Asociácia čistiarenských expertov
Slovenskej republiky

Správa

Monitoring psychoaktívnych zlúčenín v odpadových vodách Slovenska za rok 2016

Vypracovali: Doc. Ing. Tomáš Mackuľak, PhD.

Prof. Ing. Igor Bodík, PhD.

AČE SR

v Bratislave 15.2.2017

Obsah

1 Teoretická časť

1.1 Skúmané lokality Slovenska z hľadiska výskytu legálnych, ilegálnych drog a psychoaktívnych látok 1

1.2 Možnosti analýzy a monitoringu psychoaktívnych látok z odpadových vôd 7

2 Popis analyzovaných psychoaktívnych látok v odpadových vodách 10

2.1 Podrobný popis vybraných psychoaktívnych látok 10

2.2 Podrobný popis nových typov vybraných psychoaktívnych látok 20

3. Realizácia odberov vzoriek z odpadových vôd a ich analýza 32

3 Výskyt vybraných psychoaktívnych látok v odpadových vodách z 13 vybraných miest Slovenska a hudobných festivalov 33

3.1 Amfetamín 34

3.2 Metamfetamín 34

3.3 Kokaín 35

3.4 Extáza (MDMA) 37

3.5 Marihuana (metabolit THC-COOH) 38

4 Monitorovanie vybraných psychoaktívnych liečiv v odpadových vodách v 13 mestách Slovenska a na hudobných festivaloch 39

4.1 Tramadol 39

4.2 Oxazepam 40

4.3 Kodeín 40

4.4 Metadón a metabolit EDDP 41

5 Výskyt vybraných legálnych drog a stimulantov v odpadových vodách Slovenska 42

5.1 Nikotín a kofeín 42

5.2 Spotreba nikotínu 42

6 Monitoring nových typov psychoaktívnych látok v odpadových vodách Slovenska 44

7 Záver 45

8 Literatúra 52

1 Teoretická časť správy

Podobne ako v ďalších krajinách Európy aj na Slovensku sa informácie o spotrebe rôznych druhov drog v mestách, regiónoch či na rôznych hudobných festivaloch získavajú najmä pomocou dotazníkov, lekárskych správ o počte liečených pacientov a úmrtí, či z policajných dokumentov. Takto sumarizované údaje nám v súčasnosti poskytujú podrobný prehľad o výskyte najmä ilegálnych psychoaktívnych látok v mestách, či v jednotlivých regiónoch a štátoch Európy. Výsledok takto získaných štatisticky spracovaných údajov o spotrebe drog a psychoaktívnych látok však môže byť mierne ovplyvnený v dôsledku rôznych faktorov ako je hlavne oneskorené vyhodnotenie, skreslenie či správnosť získaných a následne spracovaných výsledkov.

V našej správe za rok 2016 sa preto zameriavame na možnosť monitorovania spotreby ilegálnych, legálnych drog a ďalších vybraných psychoaktívnych látok (nové typy zlúčenín, ktoré je možné z časti využívať ako náhradu klasických drog) z odpadových vôd. Použitá analytická metóda ponúka možnosť sledovania napríklad spotreby psychoaktívnych látok v časových intervaloch akým je víkend, mesiac, rok, či trendy v ich spotrebe (pokles resp. nárast po rokoch), ako aj možnosť porovnania spotreby na 1000 obyvateľov v jednotlivých mestách (v národnom aj medzinárodnom meradle). V dnešnej dobe už prebiehajú analýzy legálnych a ilegálnych drog v mnohých krajinách strednej Európy (Česká republika, Poľsko, Rakúsko) ako aj v USA, Kanade, Austrálii, Anglicku, Španielsku a v ďalších krajinách najmä západnej Európy. Keďže v jednotlivých krajinách a regiónoch sú uprednostňované rôzne druhy drog a iných psychoaktívnych látok, ich koncentrácia v odpadových vodách je tiež pomerne odlišná.

V roku 2017 sa bude realizovať na viac ako 40 čistiarňach vo svete už piaty raz systematický monitoring. Výsledky a výstupy tohto monitoringu sa stávajú súčasťou národných a nadnárodných správ mapujúcich spotrebu psychoaktívnych látok v jednotlivých regiónoch Európy. Príkladom je správa Európskeho monitorovacieho centra pre drogy a drogovú závislosť (EMCDDA) napríklad za rok 2016, ktorá sumarizuje výsledky analýz drog z odpadových vôd namerané na Slovensku a v ďalších krajinách Európy.

1.1 *Skúmané lokality Slovenska z hľadiska výskytu legálnych, ilegálnych drog a psychoaktívnych látok*

V správe, ktorá popisuje výsledky získané v roku 2016 sme sa zamerali na výskyt vybraných typov legálnych, ilegálnych drog, ich metabolitov, nových typov psychoaktívnych látok (celkovo 58 zlúčenín (tabuľka 1 - príloha)) v odpadových vodách Slovenska. Monitoring prebiehal v 12 mestách Slovenska, celkovo na 13 čistiarňach. Dve z nich sú situované priamo v hlavnom meste Slovenska: Čistiareň odpadových vôd Bratislava je umiestnená v mestskej časti Vrakuňa a odvádza odpadové vody zo širšieho centra Bratislavy (v ďalšom texte ju budeme označovať ako Bratislava), ČOV Petržalka odvádza odpadové vody z najväčšieho sídliska Slovenskej republiky z Petržalky. Čistiarne Košice, Nitra, Banská Bystrica, Žilina, Prešov, Devínska Nová Ves (DNV), Trnava, Komárno, Sereď, Dunajská Streda a Piešťany (tabuľka 2 - príloha).

Bratislava je najväčším a zároveň hlavným mestom Slovenskej republiky. Žije v nej viac ako 450 000 obyvateľov. Je najbohatším slovenským regiónom s najmenšou nezamestnanosťou. V meste je niekoľko vysokých škôl a univerzít, v ktorých študuje viac ako 70 000 študentov. Odhaduje sa, že počas dňa prichádza do mesta za pracou a inými záujmami viac ako 150 000 ľudí. Hlavné mesto patrí k najvýznamnejším slovenským turistickým destináciám. V centre Bratislavy sa nachádza viac ako 420 reštaurácií a rôznych nočných podnikov. Podľa novo tvorených máp kriminality políciou Slovenskej republiky, je mesto Bratislava v počte trestných činov na druhom mieste za Košicami. Odpadové vody vznikajúce v centre Bratislavy sú čistené na čistiarni odpadových vôd vo Vrakuni (v štúdii označená ako čistiareň Bratislava). Dĺžka kanalizácie je od 2 do 30 km.

Petržalka je mestskou časťou Bratislavy s najväčšou hustotou obyvateľstva na Slovensku a v strednej Európe. Od centra Bratislavy je sídlisko oddelené riekou Dunaj, čo bolo jedným z hlavných podnetov výstavby čistiarne Petržalka. Počet obyvateľov žijúcich v Petržalke je viac ako 120 000. V Petržalke sa nachádza viacero obchodných centier, viac ako 100 reštaurácií, športoviská a priemyselné zóny. Žije tu z hľadiska počtu najviac mladých ľudí vo veku 24 až 34 zo všetkých častí Bratislavy (viac ako 35 000), čo predstavuje až 30 % populácie Petržalky. Odpadová voda z Petržalky je čistená priamo na čistiarni odpadových vôd Petržalka. Na čistiareň sú napojené aj 4 dediny z Rakúska (približne 10 000 obyvateľov). Dĺžka kanalizácie je od 1 do 7 km.

Devínska Nová Ves (DNV) je mestská časť hlavného mesta Bratislava. Nachádza sa 15 km severozápadne od centra Bratislavy. Počet obyvateľov sa pohybuje okolo 16 000. Z hľadiska výskytu drog prevládajú v DNV marihuana a metamfetamín (pervitín). Odpadová voda z mestskej časti DNV sa čistí priamo na čistiarni odpadových vôd DNV. Na túto čistiareň sú napojení aj viacerí obyvatelia ďalších okrajových častí Bratislavy (Lamač a Dúbravka). Dĺžka kanalizácie je 1 až 10 km.

Košice sú najväčším mestom východného Slovenska. Počtom obyvateľov sú druhé najväčšie mesto Slovenska (240 000). Košice majú až 22 mestských častí. V meste sú tri univerzity, vyše 160 kaviarní, nočných klubov a diskoték. Košice spolu s Bratislavou patria k mestám s najvyššou kriminalitou na Slovensku. Z hľadiska výskytu drog prevládajú v Košiciach marihuana a metamfetamín. Odpadová voda z mesta je čistená na čistiarni Košice, ktorá je z hľadiska počtu napojených obyvateľov po ČOV Bratislava druhou najväčšou na Slovensku. Dĺžka kanalizácie je 2 až 15 km.

Žilina je krajské a okresné mesto na severnom Slovensku. Počtom obyvateľov viac ako 83 000 je Žilina štvrtým najväčším mestom na Slovensku. Je administratívnym, hospodárskym, dopravným a kultúrnym centrom severozápadného Slovenska. V meste pôsobí 5 gymnázií a 16 stredných odborných škôl a učilíšť a jedna univerzita. Z hľadiska výskytu drog prevládajú marihuana a metamfetamín. Počet nočných barov a reštaurácií sa odhaduje na číslo 100 a viac. Odpadová voda z mesta je čistená na čistiarni Žilina, ktorá patrí z hľadiska počtu napojených obyvateľov k najväčším na Slovensku. Dĺžka kanalizácie je 1 až 10 km.

Prešov je krajským mestom ležiacim na východnom Slovensku. Počet obyvateľov je približne 92 000. Prešov je tretie najväčšie mesto a zároveň je metropolou najväčšieho kraja na Slovensku. Mesto Prešov je rozdelené do štyroch mestských častí. V Prešove sú tri vysoké školy, na ktorých študuje viac ako 5 000 študentov. Z hľadiska kriminality je Prešov mierne nadpriemerným mestom. Dominantnou drogou je tu marihuana a pervitín. Odpadová voda z mesta je čistená na čistiarni Prešov. Dĺžka kanalizácie je 1 až 15 km.

Banská Bystrica je metropola stredného Slovenska nazývaná tiež srdce Európy. Počet obyvateľov je 78 000. V meste sa nachádzajú tri vysoké školy a niekoľko stredných škôl, na ktorých študuje viac ako 12 000 študentov. V meste je viac ako 60 barov, diskoték a reštaurácií. Odpadová voda z mesta je čistená na čistiarni Banská Bystrica. Dĺžka kanalizácie je 1 až 15 km.

Trnava je krajské mesto ležiace na západe Slovenska a 7. najväčšie mesto v krajine s počtom obyvateľov 66 000. V meste sa nachádzajú dve univerzity, jedna vysoká škola a 17 stredných škôl, na ktorých študuje viac ako 6 000 študentov. V meste sa nachádza viac ako 60 reštaurácií a nočných klubov. Trnava patrí k mestám s vyššou kriminalitou spojenou s drogami ako amfetamín a hlavne metamfetamín. Odpadová voda z mesta je čistená na komunálnej čistiarni Trnava. Dĺžka kanalizácie je 2 až 15 km.

Nitra patrí medzi najstaršie mestá Slovenska. Žije tu približne 81 600 obyvateľov, čo mesto radí na šieste miesto z hľadiska počtu obyvateľov. V meste sa nachádzajú dve univerzity a niekoľko stredných škôl, na ktorých študuje viac ako 16 000 študentov. V meste je viac ako 120 barov, diskoték a reštaurácií. Odpadová voda z mesta je čistená na čistiarni Nitra. Dĺžka kanalizácie je 3 až 17 km.

Komárno je okresné mesto v Nitrianskom kraji, ktoré leží pri sútoku Dunaja a Váhu. V meste sa nachádza viac ako 20 reštaurácií a nočných klubov, jedna vysoká škola a niekoľko stredných škôl, na ktorých študuje viac ako 1 000 študentov. Dĺžka kanalizácie sa pohybuje od 2 do 10 km.

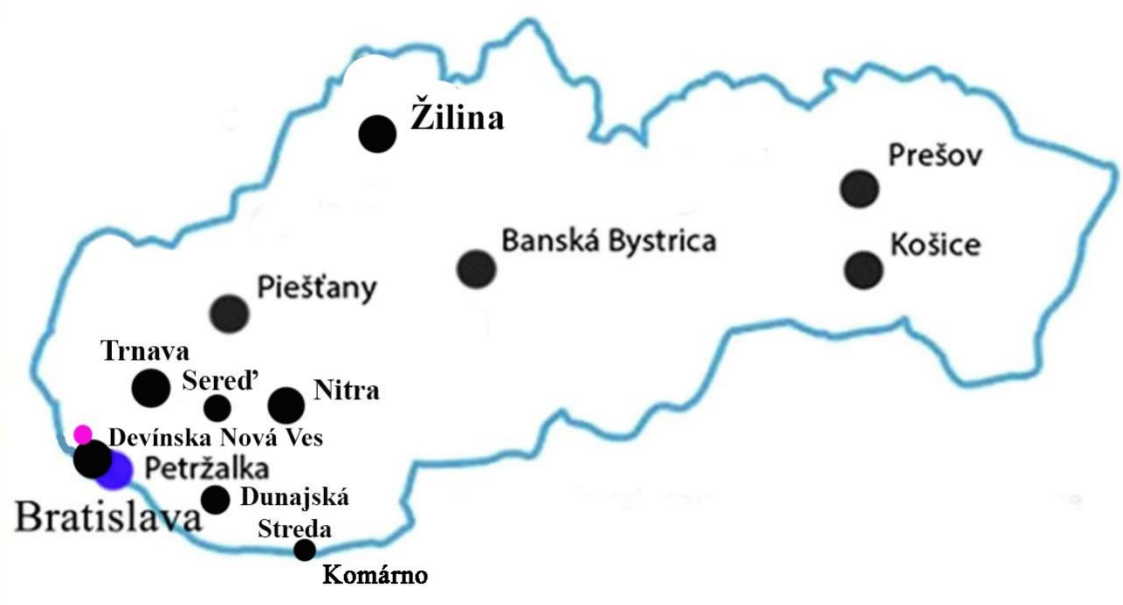
Sereď je mesto ležiace v Trnavskom kraji, v juhozápadnej časti Slovenskej republiky. Patrí k menším mestám Slovenska s počtom obyvateľov 16 100. V meste sú dve stredné školy a viac ako 20 reštaurácii a barov. V samotnom meste sa k slovenskej národnosti hlási až 96 % obyvateľov. Toto menšie mesto je však často spájané s kriminalitou spojenou s obchodom s drogami ako metamfetamín a marihuana. Odpadová voda z mesta je čistená na čistiarni v blízkosti mesta. Dĺžka kanalizácie sa pohybuje od 3 do 10 km.

