

NEZÁKONNÉ DROGY V ODPADNÍCH VODÁCH

**Ing. Věra Očenášková¹⁾, Ing. Petr Tušil, Ph.D., MBA²⁾,
Ing. Danica Pospíchalová¹⁾, Ing. Alena Svobodová¹⁾**

- ¹⁾ Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Podbabská 2582/30,
160 00 Praha, vera_ocenaskova@vuv.cz, danica_pospichalova@vuv.cz,
alena_svobodova@vuv.cz
- ²⁾ Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Macharova 5, 702 00
Ostrava, petr_tusil@vuv.cz

Spektrum látek, které hledáme a případně i nacházíme ve všech typech vod, se stále rozšiřuje. Umožňují to neustále se zdokonalující analytické techniky a přístroje, naše možnosti a schopnosti nacházet hledané látky v nižších a nižších koncentracích. Mezi tyto látky, označované v literatuře jako „emerging contaminants“ se od začátku tohoto tisíciletí zařadily i nezákonné drogy. Daughton a Ternes v roce 1999, Daughton v roce 2001 poprvé vyslovili hypotézu o použití výsledků sledování koncentrací nelegálních druhů drog v komunálních odpadních vodách ke zpětnému výpočtu spotřeby drog v populaci. Vycházeli z toho, že i drogy a jejich metabolity jsou svou povahou v podstatě běžnými chemickými látkami, které lze sledovat v jakémkoli prostředí pomocí nově se vyvíjejících vědeckých metod analytické organické chemie [1, 2]. Tím byla otevřena diskuse na téma drogy v odpadních vodách a byl položen základ „sewage epidemiology“ - epidemiologie odpadních vod. Poprvé tento přístup k určení drog ve sledované komunitě použil Zuccato et al. [3].

Přítomnost drog ve vodách je příkladem typického antropogenního znečištění. Nezákonné drogy a jejich metabolity se po vyloučení z organismu stávají součástí komunálních odpadních vod, dostávají se na ČOV, kde se některé z nich odstraňují lépe, některé hůře. Jako součást vyčištěných odpadních vod vytékají do vod povrchových. Protože povrchové vody jsou často zdrojem pro výrobu pitné vody, mohou se dostat i do pitné vody.

Publikací o nálezech nezákonných drog v komunálních odpadních vodách je již celá řada, příkladem může být studie, která srovnávala spotřebu drog v 19 evropských městech [4]. Využití analýzy odpadních vod pro zjištění spotřeby drog v Austrálii popisují Irvin et al. [5]. Sledováním drog v odpadních vodách v Paříži se zabývá Karolak et al. [6]. Množství drog v nátoky a výtoku 25 ČOV na území Francie a mapu spotřeby drog uvádí Neau et al. [7]. Jednu z prvních informací o množství drog v odpadních vodách v České republice publikoval v roce 2012 D. Baker et al. [8].

Informací o nezákonných drogách v pitných vodách je zatím poměrně málo. Nálezy drog v povrchových a pitných vodách v povodí řeky Tajo uvádějí VALCÁRCEL et al. [9]. V roce 2006 se výskytem některých psychoaktivních drog v povrchových, odpadních a pitných vodách zabýval Hummmel et al. [10].

Projekt **Stanovení nezákonných drog a jejich metabolitů v komunálních odpadních vodách – nový nástroj pro doplnění údajů o spotřebě drog v České republice** se zkráceným názvem DRAGON, si klade za cíl aplikovat metodu „sewage epidemiology“ v podmínkách České republiky. V roce 2013 byly prováděny

odběry komunálních vod celkem v 10 lokalitách, které byly vybrány po konzultaci s Národním monitorovacím centrem pro drogy a drogové závislosti a Národní protidrogovou centrálou. Jako modelové aglomerace byly vybrány Praha, Brno, Ostrava, Plzeň a Ústí nad Labem. Dalšími sledovanými městy jsou Frýdek-Místek, Český Těšín, Havířov, Karviná a Orlová. V letošním roce plánujeme jejich rozšíření.

