až 34,2 ng/l. Metamfetamin v koncentracích 18,5–168 ng/l byl rovněž objeven ve všech vzorcích, jeho metabolit amfetamin se ve stanovitelném množství vyskytoval ve dvou třetinách testovaných vzorků, a to v koncentracích mezi 0,3 a 2,5 ng/l. Kokain a benzoylekgonin byly také ve 100 % vzorků, koncentrace kokainu se pohybovaly mezi 0,06 a 11,1 ng/l, příslušný metabolit pak v koncentracích 0,54 až 17,0 ng/l. Metadon byl ve stanovitelném množství pouze ve třech vzorcích, EDDP ve všech vzorcích kromě jednoho, a to od hodnot na mezi stanovitelnosti do 1,0 ng/l. Nálezy těchto substancí zastupujících substituční léčbu souvisejí s počty osob, které v monitorované oblasti tuto léčbu využívají. Látky zastupující legální drogu nikotin byly v případě obou metabolitů přítomny ve všech vzorcích, nikotin byl stanoven ve dvou třetinách vzorků. Jejich koncentrace se pohybovaly v intervalech 122 až 685 ng/l (NIC), 21 až 74 ng/l (COT) a 31 až 206 ng/l (T3H-COT). Podmoráňský potok tedy zatěžuje Vltavu méně než potok Dražanský.