Dunajská Streda je okresné mesto na južnom Slovensku ležiace v Trnavskom kraji. Podobne ako Skalica či Sereď patrí k menším slovenským mestám s počtom obyvateľov okolo 22 500. Okres Dunajská Streda patrí k dvom okresom v Slovenskej republike, kde majoritu tvorí maďarská národnosť až 75 %. V meste je viac ako 25 barov a diskoték. Podobne ako Sereď je toto mesto často spájané s kriminalitou spojenou s obchodom s drogami ako metamfetamín. Odpadová voda z mesta je čistená na čistiarni Dunajská Streda. Dĺžka kanalizácie sa pohybuje od 1 do 12 km.

Piešťany sa nachádzajú severovýchodne od Bratislavy a sú najvýznamnejšie kúpeľné mesto Slovenska. Ležia na rieke Váh a sú strediskom liečby reumatických chorôb a významným regionálnym centrom kultúry, rekreácie a športových aktivít. V meste sa nachádza viac ako 30

hotelov, okolo 50 reštaurácií, viacero stredných a dve vysoké školy. Piešťany patria dlhodobo k mestám s nízkou mierou nezamestnanosti 5,2 %. Počet obyvateľov je v súčasnosti okolo 29 000. Z pohľadu trestnej činnosti patria Piešťany podobne ako Bratislava k popredným mestám Slovenska. V blízkosti mesta sa niekoľko krát ročne konajú rôzne hudobné festivaly ako Lodenica, Grape či Topfest. Odpadová voda z festivalov a z mesta sa čistí na čistiarni Piešťany. Dĺžka kanalizácie je 1 až 10 km.

Celkový počet monitorovaných obyvateľov v našej štúdii je približne 1,4 milióna, z toho počet účastníkov festivalov je 30 000.



Obrázok 1. Mapa zobrazujúca monitorované miesta Slovenska

Skúmané festivaly

Analýzy odpadových vôd je možné využiť aj na monitoring bodových zdrojov akým sú aj rôzne hudobné akcie a festivaly. Je však potrebné pripojenie účastníkov na verejnú kanalizáciu, či odvoz vytvorených exkrementov priamo na čistiareň. Na hudobných festivaloch sa vo veľkom využívajú najmä prenosné toalety, ktoré sa následne vyvážajú na čistiareň, no ich obsah je potrebné riediť s pritekajúcou odpadovou vodou. Dôvodom je vyšší obsah biocídnych zlúčenín, ktoré sú vo vyššej koncentrácii schopné biologický stupeň

čistiarne úplne inhibovať. Štúdie ktoré sa snažia monitorovať koncerty a hudobné akcie na základe analýzy odpadových vôd sa stávajú v súčasnosti zaujímavou doplňujúcou metódou monitoringu užívania legálnych a ilegálnych drog.



Obrázok 2a Prenosné toalety často používané na hudobných festivaloch



Obrázok 2b Hudobný festival- štýl dance

V nami realizovanej štúdii bola na základe analýz odpadových vôd monitorovaná spotreba a množstvo vybraných psychoaktívnych látok počas festivalu

- **Festival Grape** patrí medzi slovenské festivaly hlavne tanečných štýlov hudby, ktoré sa konajú počas leta v okolí mesta Piešťany (letisko Piešťany 12-13.8.2016). Počet návštevníkov sa pohybuje okolo hodnoty 10 000. Odhaduje sa, že odpadové vody sú počas festivalu odvádzané do kanalizácie a z časti odvážané priamo na čistiareň Piešťany.
- **Festival Topfest** patrí spolu s festivalom Pohoda medzi najväčšie hudobné festivaly. Je zameraný prevažne na tvrdšie hudobné štýly ako je rock či metal no nájdu sa tu aj popové skupiny. Tento rok sa konal 12. ročník priamo na letisku Piešťany od 30. do 2. júla 2016. Celkový počet účastníkov počas festivalu sa pohybuje okolo hodnoty 30 000. Denne sa odhaduje počet účastníkov okolo 10 000. Splaškové vody sú kompletne počas festivalu odvádzané na kanalizáciu vedúcu na čistiareň Piešťany.

1.2 Možnosti analýzy a monitoringu psychoaktívnych látok z odpadových vôd

Komunálne odpadové vody okrem anorganických typov zlúčenín, mikroorganizmov či tuhých nečistôt obsahujú aj rôzne typy organických zlúčenín. Jedná sa napr. o tuky, oleje, vodou rozpustné polyméry či polutanty. V súčasnosti medzi polutanty a mikropolutanty zaraďujeme najmä hormóny, pesticídy, antibiotiká, legálne a ilegálne drogy, biocídne a kontrastné látky, chlórované organické zlúčeniny a aj celú škálu rôznych druhov liečiv.

Zdrojom ilegálnych drog a ich metabolitov v odpadových vodách Slovenska sú v súčasnosti ich užívatelia a taktiež možní nelegálni výrobcovia (na Slovensku sa jedná hlavne o domácich výrobcov metamfetamínu). Drogy a ich metabolity sa od užívateľov do kanalizácie dostávajú prevažne v exkrementov (sú obsiahnuté v moči a stolici) a pri sprchovaní, keďže sa niektoré typy požitých látok vylučujú aj pokožkou. V kanalizácii sa následne môžu tieto typy zlúčenín štiepiť bioticky aj abioticky. Na degradáciu vplýva značné množstvo faktorov ako zdržná doba, pH, teplota, spoločenstvo mikroorganizmov či samotná štruktúra zlúčeniny. Na základe týchto poznatkov sa postupne začali publikovať národné štúdie jednotlivých krajín sveta, ktoré poukazovali na rozdielnu dominanciu jednotlivých typov drog v rôznych častiach Európy či sveta.

Ilegálne drogy sa do kanalizácie môžu dostávať aj pri ich výrobe a následne pri likvidácii hlavne počas policajných razií (dochádza k splachovaniu drog priamo do kanalizácie hlavne cez toaletu). Myšlienka merania spotreby ilegálnych látok na základe analýz odpadových vôd je stará vyše 15 rokov. Prvý krát bola popísaná dvojicou autorov Daughton a Ternes v roku 1999. Následne bola táto štúdia impulzom k rozvoju analytickej chémie (najmä úprava vzoriek a samotného vzorkovania) v oblasti monitorovania liečiv a drog. Postupne sa začína v odborných kruhoch udomácňovať pojem „sewage epidemiology“ teda epidemiológia odpadových vôd. Viaceré odborné štúdie začali postupne publikovať možnosti analýz a monitoringu drog z odpadových vôd. Postupne sa zistilo, že nielen koncentrácia pôvodnej drogy v odpadovej vode môže byť zdrojom informácii o spotrebe v danom meste či regióne, ale aj výskyt dominantného metabolitu. Príkladom je metabolit kotinín, podľa ktorého sa počíta v súčasnosti spotreba nikotínu a je teda možné tak na základe analýzy metabolitu odhadnúť počet použitých dávok vo vybranej odkanalizovanej lokalite. Z hľadiska prepočtu spotreby ilegálnych drog sa využíva napríklad metabolit kokaínu – benzoylekgognín. Alkohol je zase možné spätne prepočítať zo zlúčeniny etyl sulfát.

Nasledujúca tabuľka 1 popisuje koeficienty, ktoré sa používajú pri výpočte spotreby drog a psychoaktívnych látok. Pokiaľ je materská zlúčenina v kanalizácii a počas odberu

stabilná využíva sa priamo na jej samotný výpočet (napríklad MDMA). Avšak ak je v kanalizácii nestabilná a podlieha degradačným procesom je nutné nájsť či využiť jej metabolit a počítať tak spotrebu na základe jej metabolického koeficientu.

Tabuľka 1 popisuje v prvom stĺpci analyzované zlúčeniny v odpadových vodách, ktoré sú následne pomocou koeficientu prepočítané na spotreby im prislúchajúcej droge

Analyzovaná zlúčenina v odpadovej vode	**Prepočítavací koeficient**	**Droga**
MDMA	1,5	MDMA
THC-COOH	152	Marihuana
Benzoyekgognín	2,77	Kokaín
Metamfetamín	3,3	Metamfetamín
Amfetamín	3,3	Amfetamín
EDDP	6,3	Metadón



Obrázok 3 Čistiareň odpadových vôd

Interpretácia výsledkov drog a psychoaktívnych liečiv získaných z odpadových vôd pomocou jednotiek mg/deň/1000obyv. je v dnešnej dobe výnimočnou a zrovnateľnou hodnotou s ostatnými štúdiami v tejto vednej oblasti (na výpočet množstva spomínanej jednotky je potrebné poznať počet pripojených obyvateľov na monitorovanú stokovú sieť a denný prietok odpadovej vody na čistiareň). Z aktuálnej dennej koncentrácie a prisluhujúceho denného prietoku získame množstvo monitorovanej zlúčeniny, ktorá v daný deň prichádza do kanalizácie (mg/deň) a na základe známeho (odhadnutého) počtu pripojených (prítomných) obyvateľov v daný deň v danej lokalite môžeme vypočítať špecifickú produkciu drogy v daný deň vzhľadom na 1000 obyvateľov označovanú ako mg/deň/1000obyv.).

Popisovaná metóda monitoringu spotreby psychoaktívnych zlúčenín na základe analýzy odpadových vôd má aj napriek mnohým výhodám niekoľko možných nevýhod a obmedzení, ktoré môžu znehodnocovať získané výsledky. Ide hlavne o analytickú náročnosť samotného stanovenia - vysoké investičné aj prevádzkové náklady na obsluhu prístroja a úpravu vzorky.

Ďalším obmedzením je neschopnosť metódy identifikovať vekové skupiny užívateľov psychoaktívnych zlúčenín, analýza je taktiež obmedzená len na miesta a regióny s centralizovanou stokovou sieťou a niektoré ďalšie obmedzenia (na Slovensku je odkanalizovaných len niečo viac ako 65 % obyvateľstva). Výskum v tejto oblasti veľmi rýchlo postupuje a následne sa riešia nedostatky tejto analyticky náročnej metodiky monitorovania užívateľov drog. Taktiež sa postupne zvyšuje aj percento odkanalizovaných obyvateľov Slovenska.



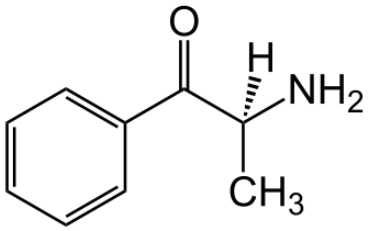
Obrázok 4. Automatické odberové zariadenie umiestnené pred vstupom na komunálnu čistiareň odpadových vôd

2 Popis analyzovaných psychoaktívnych látok v odpadových vodách

Cieľom našej práce bolo analyzovať 58 vybraných psychoaktívnych zlúčenín a ich metabolitov (tabuľka 1 Príloha) v odpadových vodách z 12 miest po celom Slovensku. Monitoring bol vykonaný na prítoku na 13 komunálnych čistiarňach odpadových vôd. V Bratislave boli analyzované odpadové vody z dvoch čistiarní.

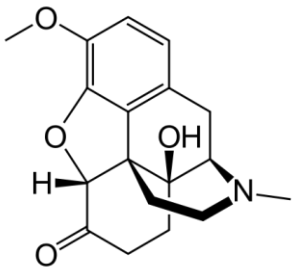
2.1 Podrobný popis vybraných psychoaktívnych látok

Katinón (systematický názov benzoylethanamin) je chemicky podobný efedrínu, kathinu a ďalším amfetamínom. Účinky látky sú často popisované ako niečo medzi extázou (MDMA) a metamfetamínom. Oproti pervitínu sú účinky menej intenzívne a viac euforické. Fyzicky návykovým nie je, ale psychická závislosť môže byť veľmi silná. Vedľajšie príznaky sú skôr podobné amfetamínu a MDMA (extáza).



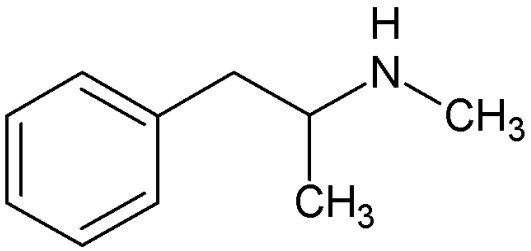
Obrázok 4. Katinón

Oxykodón je narkotické liečivo používané proti bolesti. V 90. rokoch 20. storočia bol používaný aj ako analgetikum. Svojou silou účinku spadá medzi morfín a kodeín. Oxykodón sa stal vďaka svojím euforickým vlastnostiam na mozog tiež často najmä v USA zneužívanou drogou. Príznaky sú podobné ako u heroínu. Oxykodón je značne návykový a vďaka jeho vlastnostiam hrozí ľahko predávkovanie.