Vzorky surových odpadních vod ve velkých městských aglomeracích jsou odebírány nejen na nátoky na čistírnu, ale i ve vybraných uzlových bodech kanalizace. Tento přístup umožní např. odlišit jednotlivé městské části z pohledu „vztahu“ jejich obyvatel k užívání nezákonných drog. V odpadních vodách jsou sledovány tyto látky:

- Metamfetamin (pervitin)
- Amfetamin
- Extáze (MDMA, 3,4-methylen-dioxy-metamfetamin)
- Kokain a jeho metabolity benzoylekgonin a kokaethylen
- Opioidy heroin a morfin
- LSD

Odebírány jsou slévané 24hodinové vzorky, které jsou podle možností buď bezprostředně po odběru zpracovány nebo zamraženy a do zpracovávání uchovávány při -20 °C. Vzorky jsou po filtraci analyzovány metodou on-line SPE – LC-MS/MS.

Odhad spotřeby nelegálních drog ve sledovaných lokalitách je prováděn pomocí zpětné kalkulace (back calculation) podle následujícího vztahu

$$\text{Spotřeba (g/den)} = M \text{ (ng/l)} \times \text{průtok (l/den)} \times PF,$$

kde: *spotřeba* = denní spotřeba zvolené drogy;

M = koncentrace látky (metabolitu dané drogy, případně drogy nezměněné), ze které výpočet vychází; stanovené na nátoky na ČOV,

průtok = průtok odpadní vody ČOV za den;

PF = přepočítávací faktor, který se stanoví jako poměr molekulárních hmotností zvolené drogy a specifické látky (metabolitu nebo nezměněné drogy) násobený průměrnou procentuální metabolizací drogy na zvolený metabolit, příp. nemetabolizaci - prochází-li droga tělem částečně nezměněna.

Tyto kalkulace mohou být ovlivněny celou řadou faktorů: procentuální složení metabolitů jednotlivých drog má poměrně široké rozmezí, liší se u jednotlivých osob (např. v závislosti na pH moči), některé látky mohou metabolizovat na stejné metabolity (např. metamfetamin metabolizuje z 7% na amfetamin, metabolity některých farmakologických přípravků se shodují s amfetaminy) [11]. Pokud se jako základ pro kalkulaci volí nezměněné drogy, není jisté, zda tyto drogy byly použity nebo přímo zlikvidovány. Všechny tyto faktory pak mohou způsobovat v konečném hodnocení nadhodnocení, případně podhodnocení výsledků.

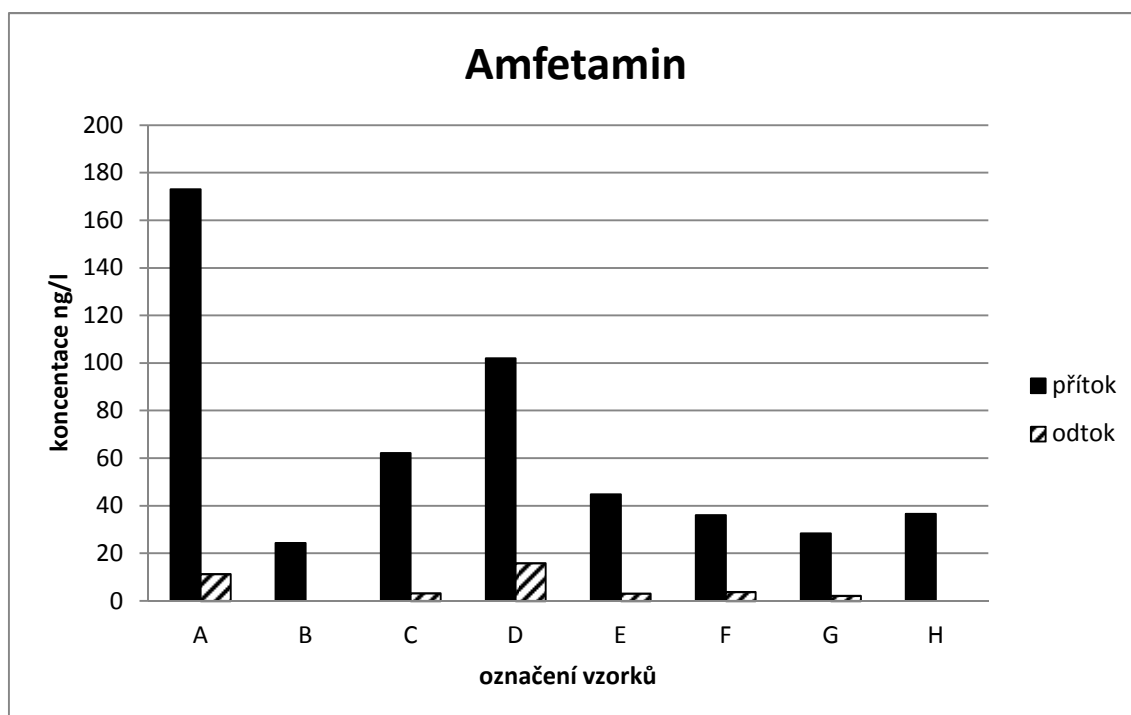
Z denní spotřeby lze provést přepočet na počet dávek na 1000 obyvatel. Tento výpočet vychází z počtu obyvatel napojených na kanalizaci ve sledované oblasti a z průměrné dávky drogy. Na rozdíl od koncentrace drogy na litr je tento údaj srovnatelný a umožňuje porovnat spotřebu drog v různých lokalitách.