Profil Únětický potok

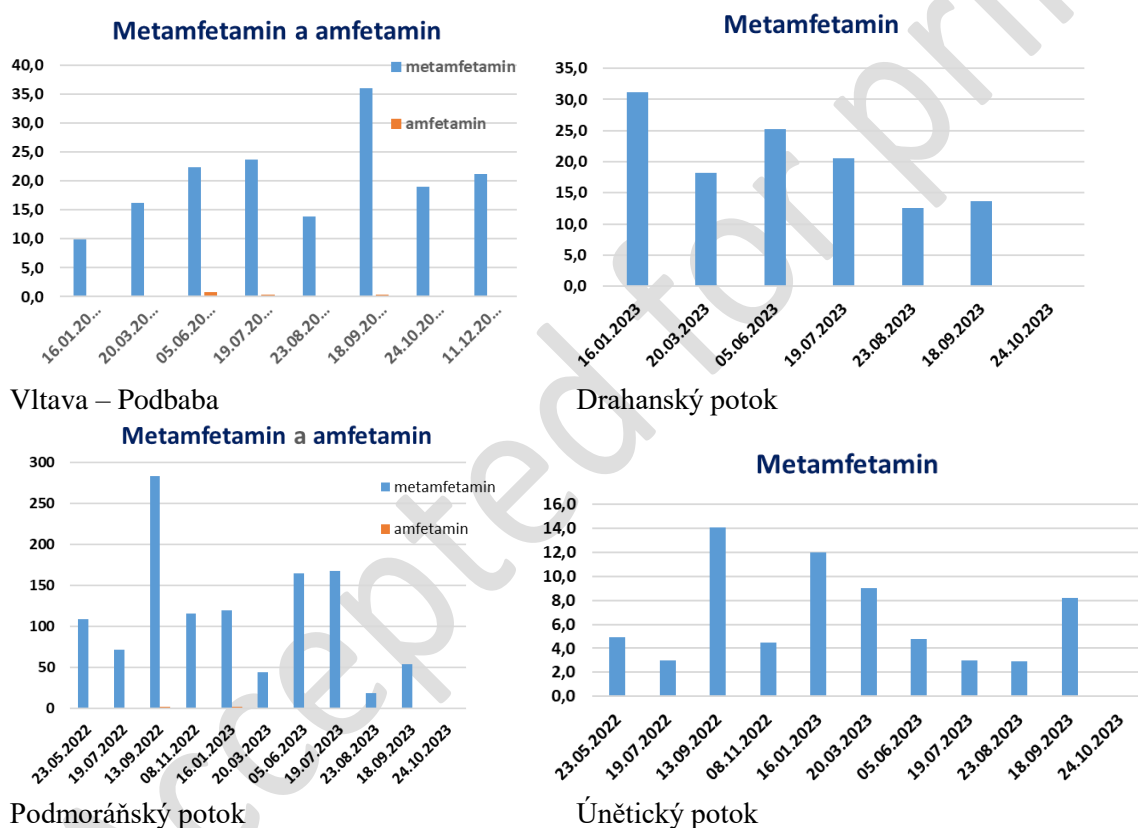
Únětický potok má ze všech sledovaných přítoků Vltavy největší vodnost. Průměrný průtok je 100 l/s. Také plocha povodí je největší – 19 km², délka toku je podobná nebo stejná jako u ostatních přítoků, 4,1 km. Do Únětického potoka jsou zaústěny výpustě ze dvou ČOV, Horoměřice a Tuchoměřice, jež celkem obsluhují 5 266 napojených rezidentů. Roční objem vypouštěných vod je 423 tis. m³/rok. Vzhledem k velkému průtoku dochází k největšímu naředění vyčištěných OV v recipientu. 64 % vzorků obsahovalo metabolit THC, nor-THC, nad mezí stanovitelnosti, koncentrace se pohybovaly pod 1,0 ng/l, s výjimkou vzorku odebraného dne 13. září 2022, kdy byla naměřena koncentrace 26,4 ng/l. Extáze byla stanovena ve všech vzorcích, a to v koncentracích mezi 0,9–5,1 ng/l. V jednom analyzovaném vzorku ze dne 18. září 2023 byla koncentrace MDMA vyšší, 15,4 ng/l. V tomto období probíhaly v monitorované lokalitě společenské akce, které vzhledem k tomu, že extáze je typickou party drogou, mohly mít vliv na nalezenou koncentraci. Pervitin byl ve stanovitelném množství ve všech odebraných a analyzovaných vzorcích. Amfetamin byl vždy pod mezí stanovitelnosti, koncentrace pervitinu byly v intervalu 2,9 až 14,1 ng/l. Kokain (CO) a benzoylekgonin (BE) byly stanoveny ve všech vzorcích odebrané povrchové vody, naměřené hodnoty pro CO se pohybovaly mezi 0,27–17,5 ng/l a 1,25–59,3 ng/l pro BE. Nálezy této drogy jsou poměrně vysoké, může to opět souviset se sociodemografickou a socioekonomickou charakteristikou monitorovaných lokalit, kdy např. v Horoměřicích lze předpokládat, že rezidenti patří k dobře situované populaci, v níž je kokain populární. Opioid metadon využívaný pro substituční léčbu a jeho metabolit EDDP byly přítomny ve 100 % vzorků, jejich koncentrace byly v průběhu celého projektu poměrně stabilní, což souvisí se způsobem jeho aplikace. Pro metadon byly koncentrace mezi 0,6 a 1,3 ng/l, pro EDDP mezi 2,2 a 5,1 ng/l. Nikotin byl stanoven v 55 % analyzovaných vzorků, hodnoty se pohybovaly mezi 138–415 ng/l. Pozitivní nálezy ve všech vzorcích byly jak pro kotinin, tak pro *trans*-3hydroxykotinin, a to v koncentracích 13–142 ng/l a 15–277 ng/l, v pořadí tak, jak je uvedeno.

V závěru této kapitoly na obr. 12 a 13 jsou v grafické formě porovnány nálezy v ČR nejužívanějších drog, marihuany a pervitinu, v monitorovaných tocích.





Obr. 12. Porovnání koncentrace metabolitu THC v monitorovaných tocích
 Fig. 12. Comparison of THC metabolite concentrations in monitored streams



Obr. 13. Porovnání koncentrace metamfetaminu a amfetaminu v monitorovaných tocích
 Fig. 13. Comparison of methamphetamine and amphetamine concentrations in monitored streams

ZÁVĚR

Studie je svým rozsahem malá na to, aby mohly být vyvozeny nějaké zásadní závěry. Nicméně potvrzuje, že i vyčištěné odpadní vody obsahují rezidua drog a jejich metabolitů, a jsou tak zdrojem zákonných i nezákonných drog, které se dostávají do vod povrchových. Jejich množství je ovlivněno charakterem a kvalitou konkrétní ČOV, koncentrací monitorovaných látek v nečištěné městské odpadní vodě a v neposlední řadě i poměrem množství vypouštěných

vod a velikostí recipientu. Zároveň závisí i na sociodemografické a socioekonomické charakteristice sledovaných lokalit, jež má dopad na typ užívaných drog. Že i tyto sloučeniny mají nežádoucí účinek na životní prostředí, prokazují studie zaměřené např. na ovlivnění chování vodních živočichů těmito látkami.