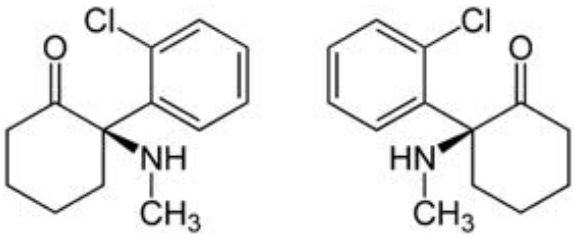
Obrázok 5. Oxykodón

Metamfetamín je syntetická stimulačná droga, ktorá sa vyrába prevažne z efedrínu, resp. v súčasnosti z pseudoefedrínu redukciou jodovodíkom za prítomnosti fosforu. Využíval sa v medicíne, ale predovšetkým sa zneužíva ako droga. Metamfetamín vyvoláva silnú eufóriu a psychickú závislosť.



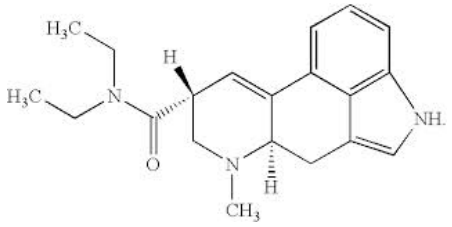
Obrázok 6. Metamfetamín

Ketamín je liečivo používané v humánnej i veterinárnej medicíne ako anestetikum, napr. pod obchodnými názvami Ketanest, Ketaset, Ketalar, Narkamon a Calypsol. Okrem anestetického účinku spôsobuje halucinácie a hypertenziu. Ketamín sa často predáva ako zmes obidvoch izomérov. Látka sa zneužíva ako rekreačná droga. Aplikuje sa injekčne, šnupaním a fajčením. Ketamín je metabolizovaný v pečeni cytochrómom P450 na hydroxynorketamín a **norketamín**, ktorý je farmakologicky aktívny a prispieva k predĺženiu účinku.



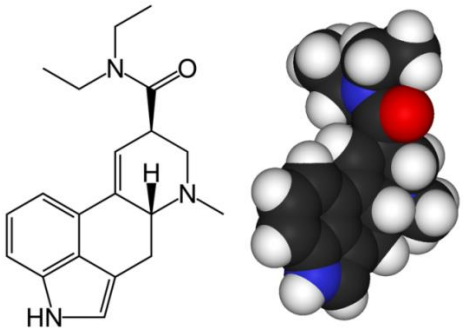
Obrázok 7. Ketamín

2-oxy-3-hydroxy-LSD patrí medzi metabolity LSD používané ako dôkaz užitia LSD. Analyzuje sa v moči pomocou HPLC analýzy.



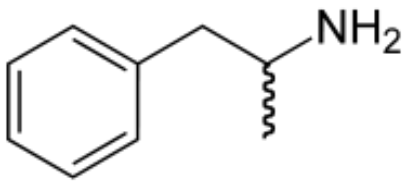
Obrázok 8. 2-oxy-3-hydroxy-LSD

LSD (dietylamid kyseliny lysergovej) je kryštalická bezfarebná zlúčenina používaná ako halucinogén. Na LSD nevzniká závislosť a má nízku toxicitu, i keď po požití drogy môže dôjsť k nežiaducim psychickým stavom. V súčasnosti je len malé množstvo odborných prác študujúcich vplyv LSD na ľudské telo. Niektoré práce naznačujú, že LSD môže mať aj liečebné účinky hlavne pri migréne. LSD sa obyčajne užíva orálne, vo forme papierikov napustených LSD, či vo forme želatíny, tabliet alebo kryštálikov.



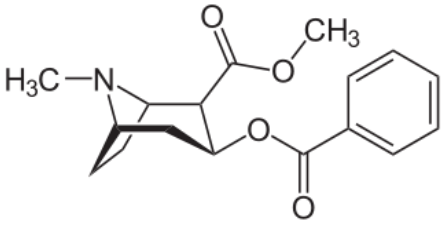
Obrázok 9. LSD

Amfetamín patrí spolu s metamfetamínom medzi stimulačné látky zvyšujúce hladinu neuromediátorov noradrenalinu (norepinefrinu), serotoninu, a dopaminu v mozgu. Využíva sa v liečbe poruchy pozornosti u detí s hyperaktivitou (ADHD) či pri liečbe chronického únavového syndrómu. Často je zneužívaný ako rekreačná droga, napríklad pod názvom Speed. Účinky sú podobné ako u ostatných stimulantov na báze amfetamínu.



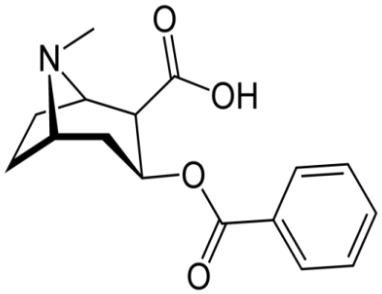
Obrázok 10. Amfetamín

Kokaín je omamná látka chemicky označovaná ako etylesterbenzoylekgonínu. Jedná sa o prírodný stimulant, ktorého zdrojom je juhoamerická rastlina Erythoxylum. Čistý kokaín je kryštalický biely prášok horkej chuti. Na čiernom trhu sa však môže vyskytnúť aj kokaín, ktorý môže byť kombináciou iného stimulantu (amfetamínu) s lokálnym anestetikom, príp. môže kokaínový prášok obsahovať rôzne iné prímesi. Dodatočnou tepelnou úpravou kokaínu je možné získať tzv. crack, ktorý sa užíva výhradne fajčením a má výraznejšie účinky ako samotný kokaín. Droga sa aplikuje šnupaním či injekčne.



Obrázok 11. Kokaín

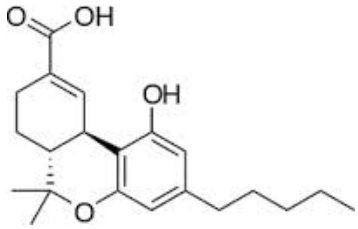
Benzoylekgonín je dominantný metabolit drogy kokaín (1 – 9% sa vylúči v moči vo forme kokaínu, 35 – 55 % ako benzoylekgonín, a 32 – 49% ekgonínmetylester). Rôzne štúdie založené na priamom sledovaní kokaínu v odpadovej vode uvažujú s vylúčením 10 % z ľudského tela vo forme exkrementov a súčasne s degradáciou 80 % kokaínu v prostredí odpadovej vody s pH = 6 pri 20 °C .Výpočty založené priamo na stanovenie kokaínu poskytujú vyššie výsledky, a preto sa častejšie používa nepriama metóda s metabolitom benzoylekgonín.



Obrázok 12. Benzoylekgonín

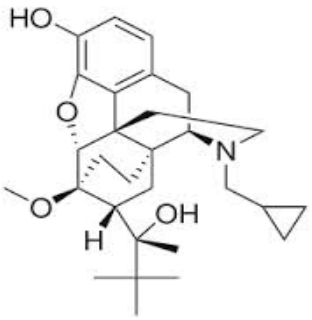
THC – tetrahydrokanabinol (delta-9-tetrahydrocannabinol) je jeden z viac než 30 kannabinoidov a je hlavnou psychoaktívnou látkou nachádzajúcou sa v *Cannabis sativa* a jej variantoch *Cannabis sativa* var. *Indica*. V čistej forme má THC podobu priesvitných kryštálikov, ktoré sa po zahriati stanú lepkavými. THC je ťažko rozpustný vo vode, avšak dobre rozpustný v organických rozpúšťadlách (etanol či hexán) a tukoch. Podľa jednotného dohovoru o omamných latkách (1961) „cannabis“ označuje kvitnúce alebo plodiace vrcholky konope (okrem semien a listov, ktoré nie sú na vrcholkoch rastliny), z ktorých nebola extrahovaná živica, ale v bežnom žargóne zahŕňa označenie „cannabis“ marihuanu alebo hašiš.

V odpadových vodách bola sledovaná zlúčenina **THC-COOH** (11–nor–9-karboxy-delta9-tetrahydrocannabinol) ako jeden z hlavných produktov metabolizmu THC. Sledované je len voľné THC-COOH. Predpokladaná koncentrácia THC-COOH v odpadovej vode sa pohybuje v rozsahu 10 - 200 ng/l.



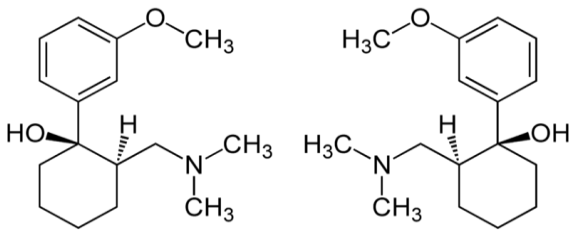
Obrázok 13.THC-COOH

Buprenorfín je derivát thebaínu. Thebaín je opioid využívaný ako analgetikum. Buprenofín sa svojimi účinkami podobá morfiu. Má dlhšiu dobu účinku a podáva sa orálne zväčša vo forme tabliet. Zlúčenina sa používa na liečbu drogovo závislých, užívanie zdravými ľuďmi môže viesť k závislosti.



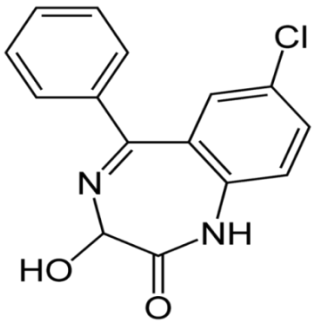
Obrázok 14. Buprenorfín

Tramadol je stredne silné analgetikum s centrálnym účinkom (tj. v centrálnej nervovej sústave - CNS). K jeho analgetickému efektu prispieva inhibícia spätného vychytávania noradrenalínu a serotonínu na nervových synapsiách. V liečebných dávkach nespôsobuje útlm dýchania, minimálne ovplyvňuje krvný obeh a menej často spôsobuje zápchu. Na rozdiel od látok typu morfín je pri tramadole v doporučených liečebných dávkach nižšie riziko vzniku závislosti.



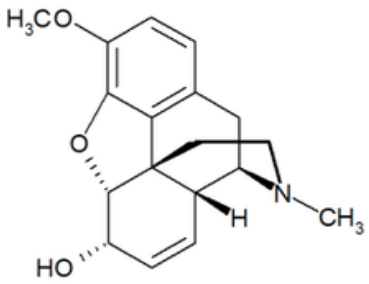
Obrázok 15. Tramadol

Oxazepam je stredne účinným benzodiazepínom s pomalým nástupom účinku, preto sa obvykle predpisuje osobám, ktoré majú problémy s udržaním neprerušovaného spánku. Často sa predpisuje tiež pri úzkostnej poruche s pridruženým napätím a podráždenosťou. Používa sa aj pri odvykaní zo závislosti na alkohol či niektoré drogy. Často krát sa však zneužíva a mieša sa aj so samotnými drogami.



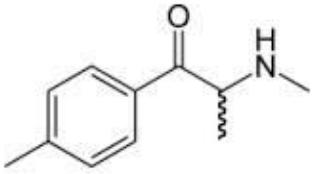
Obrázok 16. Oxazepam

Kodeín (tiež metylmorfín) je opiát používaný pre analgetické, antitusívne a protihnačkové účinky. Je najviac rozšíreným opiátom na celom svete či na Slovensku a je jedným z najúčinnejších orálne podávaných analgetík.



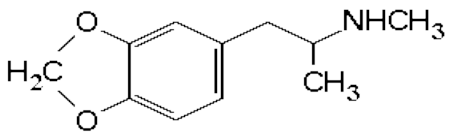
Obrázok 17. Kodeín

Mefedrón je syntetická stimulačná droga z triedy amfetamínov a katinónov. Podľa dostupných informácii býva obsiahnutý v niektorých stimulačných prípravkoch. Mefedrón môže mať formu kapsuly, tabliet alebo bieleho prášku, užívateľ ho môže šnupať, aplikovať injekčne alebo orálne.



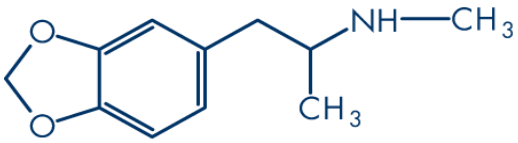
Obrázok 18. Mefedrón

MDMA (extáza) je syntetická droga patentovaná už v roku1913 nemeckou firmou MERCK. Spočiatku sa voľne predávala ako odtučňovacie tablety. Užívatelia drogy sa cítia šťastní, uvoľnení, srdeční k ostatným. Zintenzívňuje zmyslové vnímanie. V pečeni sa droga metabolizuje na MDA (3,4-methylenedioxyamfetamin - droga veľmi podobná účinkom MDMA). V moči odchádza 2/3 v nezmenenej štruktúre MDMA a 7% MDA. Biologický polčas rozkladu MDMA v organizme je asi 6 hodín.



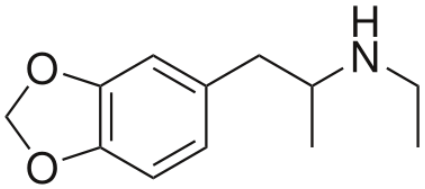
Obrázok 19. MDMA

MDA (3,4-methylenedioxyamfetamin) je droga veľmi podobná extáze, je však finančne dostupnejšia. Predáva sa vo forme tabliet, prášku a kryštálikov. Je značne toxická, účinok drogy môže trvať až 10 hodín. MDA sa z tela vylučuje aj pri požití drogy MDMA ako jeden z metabolitov.



Obrázok 20.MDA

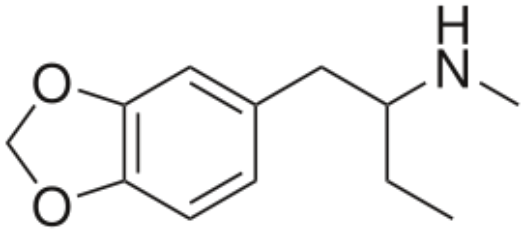
MDEA (3,4-metylen dioxy-N-etylamfetamín) je halucinogénna droga. MDEA, je syntetický derivát amfetamínu veľmi podobný extáze. Subjektívne účinky MDEA sú podobné MDMA. MDEA sa vyrába rôzne po svete v ilegálnych laboratóriách. Predáva sa vo forme tabliet, samotná alebo v kombinácii s ďalšími látkami.