V projektu není sledováno odstraňování drog v průběhu čistícího procesu. Některé ze zúčastněných ČOV nám však poskytly i vzorky vyčištěných odpadních vod. Srovnání koncentrací vybraných drog v nátoky a výtoky z ČOV je uvedeno v tabulce 1 a na obrázcích 1 a 2.

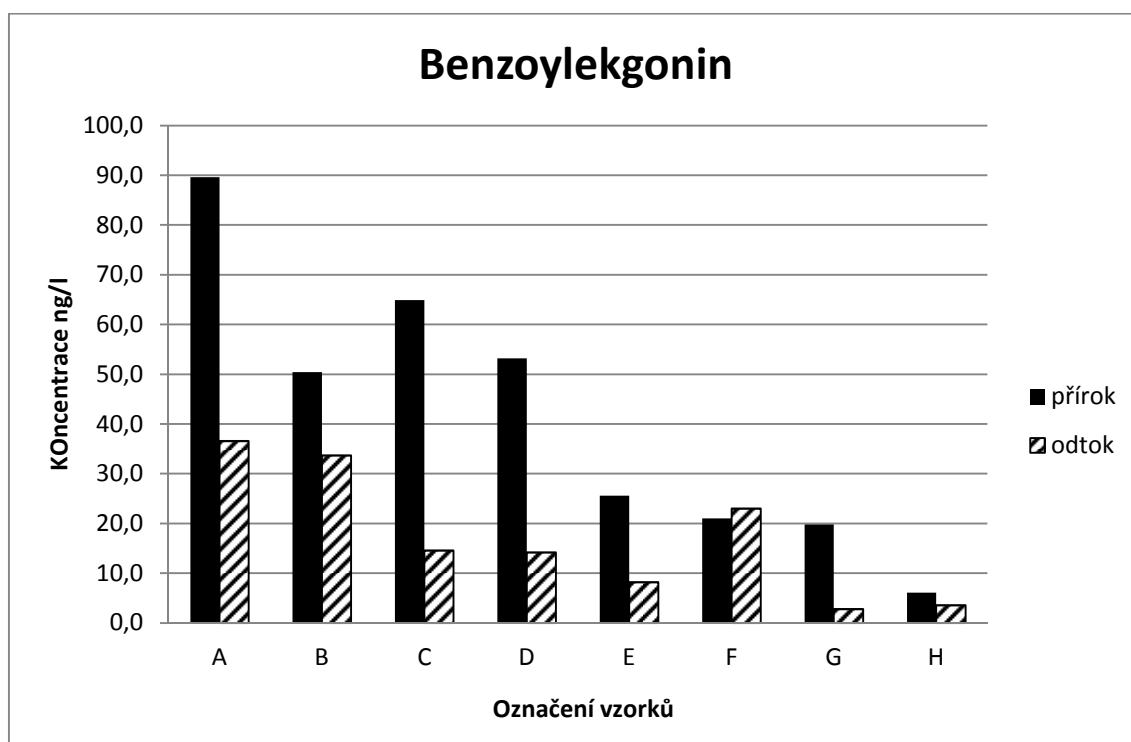
Tabulka 1. Příklady odstranění některých sledovaných látek v ČOV