Lze očekávat, že v budoucnu dojde ke změně díky zásadní revizi Směrnice Rady 91/271/EHS ze dne 21. května 1991, o čištění městských odpadních vod, která zavádí nové zásady pro čištění komunálních odpadních vod včetně kvarterního čištění, jež by mělo odstranit mikroopolutanty přítomné v městských komunálních odpadních vodách. Mezi tyto mikropolutanty bezesporu patří i nezákonné a zákonné drogy.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory Institucionálních prostředků na rozvoj výzkumné organizace VÚV TGM v rámci interního grantu č. 3600.52.24/2022 a projektu č. SS02030008 „Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost“ (CEVOOH) a dalších institucionálních prostředků.

Literatura

- [1] WANNER, J. Čištění odpadních vod v ČR: Vývoj a současná situace. In: *Vodní hospodářství*. 2017 [citováno 2024-11-13]. Dostupné z: <http://vodnihospodarstvi.cz/cistení-odpadnich-vod-cr/>
- [2] DAUGHTON, C. G., TERNES, T. A. Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Environment: Agents of Subtle Change? *Environmental Health Perspectives*. 1999, 107(6), s. 907–938. ISSN 0091-6765 [citováno 2024-11-10]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1289/ehp.99107s6907>
- [3] DAUGHTON, Ch. G. Illicit Drugs in Municipal Sewage. In: DAUGHTON, Ch. G., JONES-LEPP, T. L. (eds.). *Pharmaceuticals and Care Products in the Environment*. ACS Symposium Series. Washington, DC: American Chemical Society, 2001, s. 348–364. ISBN 9780841237391. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/bk-2001-0791.ch020>
- [4] ZUCCATO, E., CHIABRANDO, Ch., CASTIGLIONI, S., CALAMARI, D., BAGNATI, R. et al. Cocaine in Surface Waters: A New Evidence-Based Tool to Monitor. *Environmental Health: A Global Access Science Source*. 2005, 4(1), 14. ISSN 1476069x. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/1476-069X-4-14>
- [5] *Kanalizační řád kanalizace pro veřejnou potřebu na území městské části Praha – Dolní Chabry v povodí čistírny odpadních vod Dolní Chabry*, 2016. [citováno 2024-11-06]. Dostupné z: <https://www.pvk.cz/vse-o-vode/odpadni-voda/kanalizacni-rad/>
- [6] *Kanalizační řád stokové sítě obce Velké Přílepy*. VAK Beroun, 2023. [citováno 2024-11-06]. Dostupné z:

https://www.vakberoun.cz/documents/verejne/velke_prilepy_539813/kanalizacni_rad/kr-velke-prilepy_2023.pdf

[7] ZVĚŘINOVÁ MLEJNKOVÁ, H., ŠMÍDA, A., VALÁŠEK, V. Vliv odpadních vod na mikrobiální kontaminaci Vltavy pod Prahou. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2023, 65(4), s. 4–12. ISSN 03228916. [citováno 2024-11-05]. Dostupné z: <https://doi.org/10.46555/VTEI.2023.05.002>

[8] SANCHO SANTOS, M. E., HORKÝ, P., GRABICOVÁ, K., STEINBACH, Ch., HUBENÁ, P. et al. From Metabolism to Behaviour – Multilevel Effects of Environmental Methamphetamine Concentrations on Fish. *Science of the Total Environment*. 2023, 878, 163167. ISSN 00489697. [citováno 2024-07-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163167>

[9] FALFUSHYNSKA, H., RYCHTER, P., BOSHTOVA, A., FAIDIUK, Y., KASIANCHUK, N. et al. Illicit Drugs in Surface Waters: How to Get Fish off the Addictive Hook. *Pharmaceuticals*. 2024, 17(4), 537. ISSN 1424-8247. [citováno 2024-11-05]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ph17040537>

[10] MAASZ, G., MOLNAR, E., MAYER, M., KUZMA, M., TAKÁCS, P. et al. Illicit Drugs as a Potential Risk to the Aquatic Environment of a Large Freshwater Lake after a Major Music Festival. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2021, 40(5), s. 1 491–1 498. ISSN 0730-7268. [citováno 2024-11-05]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/etc.4998>