Obrázok 21. MDEA

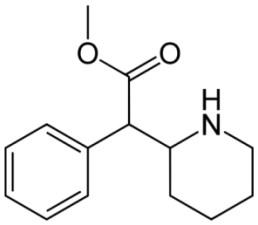
MBDB (N-metyl-1-(1,3-benzodioxol-5-yl)-2-butamin) je fenyletylamín chemicky blízky droge MDMA. Používa sa experimentálne v psychoterapii a tiež ako droga. V Európe sa

predáva vo forme tabliet či prášku. Často sa predáva ako extáza, niekedy sa kombinuje s drogami ako LSD či ketamín. Trvanie účinkov drogy je 4 - 6 hodín. MBDB má empatogénne účinky podobné extáze, ale miernejšie.



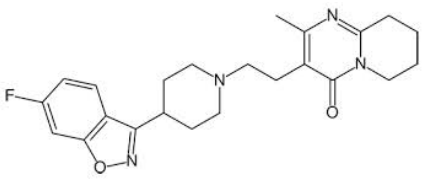
Obrázok 22. MBDB

Metylfenidát (MPH) je látka podobná amfetamínom, ale vyvoláva slabšie účinky. Je predpisovaná k liečbe poruchy pozornosti (ADHD) u detí a dospelých – u osôb trpiacich touto chorobou zlepšuje schopnosť sústredenia. Tiež je používaná pri narkolepsii a po určitých druhoch mozgových zranení. Chemicky to je biela jemná kryštalická látka bez zápachu. Zlúčenina sa predáva napríklad pod názvom Ritalin, Ritalina, Rilatine, Rubifen Focalin a Centedrin. Metylfenodát zvyšuje v mozgu hladinu dopamínu. Látka sa zneužíva značne študentmi napríklad počas skúškového obdobia.



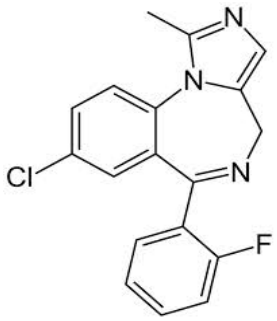
Obrázok 23. Methylfenidát

Risperidón je antipsychotikum, ktoré má vyvážený účinok na prenášače v mozgu. Pôsobí na príznaky schizofrénie a depresie, pričom má menej vedľajších účinkov ako klasické neuroleptiká.



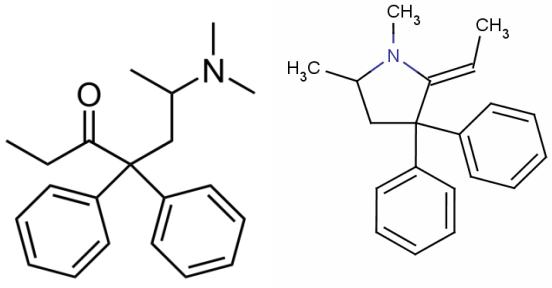
Obrázok 24. Risperidón

Midazolam (INN) je krátkodobo pôsobiace liečivo z triedy benzodiazepínov. V anglicky hovoriacich krajinách sa predáva pod obchodnými značkami Dormicum, Hypnovel a Versed. V Česku a na Slovensku je registrovaná rada liečivých prípravkov s obsahom midazolamu. Má silné anxiolytické, hypnotické, antikonvulzívne, myorelaxačné a sedatívne účinky. Midazolam, podobne ako iné benzodiazepíny, má rýchly nástup účinku, vysokú účinnosť a nízku toxicitu.



Obrázok 25. Midazolam

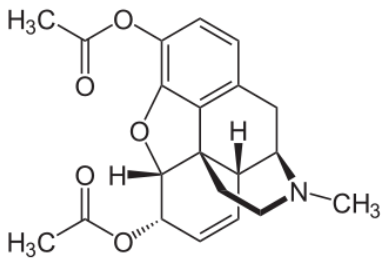
Metadón (syntetický opioid) sa v lekárstve používa pri liečbe závislosti na narkotikách (náhrada heroínu). Metadón sa metabolizuje pomaly a je dobre rozpustný v tukoch, vďaka tomu účinkuje v organizme dlhšie ako morfiové drogy. V priemere pôsobí 25 hodín, čo je oveľa dlhšie než pôsobenie heroínu (4 – 6 hodín). Dá sa užívať ústne, čím sa odstránia problémy súvisiace s vnútrožilovou aplikáciou heroínu. Metadón je návyková droga ako všetky ostatné opiáty. Pri injekčnom podaní vyvoláva reakcie podobné/typické pre morfín vrátane euforického pocitu. **EDDP** je jedným z hlavných metabolitov metadónu. V odpadových vodách patrí medzi veľmi stabilné zlúčeniny schopné odolávať aj biologickým či chemickým degradačným procesom. Používa sa aj na výpočet spotreby metadónu.



Obrázok 26. Metadón a metabolit EDDP

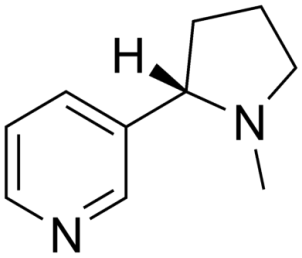
Heroín (diacetylmorfín) je polosyntetický opiát. V čistom stave sa jedná o jemný biely prášok horkastej chuti. Heroín u nás patrí k najnebezpečnejším drogám, a to najmä kvôli rýchlemu

vzniku fyzickej a psychickej závislosti, ako aj vážnym zdravotným a sociálnym dôsledkom jeho zneužívania. Heroín sa aplikuje hlavne injekčne aplikáciou do žily, svalu alebo pod pokožku. Zriedkavejšie sa heroín fajčí alebo sa priamo vdychujú výpary z hliníkovej fólie alebo lyžice. Heroín je možné tiež šnupať nosom alebo užiť cez ústa. Bezprostredné účinky heroínu nastupujú v priebehu 15 až 30 sekúnd a trvajú od 6 do 8 hodín. Riziko užívania drogy spočíva v pomerne rýchlom rozvoji silnej fyzickej a psychickej závislosti.

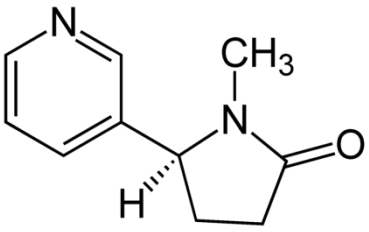


Obrázok 27. Heroín

Nikotín je prítomný vo všetkých tabakových výrobkoch, vrátane cigariet, cigár či nikotínových žuvačiek. Mnoho mladých ľudí užíva tabakové výrobky pravidelne už pred 15 rokom života. Samotný nikotín sa v ľudskom tele metabolizuje na rôzne metabolity, dominantným je hlavne kotinín. Asi 10 až 15 % nikotínu sa z tela vylúči v nezmenenej forme, 70 % sa transformuje na kotinín. V moči sa vylučujú aj ďalšie tabakové alkaloidy ako anatabín a anabasín. V odpadových vodách sa zväčša ako dôkaz užívania nikotínu deteguje metabolit kotinín. Dôvodom je väčšia stabilita tohto metabolitu oproti nikotínu.

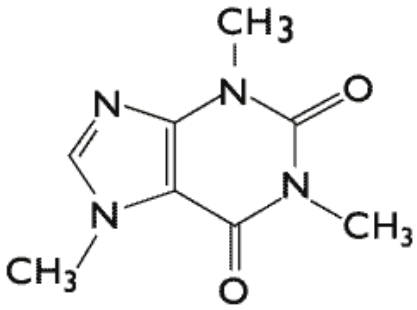


Obrázok 28. Nikotín



Obrázok 29. Kotinín

Kofeín ako látka je bez zápachu. Na ľudské telo pôsobí aj v malých koncentráciách. Príznakom je zrýchlený tep srdca či zvýšený krvný tlak. Kofeín je schopný telu dodávať pocit, že disponuje vyššou energiou, účinky sa prejavujú aj hyperaktivitou. V niektorých prípadoch vzniká u užívateľov závislosť. Po požití sa kofeín dostáva do krvného obehu do 30 až 45 minút. Polčas rozkladu je približne 4 hodiny (od 2 do 10 hodín podľa účinnosti metabolizmu). V ľudskom tele kofeín blokuje špecifické receptory adenozín v nervových tkanivách, čím zvyšuje bdelosť a ostražitosť. Kofeín je súčasťou mnohých analgetík, keďže je schopný účinne zužovať cievy a tým tlmiť migrénové stavy.



Obrázok 30. Kofeín

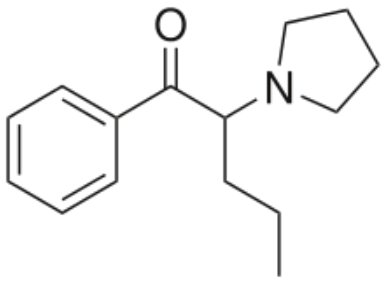
2.2 Podrobný popis nových typov vybraných psychoaktívnych látok

Okrem už bežne známych ilegálnych a legálnych drog sa v dnešnej dobe môžeme stretnúť v spoločnosti a so zlúčeninami, ktoré nemusia byť striktne zákonom monitorované a obmedzované. Patria sem rôzne náhrady najmä marihuany, MDMA a amfetamínových typov drog. V našej štúdii sme sa okrem už hore popísaných psychoaktívnych zlúčenín a ich metabolitov, zaoberali aj látkami, ktorých užívanie podľa (EMCDDA) nie až tak rozšírené v Európe, no môžu byť značnou hrozbou do blízkej budúcnosti. Európska drogová scéna sa v poslednom období mení. Klasické drogy stagnuje a do popredia záujmu užívateľov sa dostávajú nové psychoaktívné látky nazývané tiež dizajnérske drogy. Ich nebezpečenstvo spočíva v probléme predpokladania ich účinkov.

Z hľadiska analýzy odpadových vôd na výskyt nových typov drog či psychoaktívnych látok je v súčasnosti nedostatok informácii. O väčšine zlúčenín nevieme ako sa v prostredí kanalizácie chovajú, či podliehajú degradácii alebo sú schopné prejsť až k prítoku na čistiareň.

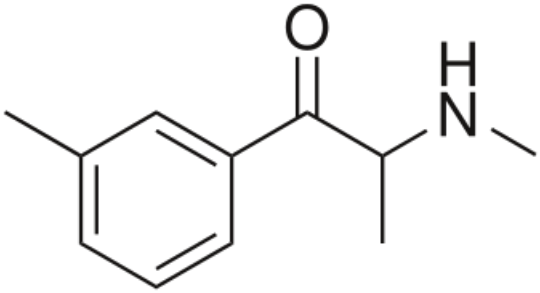
Popis nových typov analyzovaných zlúčenín:

α-pyrolidínovalerofenón (α-PVP) – táto zlúčenina sa často vyskytuje vo forme prášku, môže teda dobre miešať s inými zlúčeninami. α-PVP v roku 2014 nebol ešte zaradený medzi omamné alebo psychotropné látky v zmysle zákona Národnej rady SR č 139/1998 a patril medzi rizikové látky.



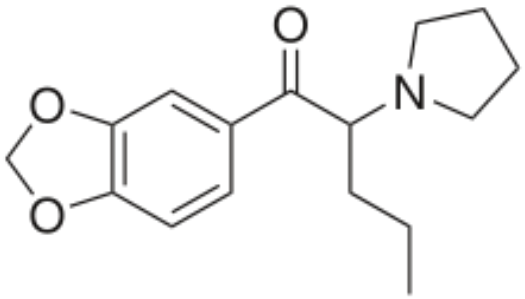
Obrázok 31. α-pyrolidínovalerofenón

3-metylmetkatinón (3-MMC) – patrí podobne ako 4-metyletkatinón (4-MEC) do zoznamu psychoaktívnych látok (boli zaradené v roku 2014), ako náhrada mefedrónu. Na Slovensko sa v menších množstvách dostávajú najmä z okolitých krajín ako je Maďarsko, Poľsko či Česká republika. 3-MMC patrí do rodiny katinónov a v Európe bol prvý raz zachytený v roku 2012 (Švédsko).



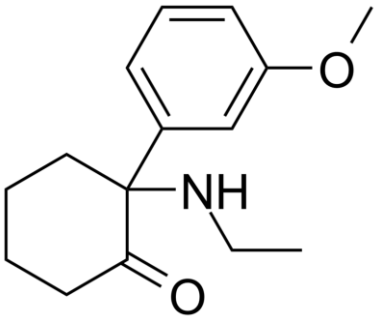
Obrázok 32. 3-metylmetkatinón

Metyléndioxypyrovalerón (MDPV) - bol prvýkrát syntetizovaný v roku 1969 ako povzbudzujúca látka. Môže účinkovať viac ako 7 hodín a užívateľ pociťuje nadmernú energiu až eufóriu. Kombinuje sa s viacerými typmi iných psychaktívnych látok ako je napríklad mefedrón. MDPV v porovnaní s mefedrónom spôsobuje prudší ústup účinkov.



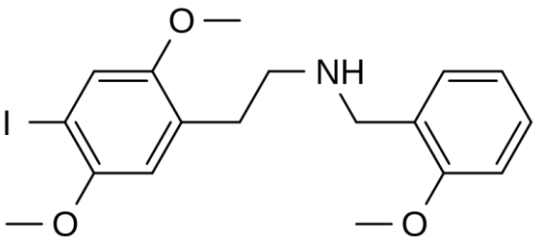
Obrázok 33. Metyléndioxypyrovalerón

Metoxetamín (MXE) - je arylcyklohexylamínová látka, ktorá je chemicky podobná ketamínu a medzinárodne kontrolovanej látke fencyklidín (PCP). V súvislosti s metoxetamínom nahlásilo šesť členských štátov 20 úmrtí.