	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

Z tabulky i obou grafů je zřejmé, že stávající technologie čištění v ČOV, která nám umožnila sledovat koncentraci drog jak na nátoky tak na výtoky z čistírny, odstraňuje tyto látky pouze částečně, a že se výsledky liší i pro jednotlivé sledované látky. Ze zde uvedených látek je nejlépe odstraněn amfetamin (84 – 100 %), metamfetamin je v průměru odstraněn ze 40 % a extáze (při vyloučení vzorku E a F) z přibližně 50 %, podobně jako hlavní metabolit kokainu benzoylgonin. Výsledky budeme ještě dále ověřovat.



Obr. 1. Srovnání koncentrace amfetaminu v nátoky a výtoku z ČOV



Obr. 2. Srovnání koncentrace benzoylekgoninu v nátoku a výtoku z ČOV

Jak již bylo výše řečeno, projekt DRAGON je zaměřen na sledování drog v nečištěných odpadních vodách. Epidemiologii odpadních vod je i celoevropském měřítku věnována velká pozornost. Za deset let své existence se stala multidisciplinárním oborem, který se dále rozvíjí za významného přispění řady dalších oborů, včetně analytické chemie, fyziologie, biochemie, technologie odpadních vod, environmentálního inženýrství a konvenční epidemiologie. Setkání odborníků v rámci EMCDDA (European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction), které se konalo na téma analýzy odpadních vod, identifikovalo nejméně osmnáct výzkumných skupin působících ve třinácti evropských zemích, které v této oblasti realizují své výzkumné aktivity. Setkání konstatovalo, že první výzkumy se zaměřovaly především na zjišťování přítomnosti kokainu a jeho metabolitů v odpadních a povrchových vodách, další výzkumy již přinesly výsledky odhadů spotřeby a míře užívání konopí, amfetaminu, metamfetaminu, heroinu a metadonu. Rovněž nejnovější výzkumy zaměřené na ketamin a další psychoaktivní látky poskytují zajímavé a slibné výsledky. Jako prioritní úkol do nejbližší budoucnosti je možné označit dosažení určité shody a harmonizace metod odběru vzorků a použitých nástrojů, a dále vytvoření kodexu správné praxe pro tuto oblast [12]. V roce 2013 se v centru EMCDDA v Lisabonu setkalo 100 odborníků z 26 zemí na konferenci *Testing the waters: first international multidisciplinary conference on detecting illicit drugs in wastewater*.

Z výsledků analýz vzorků odebraných pro projekt zatím lze konstatovat, že nezákonné drogy byly nalezeny ve všech analyzovaných vzorcích odpadních vod (odebráno a zanalyzováno bylo téměř 1000 vzorků). Nejvyšší byly koncentrace metamfetaminu (až více než 10 000 ng/l), nálezy amfetaminu se pohybovaly od 2 ng/l do 1500 ng/l, extáze byla nalezena v koncentracích od 0,1 do 534 ng/l. Nálezy benzoylekgoninu, hlavního metabolitu kokainu, ze kterého se vychází při zpětné kalkulaci spotřeby drog, jsou v rozmezí 0 až 850 ng/l.

Sledovat tyto látky i v dalších typech vod, včetně vody pitné, by bylo vhodné, stejně jako studium chování těchto látek v průběhu technologických procesů jak při čištění odpadních vod, tak při úpravě surové vody na vodu pitnou.

Poděkování

Projekt **Stanovení množství nezákonných drog a jejich metabolitů v komunálních odpadních vodách – nový nástroj pro doplnění údajů o spotřebě drog v České republice**, identifikační číslo VG 20122015101, zkrácený název DRAGON, je řešen v rámci Programu bezpečnostního výzkumu České republiky v letech 2010 – 2015 (BV II/2 – VS) a je financovaný formou dotace z rozpočtové kapitoly Ministerstva vnitra České republiky.