[11] HORKÝ, P., GRABIC, R., GRABICOVÁ, K., BROOKS, B. W., DOUDA, K. et al. Methamphetamine Pollution Elicits Addiction in Wild Fish. *Journal of Experimental Biology*. 2021, 224(13), jeb242145. ISSN 0022-0949. [citováno 2024-11-05]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1242/jeb.242145>

[12] POSTIGO, C., LOPEZ DE ALDA, M. J., BARCELÓ, D. Fully Automated Determination in the Low Nanogram per Liter Level of Different Classes of Drugs of Abuse in Sewage Water by On-Line Solid-Phase Extraction-Liquid Chromatography–Electrospray-Tandem Mass Spectrometry. *Analytical Chemistry*. 2008, 80(9), s. 3 123–3 134. ISSN 0003-2700. [citováno 2024-11-10]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/ac702060j>

[13] POSPÍCHALOVÁ, D., MAREŠOVÁ, D., OČENÁŠKOVÁ, V., ŠAFRÁNKOVÁ, T., BOHADLOVÁ, E. Stanovení vybraných drog a jejich metabolitů v odpadních vodách metodou kapalinové chromatografie. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2020, 62(2), s. 42–47. ISSN 1805-6555. Dostupné

z: <https://www.vtei.cz/2020/05/stanoveni-vybranych-drog-a-jejich-metabolitu-v-odpadnich-vodach-metodou-kapalinove-chromatografie/>

[14] OČENÁŠKOVÁ, V., TUŠIL, P., POSPÍCHALOVÁ, D., SVOBODOVÁ, A. Nezákonné drogy v odpadních vodách. In: *Pitná voda 2014. 12. pokračování konferencí Pitná voda z údolních nádrží 26. 5.–29. 5. 2014 v Táboře*. České Budějovice: Petr DOLEJŠ – Water and Environmental Technology Team, s. 217–222. ISBN 978-80-905238-1-4.

Autorky

Ing. Věra Očenášková

vera.ocenaskova@vuv.cz

ORCID: 0000-0001-8692-2417

Ing. Danica Pospíchalová

danica.pospichalov@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-5803-3302

Ing. Eva Bohadlová

eva.bohadlova@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-0518-4705

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha (Česká republika)

Příspěvek prošel recenzním řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2024.11.003

ISSN 0322-8916/© 2025 Autorky. Tuto práci je kdokoli oprávněn šířit a využívat za podmínek licence CC BY-NC 4.0

SELECTED LICIT AND ILLICIT DRUGS IN SURFACE WATER IN SAMPLING PROFILES NEAR WASTEWATER TREATMENT PLANT OUTLETS

OČENÁŠKOVÁ, V.; POSPÍCHALOVÁ, D.; BOHADLOVÁ, E.

T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague (Czech Republic)

Keywords: surface water – illicit substances – THC – methamphetamine – amphetamine – MDMA – cocaine – nicotine – cotinine – trans-3-hydroxycotinine

The majority of the population (85 %) in the Czech Republic is connected to the public sewerage network of almost 3,000 wastewater treatment plants (WWTPs). Municipal wastewater contains a number of substances providing information on the state of the population. This information is evaluated by the wastewater-based epidemiology approach to wastewater, WBE – wastewater-based epidemiology. The WWTP does not remove

all contaminants that are discharged into the recipient. In the study, the loading of recipient with selected licit and illicit drugs was monitored. Concentrations of selected drugs (tetrahydrocannabinol – THC), methamphetamine, ecstasy (MDMA), cocaine and selected metabolites, i.e. amphetamine and benzoylecgonine, methadone and EDDP and nicotine, including its metabolite cotinine and *trans*-3-hydroxycotinine, were monitored. The control profile Vltava – Trojská lávka, Vltava – Podbaba, Dražanský brook, Podmoráňský brook and Únětický brook was monitored. The findings were positive in all samples, depending on the ability to remove the monitored substances in the given WWTP. In the recipient, the treated waters are diluted, yet the residues of the monitored substances have an impact on the environment. Therefore, it is desirable to continue monitoring these substances in surface water.

Accepted for print