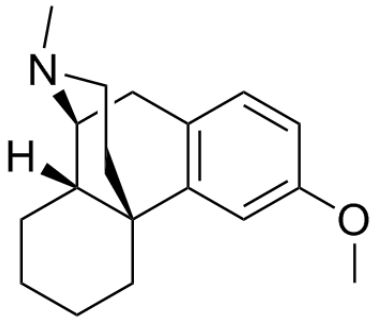
Obrázok 34. Metoxetamín

25I-NBOMe - zlúčenina je silný syntetický derivát látky 2,5-dimetoxy-4-jódofenetylamín (2C-I), klasického serotonergického halucinogénu, ktorý bol podrobený hodnoteniu rizika a kontrolným opatreniam a bol predmetom trestných sankcií na úrovni Únie od roku 2003. Je ťažké určiť konkrétne fyzické účinky 25I-NBOMe, pretože neexistujú žiadne zverejnené štúdie hodnotiace chronickú či akútnu toxicitu. 25I-NBOMe sa často predáva podobne ako LSD v napustených papierikoch. Mieša sa aj s inými typmi psychoaktívnych látok ako je 25C-NBOMe alebo 25H-NBOMe.



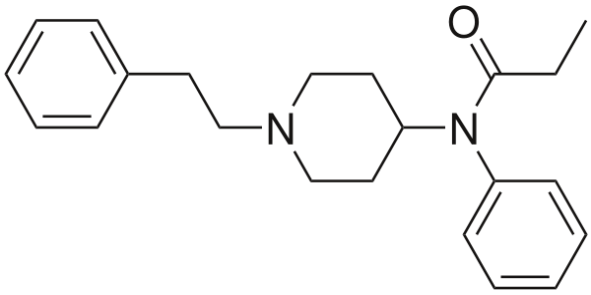
Obrázok 35. 25I-NBOMe

Dextrometórfan - je možné zaradiť medzi rekreačné drogy, je voľne dostupný v lekárňach a zneužívaný mladistvými na Slovensku a v Čechách. Často sa využíva ako účinný liek proti kašľu. V nadmerných dávkach sa stáva disociačným halucinogénom. Ide o opioidový derivát s rýchlym nástupom účinku, ktorý sa metabolizuje v pečeni a vylučuje močom. Nie je fyzicky návykový, je dobre dostupný a lacný. Jeho nadmerné užívanie však predstavuje riziko vzniku závažných nežiadúcich účinkov, ktoré môžu viesť až k smrti.



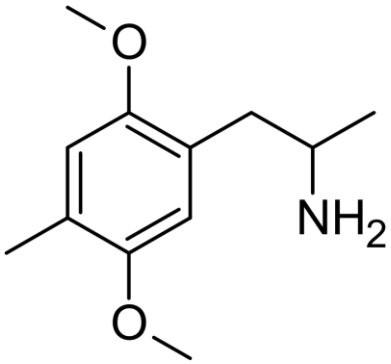
Obrázok 36. Dextrometórfan

Fentanyl - je veľmi silné syntetický opiátové analgetikum podobné morfínu, ktoré sa využíva napríklad v nemocniciach na tíšenie silných bolestí. Často krát sa fentanyl zneužíva ako náhrada morfínu či heroínu (je približne osemdesiatkrát silnejší ako morfín). Na Slovensku sú aj prípady kedy sa podobne ako metamfetamín aj fentanyl pripravuje nelegálne v tzv. domácich ilegálnych laboratóriách.



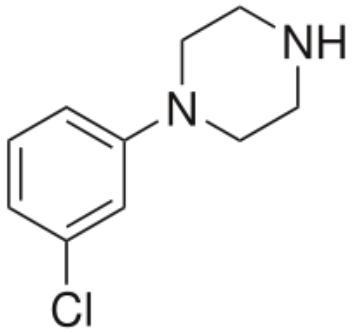
Obrázok 37. Fentanyl

2,5-dimetoxy-4-metylamfetamín (DOM) – patrí medzi psychodelické látky podobné amfetamínu. Jej tvorcom je známy organický chemik Alexander Shulgin. Zlúčenina je na ulici tiež známa ako STP. Jedna dávka je 3 až 10 mg, spočiatku sa ale distribuoval v 20 mg tabletách. Má podobné vlastnosti na užívateľa ako LSD.



Obrázok 38. 2,5-dimetoxy-4-metylamfetamín

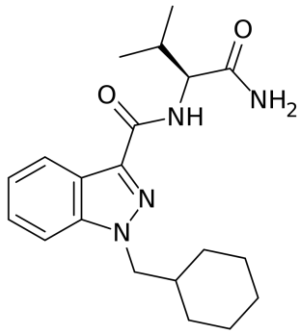
1-(3-chlorfenylpiperazín) (mCPP) - nová psychoaktívna látka, ktorá bola prvý krát zachytená v roku 2005 vo. Francúzku a Švédsku. Na trhu je mCPP dostupný vo forme tabliet. Často sa predáva zmiešaná spolu s MDMA. MCPP má bohatú históriu, keďže ho testovala aj napríklad armády USA ako bojovú látku schopnú vyvolať migrénu.



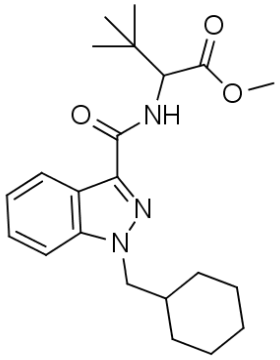
Obrázok 39. 1-(3-chlorfenylpiperazín)

Etylfenidát- patrí medzi psychoaktívne látky - stimulanty, ktoré sa môžu predávať hlavne na koncertoch a hudobných festivaloch. Užívatelia etylfenidát nakupujú ako lacnú náhradu drogy kokaín či metylfenidátu.

Syntetické kanabinoidy patria medzi agonistov kanabinoidových receptorov, s podobnými účinkami ako má delta-9-tetrahydrokanabinol (THC). Syntetické kanabinoidy sú často pridávané do bylinných zmesí a predávané pod názvami ako Spice či K2. AB-CHMINACA ako syntetický kanabinoid patrí v súčasnosti na Slovensku medzi rizikové látky. MDMB-CHMINACA je syntetický kanabinoid známy aj ako MDMB(N)-CHM. Je podobnou látkou ako MDMB-FUBINACA, ktorá má len v Rusku na svedomí viac ako 1000 hospitalizovaných ľudí a okolo 40 úmrtí.

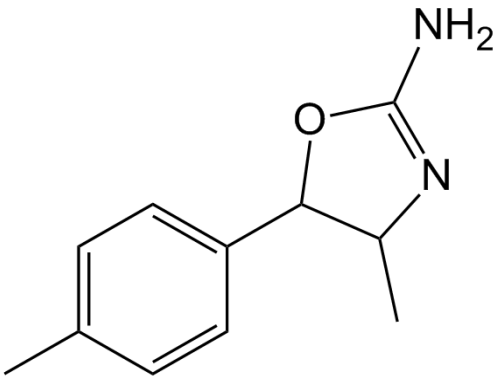


Obrázok 40. AB-CHMINACA



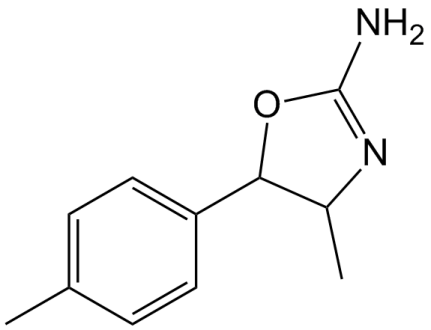
Obrázok 41. MDMB-CHMINACA

4,4'-Dimethylaminorex (4,4- DMAR) – je psychoaktívna látka - stimulant, ktorá je často nazývaná aj Serotoni. Prvý záchyt bol hlásený v Holandsku v roku 2012. Následne sa táto zlúčenina rozšírila po celej Európe (Dánsko, Maďarsko, Anglicko Fínsko). 4,4- DMAR sa často kombinuje s inými látkami čo môže viesť až k smrti.



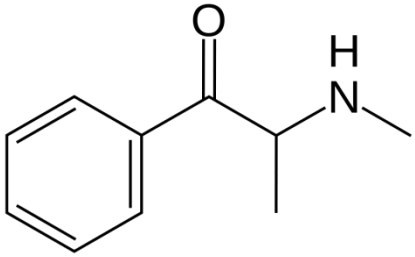
Obrázok 42. 4,4'-Dimethylaminorex

Para-metoxy-N-metylamfetamín (PMMA) – patrí medzi stimulanty príbuzné amfetamínovým typom drog. V súčasnosti je PMMA málo preskúmanou zlúčeninou z hľadiska jej toxicity.



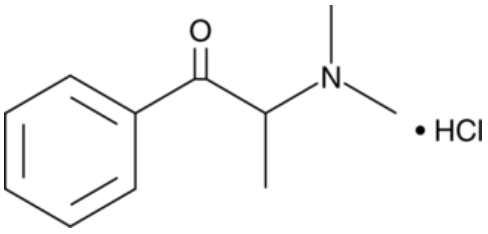
Obrázok 43. Para-metoxy-N-metylamfetamín

Metkatinón – je zlúčenina často nazývaná aj „cat“ či „Jeff“. Jedná sa o psychoaktívnu zlúčeninu, ktorá u užívateľa môže spôsobovať eufóriu. Je návyková a môže sa aplikovať fajčením, injekčne alebo orálne. Zlúčenina je kontrolovaná Dohovorom o psychoaktívnych látkach.



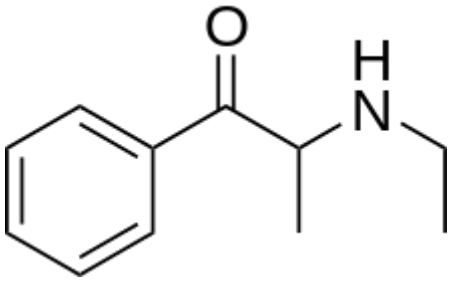
Obrázok 44. Metkatinón

N,N-Dimetylkatinón (hydrochlorid) - jedná sa o zlúčeninu, ktorá sa môže dostávať do kanalizácie najmä v exkrementoch, keďže sa jedná o možný metabolit rozličných typov katinónov.



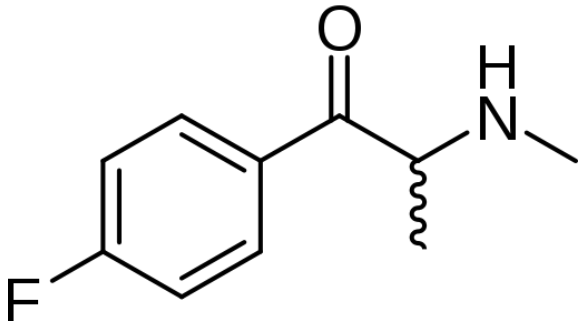
Obrázok 45.N,N-Dimetylkatinón (hydrochlorid)

Etkatinón – táto zlúčenina je známa aj ako etylpropión alebo ETH – CAT. Jedná sa o stimulant. Etkatinón je jeden z metabolitov dietylkatinónu a často sa pridáva do tabliet predávaných ako extáza. Príkladom je viacero záchytov napríklad v Austrálii.



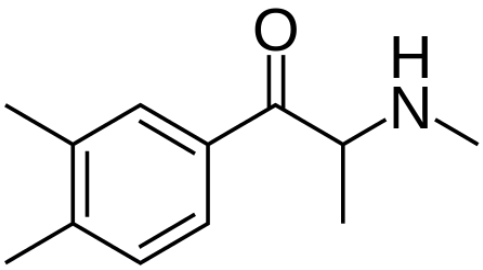
Obrázok 46. Etkatinón

Flefedrón (4-FMC) – známy aj ako 4-fluorometkatinón, je to stimulačná droga patriaca do skupiny katinónov. Od roku 2010 je napríklad zakázaná v Poľsku, Švédsku, Austrálii či Litve. V Číne sa v roku 2015 stala kontrolovanou zlúčeninou.



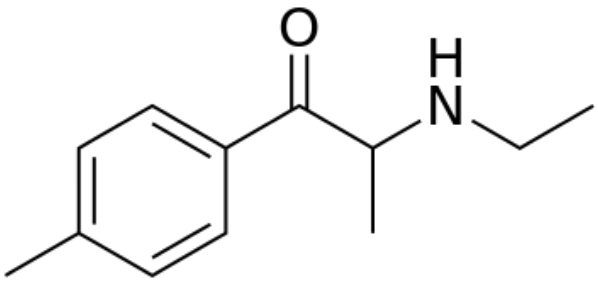
Obrázok 47. 4-fluorometkatinón (4-FMC)

3,4-Dimetylmetkatinón(3,4-DMMC) – jedná sa o dizajnérsku drogu, ktorá je v súčasnosti rozšírená po celom svete. Prvý raz bola zachytená v roku 2010 a predpokladá sa, že jej výroba bola podmienená zákazom zlúčeniny mefedrón. Značné množstvo záchytov je hlásených z Austrálie.



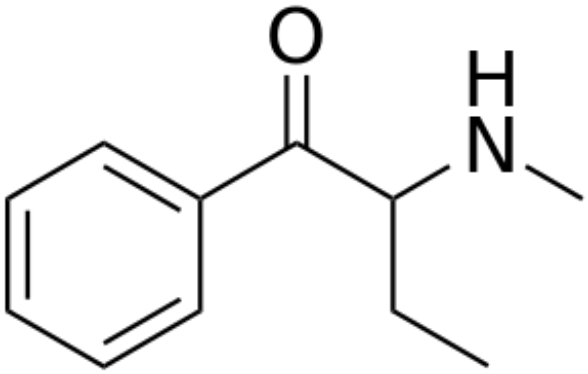
Obrázok 48.3,4-Dimetylmetkatinón (3,4-DMMC)

4-Metyletkatinón (4-MEC) – jedná sa o zlúčeninu, ktorá je chemicky podobná s mefedrónom. Táto zlúčenina sa často mieša s inými psychoaktívnymi zlúčeninami zo skupiny katinónov. Taktiež sa používa ako prímes do tabliet drogy extáza. Tento prípad bol zachytený napríklad na Novom Zélande.