Projekt by nebylo možno realizovat bez spolupráce s následujícími institucemi: Pražské vodovody a kanalizace, a.s, Vodárna Plzeň, Ostravské vodárny a kanalizace, a.s., Severočeské vodovody a kanalizace, a.s., Brněnské vodárny a kanalizace, a.s., VEOLIA Voda Česká republika, a.s., Aqualia, gestion integral del aqua, S. A.

Literatura

1. DAUGHTON, C. D. a T. A. TERNES. Pharmaceutical and personal care products in the environment: Agent of subtle Change?. *Environ. Health perspect.* 1999, č. 107, s. 907-938.
2. DAUGHTON, C. G. Illicit drugs: contaminants in the environment and utility in forensic epidemiology. *Rev. Environ. contam. toxicology.* 2001, č. 210, 59 -110.
3. ZUCCATO, Ettore, Chiara CHIABRANDO, Sara CASTIGLIONI, Davide CALAMARI, Renzo BAGNATI, Silvia SCHIAREA a Roberto FANELLI. Cocaine in surface waters: a new evidence-based tool to monitor. *Environmental Health: A Global Access Science Source.* 2005, vol. 4, issue 1, s. 14-20. DOI: 10.1186/1476-069X-4-14. Dostupné z: <http://www.ehjournal.net/content/4/1/14>
4. THOMAS, Kevin V. et al.: Comparing illicit drug use in 19 European cities through sewage analysis. *Science of The Total Environment.* 2012, vol. 432, s. 432-439. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2012.06.069. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969712008959>
5. IRVINE, Rodney J., Chris KOSTAKIS, Peter D. FELGATE, Emily J. JAEHNE, Chang CHEN a Jason M. WHITE. Population drug use in Australia: A wastewater analysis. *Forensic Science International.* 2011, vol. 210, 1-3, s. 69-73. DOI: 10.1016/j.forsciint.2011.01.037. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0379073811000521>
6. KAROLAK, Sara, Thomas NEFAU, Emilie BAILLY, Audrey SOLGADI a Yves LEVI. Estimation of illicit drugs consumption by wastewater analysis in Paris area (France). *Forensic Science International.* 2010, vol. 200, 1-3, s. 153-160. DOI: 10.1016/j.forsciint.2010.04.007. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0379073810001799>
7. NEFAU, Thomas, Sara KAROLAK, Luis CASTILLO, Véronique BOIREAU a Yves LEVI. Presence of illicit drugs and metabolites in influents and effluents of 25

- sewage water treatment plants and map of drug consumption in France. *Science of The Total Environment*. 2013, 461-462, s. 712-722. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.05.038. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969713005810>
8. BAKER, David R., Věra OČENÁŠKOVÁ, Magdalena KVICALOVA a Barbara KASPRZYK-HORDERN. Drugs of abuse in wastewater and suspended particulate matter — Further developments in sewage epidemiology. *Environment International*. 2012, vol. 48, s. 28-38. DOI: 10.1016/j.envint.2012.06.014. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0160412012001419>
 9. VALCÁRCEL, Y., F. MARTÍNEZ, S. GONZÁLEZ-ALONSO, Y. SEGURA, M. CATALÁ, R. MOLINA, J. C. MONTERO-RUBIO, N. MASTROIANNI, M. LÓPEZ DE ALDA, C. POSTIGO a D. BARCELÓ. Drugs of abuse in surface and tap waters of the Tagus River basin: Heterogeneous photo-Fenton process is effective in their degradation. *Environment International*. 2012, vol. 41, s. 35-43. DOI: 10.1016/j.envint.2011.12.006. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0160412011002868>
 10. HUMMEL, D., D. LOEFFLER, G. FINK a T. A. TERNES. Simultaneous determination of psychoactive drugs and their metabolites in aqueous matrices by liquid chromatography mass spectrometry. *Environ. Sci. Technol.* 2006, roč. 40, s. 7321-7328.
 11. BARCELOUX, Donald G. Medical toxicology of drug abuse: synthesized chemicals and psychoactive plants. Hoboken, N. J.: John Wiley, c2012, xix, 1041 p., [16] p. of plates. ISBN 04-717-2760-1.
 12. EMCDDA *Výroční zpráva za rok 2011: Stav drogové problematiky v Evropě*. Luxemburk: Luxemburg: Úřad pro publikace evropské unie, 2011. ISSN 978-92-9168-466-3.