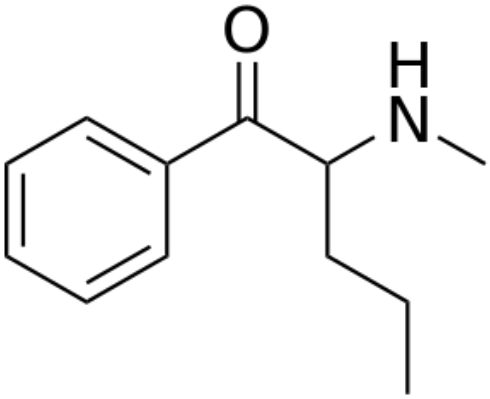
Obrázok 49. 4-Metyletkatinón (4-MEC)

Bufedrón (MABP) – bol prvý raz vyrobený v roku 1928. Jedná sa o stimulant zo skupiny katinónov. Táto zlúčenina je legálna vo viacerých krajinách sveta pokiaľ je použitá na vedecké účely.



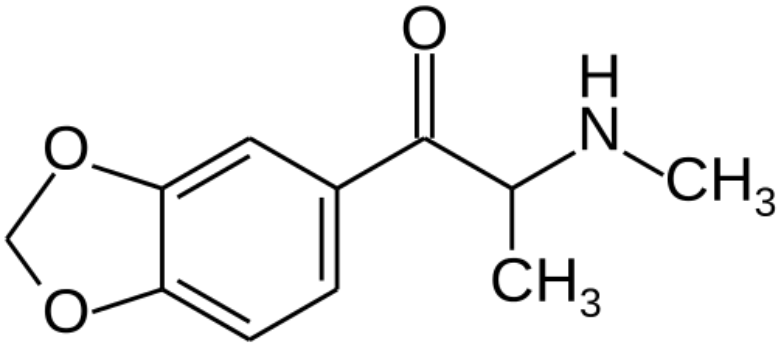
Obrázok 50. Bufedrón (MABP)

Pentedrón – je zlúčenina známa aj ako α-metylamino-valerofenón. Jedná sa o stimulant zo skupiny katinónov. Je pridávaný niekedy aj do soli používanej do kúpeľa – tieto záchyty boli prvý raz uverejnené v roku 2010.



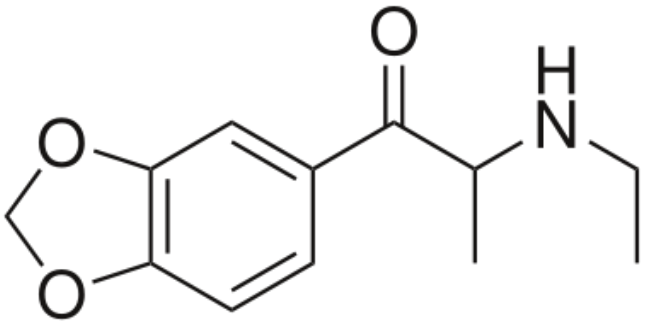
Obrázok 51. Pentedrón

Metylón– je zlúčenina známa aj ako 3,4-metyléndioxy-*N*-metylkatinón či pod skratkami "MDMC", "βk-MDMA" alebo M1. Chemicky je zlúčenina podobná MDMA (účinná látka drogy extáza). Prvý raz bol metylón vyrobený v roku 1996 dvomi chemikmi - Peytonom Jacobom III a Alexandrom Shulginom. Zlúčenina bola skúmaná ako možné antidepresívum. Od roku 2004 sa postupne objavujú hlásenia o jeho zneužívaní na rekreačné účely.



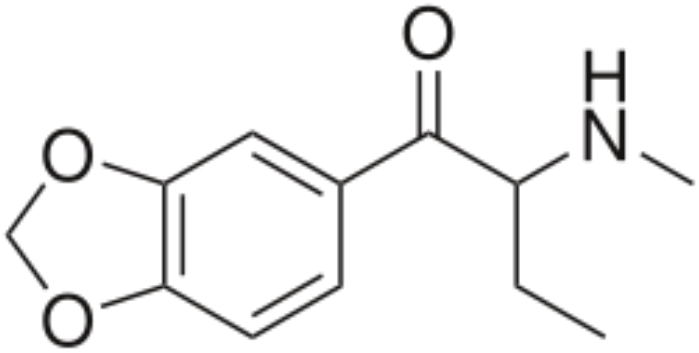
Obrázok 52. 3,4-metyléndioxy-*N*-metylkatinón

Etylón– zlúčenina známa aj ako 3,4-metylendioxy-N-etylkatinón (MDEC, βk-MDEA). V súčasnosti je táto zlúčenina využívaná ako dizajnérska droga, analóg zlúčenina MDEA. Stále chýba výskum, ktorý by popísal toxicitu, metabolický rozklad či ďalšie vlastnosti tejto zlúčeniny. V USA je v dnešnej dobe viacero hlásení spojených s úmrtím užívateľov tejto psychoaktívnej látky.



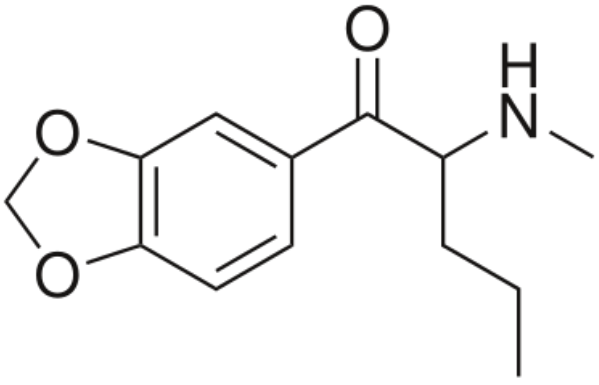
Obrázok 53. 3,4-metylendioxy-N-etylkatinón

Butylón – je zlúčenina známa ako *β*-keto-N-metyl-benzodioxolylbutanamín (*β*k-MBDB). Prvý raz bola syntetizovaná v roku 1967 chemikmi - Koeppe, Ludwig a Zeile. Jedná sa o psychoaktívnu zlúčeninu patriacu do skupiny fenetylaminov a je analógom MBDB.



Obrázok 54.*β*-keto-N-metyl-benzodioxolylbutanamín

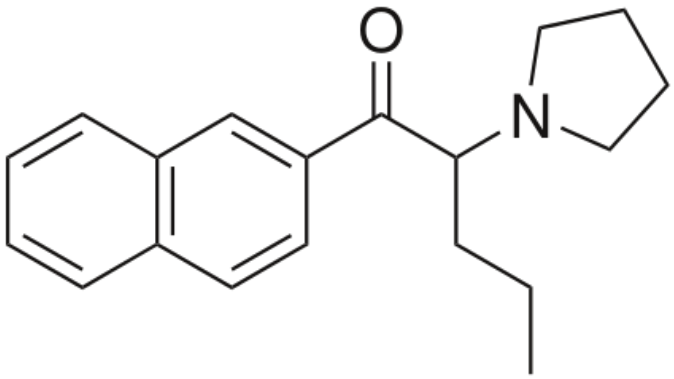
Pentylón – je zlúčenina známa ako *β*-Keto-Metylbenzodioxolylpentanamín (*β*k-Methyl-K, *β*k-MBDP). Jedná sa o zlúčeninu, ktorá sa mieša s ďalšími typmi katinónových drog.



Obrázok 55. *β*-Keto-Metylbenzodioxolylpentanamín

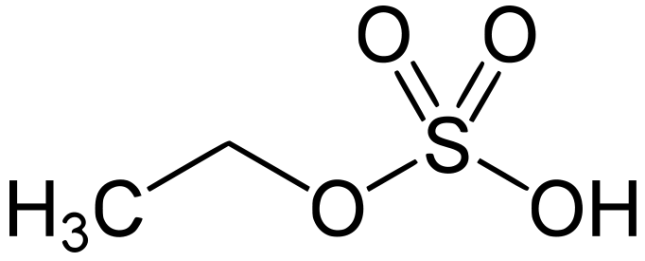
Nafyrón – je zlúčenina známa ako O-2482 a naftylpyrovaleron. Táto zlúčenina bola uvedená na čierny trh ako NGR-1 aj keď túto zlúčeninu obsahovalo len veľmi málo vzoriek. Táto zlúčenina sa podobne ako pentylón a iné psychoaktívne zlúčeniny rôzne mieša a kombinuje.

1-**Nafyrón –** patrí medzi deriváty nafyrónu. O tejto zlúčenine je málo vedomostí najmä v oblasti jej účinku na ľudské telo či celkovej toxicite.



Obrázok 56. Nafyrón

Etyl sulfát (IUPAC pomenovanie etyl hydrogén sulfát) – je zlúčenina, ktorá sa za posledné tri roky stala jednou s indikujúcich zlúčenín spotreby alkoholu. Analýzy sa realizujú zo vzoriek odpadových vôd. Samotný etanol nie je možné analyzovať v odpadových vodách, pretože je ľahko biologicky štiepateľný. **Etyl sulfát je naopak schopný odolať rozkladom v kanalizácii a je teda možné na základe jeho koncentrácie (ng/l alebo µg/l), spätného metabolického a korelačného prepočtu, počtu obyvateľov napojených na analyzovanú čistiareň odpadových vôd a množstva pritečenej vody za deň, určiť spotrebu alkoholu. Výskum v tejto oblasti je stále len na začiatku a skúmajú sa aj iné metabolity. V našej správe za rok 2016 sme na výpočet spotreby použili práve zlúčeninu etyl hydrogén sulfát.**



Obrázok 57. etyl hydrogén sulfát

3. Realizácia odberov vzoriek z odpadových vôd a ich analýza

Odber vzoriek na monitoring a spotrebu vybraných 58 psychoaktívnych látok prebiehal na 12 čistiarňach odpadových vôd situovaných v rôznych častiach Slovenska. Vzorky boli odoberané na prítoku na čistiareň pomocou automatického odberového zariadenia (24-hodinové zlievané vzorky v čase od 7:00 do 7:00). Odber vzoriek a ich analyzovanie prebiehali od marca do decembra 2016. Získané vzorky boli v prvom kroku zamrazené na teplotu -4°C a následne prevezené do laboratória v chladiacom boxe (-4 °C). V ďalšom kroku boli vzorky analyzované pomocou prístroja LC - MS/MS a Orbitrap. Celkovo bolo odobraných a následne analyzovaných vyše 100 vzoriek.

Analýza vzoriek: k 10 ml homogenizovanej a filtrovanej (filter GFC, 0,45 μm) vzorke boli pridané izotopovo značené interné štandardy. Takto predupravené vzorky boli analyzované v systéme SPE HPLC v tandeme s hybridným quadrupolovaným (Orbitrap) – ultra citlivým hmotnostným spektrometrom. Tento postup umožňuje kvantitatívne analyzovať vybrané psychoaktívne látky resp. ich metabolity v odpadových vodách vo veľmi nízkych koncentráciách (jednotky či desiatky ng/l).



Obrázok 44. Orbitrap - Thermo Fisher

3 Výskyt vybraných psychoaktívnych látok v odpadových vodách z 13 vybraných miest Slovenska a hudobných festivalov

Slovensko je zaradené medzi stredoeurópske krajiny, v ktorých podľa výsledkov viacerých monitoringov EMCDDA (z roku 2012 až 2016) dominuje u obyvateľstva ilegálna droga metamfetamín a marihuana. Od roku 2013 sa zúčastňuje Slovensko Európského monitoringu spotreby drog na základe analýz odpadových vôd. Namerané a opublikované výsledky za rok 2016 sú v prílohe ako zoznam predložených separátov (str. 201-203).

V našej práci bolo spomedzi 58 analyzovaných zlúčenín 13 psychoaktívnych liečiv, ilegálnych, legálnych drog a metabolitov v odpadových vodách s koncentráciou vyššou ako 20 ng/l. Dosiahnuté výsledky analýz boli následne spracované do viacerých podrobných tabuliek v jednotkách nanogramy na liter (ng/l) (tabuľka 2-4 a grafy 1 až 142 v prílohe správy). Dosiahnuté koncentrácie boli následne v ďalšom kroku prepočítané na množstvo zlúčeniny v mg za deň na 1000 obyvateľov (mg/deň/1000 obyvateľov) podľa aktuálneho prietoku odpadovej vody za deň na skúmanej čistiarni a podľa počtu obyvateľov, ktorí sú pripojení na čistiareň. Tieto hodnoty množstva drog a liečiv po spriemerovaní nám umožňuje porovnávať medzi sebou mestá s rôznou populáciou (tabuľka 2-4 a grafy 1 až 142 v prílohe správy). Tabuľka 2 popisuje realizované miesta odberu na 13 čistiarňach v 12 mestách Slovenska, následne je k nim priradená aj populácia spadajúca pod jednotlivé čistiarne a dátum odberu vzoriek. V meste Bratislava boli analyzované dve čistiarne označené ako Bratislava a Petržalka. Čistiareň Bratislava je asi štyrikrát kapacitne väčšia čistiareň (s počtom obyvateľov 450 000) a čistí odpadovú vodu s centra Bratislavy a niektorých časti ako je Lamač či Dúbravka. Okrem toho sa do monitoringu zapojila aj okrajová časť Bratislavy – Devínska Nová Ves. Celkový počet analyzovanej populácie v našej štúdii dosiahol hodnotu približne 1,4 milióna obyvateľov. Počas vybraných festivalov bolo analyzovaných zhruba 30 000 účastníkov, ktorý sa zúčastnili najmä festivalu Topfest. Počas festivalu Grape boli analýzy prerušené kvôli počasiu (tabuľka 2). Tabuľka 3 a grafy 1-81 v priloženej prílohe správy popisujú množstvo vybraných zlúčenín (amfetamín, metamfetamín, kokaín, metabolit kokaínu benzoylekgonín, MDMA (extáza) a sekundárny metabolit THC: THC – COOH) v odpadových vodách v 12 mestách Slovenska vztiahnutých na populáciu 1000 obyvateľov. Okrem porovnania miest sú v grafoch znázornené aj zmeny množstiev ilegálnych drog počas festivalu Topfest.

3.1 Amfetamín

Amfetamín sa v odpadových vodách jednotlivých miest Slovenska vyskytoval v koncentrácii od 5 do 313 ng/l (Bratislava, tab.3 - príloha). Z hľadiska porovnávania miest je priemerne najviac drogy vztiahnutej na 1000 obyvateľov v meste Dunajská Streda (42 mg/ deň/1000obyv.) a v meste Bratislava (46 mg/deň/1000obyv.). Naopak najmenšie množstvá boli namerané v meste Prešov a Košice(5 mg/ deň/1000obyv.) (tab. 3 a graf 1 - príloha).

Následne bol pozorovaný aj časový priebeh výskytu tejto drogy v odpadovej vode vo všetkých analyzovaných mestách (grafy 1 – 14, tabuľka 3 - príloha). Vo viacerých vybraných mestách bolo pozorované kolísanie množstva tejto drogy počas našich analýz. Najvyššie hodnoty sa vyskytovali počas septembra v Trnave (127 mg/deň/1000obyv.) a v Bratislave na začiatku marca (85 mg/deň/1000obyv.), naopak najnižšie zaťaženia na 1000 obyvateľov boli namerané v mestách Prešov, Banská Bystrica a Nitra (2 mg/deň/1000obyv.) (tabuľka 3 - príloha). V Piešťanoch sme namerali v júni počas festivalov Topfest hodnotu (max 15 mg/deň/1000obyv.).

Pri analýzach psychoaktívnej látky amfetamín z odpadových vôd je však nutné zdôrazniť skutočnosť, že časť drogy nachádzajúcej sa v odpadových vodách môže pochádzať od užívateľov inej drogy - metamfetamínu, keďže amfetamín je jedným z jej metabolitov.

3.2 Metamfetamín

Výsledky, dosiahnuté na základe analýz odpadových vôd v jednotlivých mestách Slovenska ohľadne psychoaktívnej látky metamfetamín naznačujú, že patrí k najviac užívaným ilegálnym drogám na Slovensku (tabuľka 3, graf 15 – 28 príloha). Počas nášho monitorovania sa táto droga v odpadových vodách všetkých miest vyskytovala v rozsahu koncentrácií 32 až 3100 ng/l (Trnava 6.9.2016, tab.3 - príloha). Pri porovnaní 12 miest Slovenska boli najväčšie priemerné množstvá drogy na 1000 obyvateľov namerané v odpadovej vode z miest Trnava (440 mg/deň/1000obyv.), Dunajská Streda (510 mg/deň/1000obyv.) a Bratislava (495 mg/deň/1000obyv.) (tabuľka 3 - príloha). Naopak najnižšie množstvá boli namerané už tradične v meste Prešov (29 mg/deň/1000obyv.) a aj napr. v Nitre (67 mg/deň/1000obyv.) či v Košiciach (57 mg/deň/1000obyv.) (tabuľka 3 - príloha).

Následne bol pozorovaný časový priebeh výskytu metamfetamínu v odpadovej vode vo všetkých analyzovaných mestách (grafy 15 – 28, tabuľka 3 - príloha). Zaťaženie odpadových vôd touto psychoaktívnou látkou značne kolísalo napríklad

v Bratislave (76 – 757 mg/deň/1000obyv.) či v Piešťanoch (58 - 525 mg/deň/1000obyv.) a Petržalke (28 – 442 mg/deň/1000obyv.) (tabuľka 3 - príloha). V mestách ako Dunajská Streda (219 – 1067 mg/deň/1000obyv.), Trnava (149 – 1358 mg/deň/1000obyv.) či Sereď (67 – 1161 mg/deň/1000obyv.) boli taktiež výrazné výkyvy v hodnotách. Naopak v mestách ako Prešov (12 – 82 mg/deň/1000obyv.), Košice (19 - 85 mg/deň/1000obyv.), Nitra (10 – 124 mg/deň/1000obyv.) a DNV (76 – 88 mg/deň/1000obyv.) bol pozorovaný časovo ustálenejší výskyt drogy metamfetamín (tabuľka 3 - príloha). Počas monitoringu vybraných festivalov (Topfest a Grape) bola droga metamfetamín spolu s kokaínom a jeho metabolitom BE, sekundárnym metabolitom THC (THC-COOH) a MDMA prioritne sledovaná. V Piešťanoch sme namerali počas festivalu Topfest hodnotu drogy metamfetamín v rozsahu (51 - 120 mg/deň/1000 obyv.– 1.7.2016).

Z hľadiska porovnania s výsledkov s prácami v zahraničí (napr. Ort a kol. 2014), patria Slovensko k najväčším užívateľom tejto drogy v Európe. Dosiahnuté výsledky korešpondujú aj so štatistikou užívania metamfetamínu v SR zverejnenou v správach EMCDDA za rok 2015 a 2016, v ktorej Slováci spolu s Čechmi a severskými krajinami patria medzi významných konzumentov tejto drogy.

3.3 Kokaín

Kokaín patrí na Slovensku medzi drahé drogy. Taktiež jeho čistota často krát nepresahuje hodnotu 25%. Výsledky dosiahnuté naším monitoringom naznačujú, že užívatelia drogy sa sústredia prevažnej miere do centra Bratislavy, Petržalky a Trnavy (grafy 29 – 54, tabuľka 3 – príloha).

Monitoring odpadových vôd z 12 miest Slovenska naznačuje, že koncentrácia drogy kokaínu sa pohybovala v rozsahu 1 až 188 ng/l (Bratislava 17.7.2016, tabuľka 3 - príloha). Množstvo tejto drogy v odpadových vodách v Bratislave, v Petržalke a v Trnave a sa výrazne líši od ostatných analyzovaných miest Slovenska. Z porovnania 12 miest Slovenska boli najväčšie množstvá drogy na 1000 obyvateľov v odpadovej vode z Bratislavy (46 mg/deň/1000obyv.) z Petržalky (40 mg/deň/1000obyv.) a z Trnavy, kde bola dosiahnutá najvyššia hodnota (54,5 mg/deň/1000obyv.). Naopak najnižšie množstvá kokaínu boli namerané už tradične v mestách ako Nitra (0 mg/deň/1000obyv.), Prešov (1 mg/deň/1000obyv.) či Banská Bystrica, Dunajská Streda, Komárno, Žilina a Sereď (1-2 mg/deň/1000obyv.). V Košiciach bola taktiež nameraná hodnota len 1 mg/deň/1000obyv. (tabuľka 3 - príloha).

Z nameraných výsledkov je možné pozorovať centralizáciu drogy do hlavného mesta Slovenska a jej okolia. Výskyt drogy kokaín v odpadovej vode môže mať (podobne ako u metamfetamínu) aj z časového horizontu značne kolísavý priebeh. Napríklad analýza odpadovej vody zo sídliska Petržalka sa počas analýz pohybovala v rozsahu (6 - 40 mg/deň/1000obyv.), v Bratislave v rozsahu (15 - 46 mg/deň/1000obyv.) a dokonca v Trnave v rozsahu (2 – 54,5 mg/deň/1000obyv.) (tabuľka 3 - príloha).

Ďalším z faktorov výskytu kokaínu v odpadových vodách môže byť vplyv hudobných festivalov. Ten sme však počas festivalu Topfest v tomto roku nepozorovali. Počas festivalu dosiahol kokaín priemernú hodnotu (4-5 mg/deň/1000obyv.), čo je o niečo nižšia hodnota ako má mesto Piešťany (9 mg/deň/1000obyv.).

Z hľadiska spotreby kokaínu je však potrebné merať najmä jeho dominantný metabolit – benzoylekgonín. Ten je v odpadových vodách značne stabilnejší a má tak vyššiu výpovednú hodnotu pri výpočte spotreby tejto návykovej drogy.

V našom monitoringu sme na výpočet spotreby drogy kokaín použili rovnica:

kokaín [g/deň] = c(benzoylekgonín) [ng/l] * prietok [l/deň] * 2,77

Dosiahnuté výsledky analýzy tohto metabolitu drogy kokaín v odpadových vodách poukazujú na rozsah koncentrácie od 1 do 550 ng/l (Trnava 6.9. 2016, tabuľka 3 - príloha).

Spotreba drogy kokaínu vo vybraných mestách Slovenska získaná na základe prepočtu z jej metabolitu benzoylekgonín (BE)

Množstvo odborných prác, ktoré sa zaoberajú monitoringom spotreby drogy kokaín na základe analýzy odpadových vôd, hovoria o značnom rozklade tejto drogy už v kanalizačnom systéme. Z tohto dôvodu sa na výpočet spotreby používa jeden z jej dominantných metabolitov - benzoylekgonín. Aby bol výpočet spotreby čo najpresnejší, sa získané množstvo metabolitu benzoylekgonín následne pri spätnom prepočte násobí faktorom 2,77.

Pri monitoringu 12 miest Slovenska v našej práci bola najväčšia priemerná spotreba drogy kokaín na 1000 obyvateľov nameraná v meste Trnava (223 mg/deň/1000obyv.), Petržalka (156 mg/deň/1000obyv.) a Bratislava (183 mg/deň/1000obyv.). Zaujímavosťou je,

že nameraná hodnota spotreby kokaínu v Trnave korešponduje s výsledkami z minulého roka (223 mg/deň/1000obyv.). Naopak, najnižšia priemerná hodnota bola dosiahnutá v mestách Prešov, Komárno, Piešťany, Banská Bystrica, Dunajská Streda, Sereď, Nitra, Košice a Žilina (5-69 mg/deň/1000obyv.) (tabuľka 3 - príloha).

Reálna spotreby kokaínu v meste môžu rôzne časovo kolísať. Napríklad v Bratislave sa hodnota spotrebovaného kokaínu pohybovala v rozsahu 76 – 356 mg/deň/1000obyv., v Trnave bol tento rozsah hodnôt taktiež značne výrazný (39 – 668 mg/deň/1000obyv.). Podobne aj na sídlisku Petržalka, kde bola nameraná spotreba kokaínu v rozsahu hodnôt 37 až 254 mg/deň/1000obyv. (graf 43 – 54; príloha).

Následne bola monitorovaná v štúdii aj spotreba drogy kokaín cez metabolit BE na hudobnom festivale Topfest. V Piešťanoch sme počas tohto festivalu nepozorovali zvýšenú spotrebu kokaínu oproti priemernému dňu (53 mg/deň/1000obyv.), bola dosiahnutá priemerná hodnota na Topfeste 30 mg/deň/1000obyv.. Je však nutné zdôrazniť, že v roku 2015 bola spotreba drogy v meste značne nižšia a hodnota spotreby drogy na festivale Topfest 2015 rovnaká.

3.4 Extáza (MDMA)

Extáza patrí medzi drogy, ktoré sú skorej preferované ako víkendové či diskotékové. Niektoré odborné štúdie naznačujú, že užívanie tejto drogy môže byť viazané na určitý štýl hudby ako je techno či dance. V našej štúdii sme sa preto túto skutočnosť snažili potvrdiť aj na základe analýz odpadových vôd z festivalu. Počas monitoringu 12 miest sa koncentrácia drogy v odpadových vodách pohybovala v rozsahu hodnôt 2 do 490 ng/l (Trnava 6.9 2016). Pri porovnaní jednotlivých miest Slovenska boli najväčšie priemerné množstvá drogy na 1000 obyvateľov v odpadovej vode namerané v mestách Trnava (38 mg/deň/1000obyv.) a Bratislava (20 mg/deň/1000obyv.) a na sídlisku Petržalka (22 mg/deň/1000obyv.). Naopak najnižšie množstvá boli namerané vo viacerých menších mestách Slovenska ako Sereď, Komárno alebo Devínska Nová Ves (3-5 mg/deň/1000obyv.), ale aj v Žiline, v Nitre či v Košiciach (5-9 mg/deň/1000obyv.) (tabuľka 3 - príloha). Z hľadiska časového priebehu extáza podobne ako kokaín v odpadovej vode môže rôzne kolísať. Dôvod sú napríklad festivaly alebo piatkové a sobotňajšie diskotéky či koncerty. Príkladom môže byť Prešov, kedy 2.7.2016 (sobota) bola nameraná hodnota 44,1 mg/deň/1000obyv., čo oproti priemeru 14 mg/deň/1000obyv. je výrazný nárast.

Pri analýze festivalu Topfest nebol pozorovaný nárast výskytu drogy MDMA v odpadových vodách (tabuľka 3 - príloha). *Festival Grape (patrí medzi tradičný festival preferujúci napr. dance) nebol kvôli počasiu možné analyzovať.*

3.5 Marihuana (metabolit THC-COOH)

Marihuana patri spolu s metamfetamínom na Slovensku medzi najviac preferované ilegálne drogy. Väčšina užívateľov je vo vekovej skupine 16-24 rokov a ich počet stále narastá. V našom monitoringu sa v odpadových vodách analyzoval ako dôkaz spotreby drogy marihuana jej sekundárny metabolit THC-COOH. Ten je schopný odolávať do určitej miery degradačným procesom v kanalizácii.

Koncentrácia tejto zlúčeniny sa v odpadových vodách slovenských miest pohybovala v rozsahu od 1 do 230 ng/l (14.3.2016 Trnava). Pri porovnaní jednotlivých miest Slovenska boli najväčšie priemerné množstvá na 1000 obyvateľov v odpadovej vode namerané v Bratislave (27 mg/deň/1000obyv.), v Trnave (34 mg/deň/1000obyv.), v Komárne (25 mg/deň/1000obyv.) a v Petržalke (24 mg/deň/1000obyv.). Najnižšie množstvá boli naopak namerané v Košiciach (2 mg/deň/1000obyv.), v DNV (6 mg/deň/1000obyv.), v Seredi, v Nitre, v Prešove, Banskej Bystrici a v Dunajskej Strede (6-13 mg/deň/1000obyv.) (tabuľka 3 - príloha).

Z hľadiska časových priebehov je zaťaženie odpadových vôd zlúčeninou THC-COOH menej stabilné. Napríklad v Petržalke sa hodnota THC-COOH pohybovala v rozsahu hodnôt 7 - 43 mg/deň/1000obyv., v Bratislave 7 - 44 mg/deň/1000obyv.. Podobne bolo kolísanie hodnôt zaznamenané aj v Trnave 13 - 75 mg/deň/1000obyv . (tabuľka 3 - príloha). Pri analýze festivalu Topfest bola nameraná najvyššia hodnota len 9 mg/deň/1000obyv., pričom priemerná hodnota v meste Piešťany bola 17 mg/deň/1000obyv. (tabuľka 3 – príloha).

4 Monitorovanie vybraných psychoaktívnych liečiv v odpadových vodách v 12 mestách Slovenska a na hudobných festivaloch

V tabuľke 4 a na grafoch 82 až 139 v prílohe správy je popísané množstvo vybraných psychoaktívnych látok (tramadol, oxazepam, kodeín, metadón a jeho dominantný metabolit EDDP) v odpadových vodách vztiahnutých na populáciu 1000 obyvateľov v 12 mestách Slovenska. Okrem porovnania miest sú v grafoch znázornené aj zmeny množstiev psychoaktívnych látok počas meraného časového obdobia a počas hudobného festivalu Topfest.

4.1 Tramadol

Tramadol patrí medzi často používané liečivo tíšiace stredne veľké až veľké bolesti. Tramadol patrí medzi návykové lieky a tým pádom časť nameranej koncentrácie v odpadových vodách v našom monitoringu môže pochádzať aj od závislých užívateľov. Pri orálnom užití sa tramadol v ľudskom tele rýchlo metabolizuje, pričom sa v moči vylúči až 30 % látky v nezmenenej forme a 60 % dávky následne vo forme metabolitov. Táto skutočnosť sa prejavuje aj na množstve liečiva v odpadových vodách na Slovensku. Z hľadiska všetkých 58 analyzovaných látok v odpadových vodách patrí tramadol spolu s kotinínom, kofeínom, etyl sulfátom a metamfetamínom medzi najkoncentrovanejšie psychoaktívne látky v odpadových vodách Slovenska (tabuľka 3 a 4 - príloha).

Počas našich analýz sa koncentrácia tohto liečiva v odpadových vodách pohybovala v rozsahu od 70 do 5500 ng/l (2.6.2016 Prešov). Pri porovnaní jednotlivých miest Slovenska boli najväčšie priemerné množstva liečiva na 1000 obyvateľov v odpadovej vode namerané v mestách Bratislava (444 mg/deň/1000obyv.), Prešov (365 mg/deň/1000obyv.) a Trnava (326 mg/deň/1000obyv.). Značné množstvá liečiva však boli nájdené aj v iných mestách ako Dunajská Streda (214 mg/deň/1000obyv.), či Žilina (263 mg/deň/1000obyv.). Naopak najnižšie množstvá boli pozorované napríklad v Nitre (94 mg/deň/1000obyv.) či DNV (92 mg/deň/1000obyv.) (tabuľka 3 - príloha).

Počas monitoringu liečiva v odpadových vodách sme pozorovali výkyv v zaťažený niektorých miest. Napríklad tramadol v odpadovej vode v Petržalke bolo v rozsahu 21 až 354 mg/deň/1000obyv., v Bratislave (57 – 825 mg/deň/1000obyv.) a v Trnave (122 – 798 mg/deň/1000obyv.) (grafy 82 – 95, príloha).

Následne sa monitoring tramadolu realizoval aj počas festivalu Topfest. V Piešťanoch sme pozorovali pokles zaťaženia týmto liečivom. Priemerné hodnoty počas bežného dňa sa pohybovala v rozsahu 121 až 500 mg/deň/1000obyv. pre Topfest boli hodnoty v rozsahu 274 až 344 mg/deň/1000obyv. (tabuľka 4 - príloha).

4.2 Oxazepam

Oxazepam patrí do skupiny benzodiazepínov. Užíva sa najmä pri zmiernení nervozity, a úzkosti. Často je lekármi využívaný pri odvykaní zo závislosti na alkohole a iných aj ilegálnych drogách. Oxazepam sa aj zneužíva, primiešava sa k rôznym typom ilegálnych drog. Na Slovensku sa toto liečivo predáva pod rovnocenným názvom OXAZEPAM tbl 20x10 mg. Metabolizácia v ľudskom tele prebieha v pečeni. Až 80 % sa konjuguje na inaktívny glukuronid. Do odpadových vôd sa tak oxazepam dostáva prevažne v moči a v stolici.

Počas nášho monitoringu sa koncentrácia tohto liečiva v odpadových vodách pohybovala v rozsahu od 9 do 550 ng/l (4.9.2016 Trnava). Pri porovnaní jednotlivých miest Slovenska boli najväčšie priemerné množstvá liečiva oxazepam na 1000 obyvateľov namerané v mestách Prešov (74 mg/deň/1000obyv.) alebo Trnava (51 mg/deň/1000obyv.). Zvýšené množstvá boli nájdené aj v Komárne (54 mg/deň/1000obyv.). Naopak najnižšie priemerné množstvá oxazepamu boli pozorované v mestskej časti Bratislavy - Devínska Nová Ves, v Ban. Bystrici, v Seredi a v Dunajskej Strede (10 - 22 mg/deň/1000obyv.) (tabuľka 4 - príloha).

Oxazepam sa oproti tramadolu v odpadových vodách vyskytuje v oveľa menších koncentráciách. Množstvo tohto liečiva počas roka podobne ako u tramadolu môže kolísať. Túto skutočnosť sme pozorovali napríklad v Petržalke (11 - 63 mg/deň/1000obyv.) či v Trnave (18 – 193 mg/deň/1000obyv.) (grafy 95 – 108, tabuľka 4 - príloha).

Pri monitoringu festivalu sme pozorovali nárast zaťaženia odpadovej vody v meste Piešťany z priemernej hodnoty (25 mg/deň/1000obyv.) na (64 mg/deň/1000obyv.) (tabuľka 4 - príloha).

4.3 Kodeín

Kodeín patrí medzi najčastejšie užívané opiáty na svete. Toto liečivo sa aj u nás používa najmä pri liečbe kašľu či hnačky. Je tiež jedným z najúčinnejších orálne podávaných

analgetík. Kodeín ako účinná látka sa používa vo viacerých liečivách na Slovensku (KODEÍN, PLEUMOLYSIN).

Koncentrácia liečiva kodeín v odpadových vodách sa počas monitoringu pohybovala v rozsahu od 7 do 380 ng/l (28.11.2016 Petržalka). Pri porovnaní jednotlivých miest Slovenska boli najväčšie priemerné množstvá liečiva na 1000 obyvateľov v odpadovej vode namerané hlavne v mestách Trnava (33 mg/deň/1000obyv.), Prešov (30 mg/deň/1000obyv.) a Bratislava (27 mg/deň/1000obyv.) (grafy 109 – 122, tabuľka 4 - príloha). Naopak najnižšie množstvá tohto liečiva boli pozorované napríklad v meste DNV, Žilina, Košice, Banská Bystrica (10 - 18 mg/deň/1000obyv.). Množstvo kodeínu podobne ako u oxazepamu v odpadových vodách počas roka kolíše. Tento fakt bol pozorovaný vo viacerých mestách akým sú napríklad Košice (8–22 mg/deň/1000obyv.), Bratislava (13 – 56 mg/deň/1000obyv.), Banská Bystrica (10 – 26 mg/deň/1000obyv.). Pri analýze festivalu Topfest sme pozorovali zvýšený nárast množstva liečiva v odpadových vodách. Priemerná hodnota kodeínu počas tohto festivalu bola 35 mg/deň/1000obyv, počas bežných dní to bolo 22 mg/deň/1000obyv (tabuľka 4 - príloha).

4.4 Metadón a metabolit EDDP

Metadón je syntetický opioid, ktorý sa v zdravotníctve používa pri liečbe závislosti na narkotikách akým je hlavne heroín. Metadón sa v ľudskom tele metabolizuje pomalšie ako heroín. Pri dlhšom užívaní môže však spôsobovať rovnako ako iné ilegálne drogy silnú závislosť.

V našej štúdii bol v odpadových vodách 12 miest Slovenska analyzovaný okrem samotného metadónu aj jeho dominantný metabolitov EDDP (2-ethylidene-1,5-dimethyl-3,3-diphenylpyrrolidine). Táto zlúčenina vykazuje v kanalizačnej sieti značnú schopnosť odolávať degradačným procesom a môže tak byť dobrým ukazovateľom pri výpočte užívateľov metadónu (tabuľka 1 – správa).

Počas tejto štúdie sa koncentrácia metadónu v odpadových vodách pohybovala v rozsahu od 0 do 49 ng/l (4.9.2016 Trnava), pre metabolit EDDP to boli hodnoty v rozsahu od 4 do 22 ng/l (17.11.2016 Bratislava, tabuľka 4 - príloha). Pri porovnaní 12 miest Slovenska boli najväčšie priemerné množstvá liečiva na 1000 obyvateľov v odpadovej vode namerané hlavne v mestách Trnava, Košice, Dun. Streda, Žilina, Bratislava, Prešov, Komárno (3 - 4 mg/deň/1000obyv.) a na sídlisku Petržalka (3 mg/deň/1000obyv.). Pri porovnaní jednotlivých miest Slovenska pre metabolit EDDP boli najväčšie množstvá látky na 1000 obyvateľov

nájdené v meste Bratislava (3 mg/deň/1000obyv.) a na sídlisku Petržalka (3 mg/deň/1000obyv.) (grafy 123 – 139, tabuľka 4 - príloha).

Časová zmena množstva metadónu a EDDP v odpadovej vode bola taktiež meraná v 12 mestách. Namerané množstvá metadónu v odpadovej vode vykazovali značnú stálosť hodnôt oproti ostatným psychoaktívnym látkam vo všetkých mestách.

Metadón a EDDP bolo taktiež monitorované v odpadových vodách počas jednotlivých festivalov. Pri analýze festivalu Topfest sme nepozorovali v odpadových vodách metadón či jeho metabolit (tabuľka 4 - príloha).

5 Výskyt vybraných legálnych drog a stimulantov v odpadových vodách Slovenska

5.1 Nikotín a kofeín

Nikotín a kofeín patria medzi najznámejšie drogy či stimulanty vôbec, ktoré veľa ľudí deň čo deň užíva. Pre mnohých je fajčenie cigarety alebo pitie kávy s kofeínom tak bežné, že vôbec neberú do úvahy ich negatívne účinky na zdravie. Aj napriek tomu, že kofeín a hlavne nikotín sú legálne drogy, ľudia ktorí ich užívajú by mali mať na vedomí isté zdravotné riziká, ktoré tieto látky môžu vyvolať. Priemerný Európan denne skonzumuje vyše 200 mg kofeínu hlavne v nápojoch ako je káva, energetické nápoje či čaje.

Riziká nikotínu oproti kofeínu sú pre užívateľov oveľa horšie. Značná časť obyvateľov zomiera každý rok na dôsledky fajčenia cigariet. Odhaduje sa, že okolo jednej štvrtiny obyvateľstva fajčí v súčasnosti cigarety s nikotínom (čo je zhruba 1,3 miliardy obyvateľov podľa WHO), pričom z toho je až tri štvrtiny mužov. Ročne zomrie na túto závislosť viac ako 5,4 milióna obyvateľov planéty. Na Slovensku je taktiež nikotín obľúbenou legálnou drogou o čom svedčia štatistiky počtu úmrtí súvisiacich práve s jeho užívaným (viac ako 11 tisíc). Ako kofeín tak aj nikotín sa v ľudskom tele úplne neodbúra, čo má za následok ich prenikanie do životného prostredia hlavne cez odpadové vody.

5.2 Spotreba nikotínu

V rozmedzí rokov 2014-2016 sa objavujú vo svete odborné práce, ktoré poukazujú na možnosť využiť analýzy odpadových vôd na monitoring spotreby drogy nikotín. Pri prepočte spotreby je však nutné poznať čas kontaktu odpadovej vody s metabolitom kotinín.

V súčasnosti sa spotreba nikotínu pri analýze odpadových vôd počíta vo viacerých krokoch. Jedným z prvých krokov je výpočet korekčného koeficientu, ktorý predstavuje čas ktorý strávi zlúčenina kotinín v kanalizácii a z času v odberovom zariadení (odber je často krát nastavený na 24 hodín, tým pádom sa berie priemer 12 hodín do výpočtu). Koeficient sa následne počíta na základe rovnice (2):

$$0{,}45*t \qquad (2)$$

kde t je čas kontaktu odpadovej vody a zlúčeniny kotinín.

V ďalšom kroku sa na základe prietoku vody na čistiareň za 24 hodín vypočíta zaťaženie odpadovej vody kotinínom počas jedného dňa (g/deň). Následne toto zaťaženie vztiahnuté na látku kotinín použité na výpočet spotreby nikotínu (g/deň).

Podobná štúdia prebieha aj v rámci tejto správy na Slovensku, kde sa v odpadových vodách viacerých čistiarni výživa postup popísaný v predchádzajúcej stati. Nami dosiahnuté výsledky sú prezentované na grafoch 140 a-c, kde je popísaná spotreba drogy nikotín na základe analýzy metabolitu kotinín z odpadových vodách (spotrebe dominovali hlavne mestá Nitra, Bratislava a Prešov). Následne je možné podobne ako v štúdii Lopes a kol. 2014 a Mackuľak a kol., 2015 podelením hodnôt z tohto grafu hodnotou 0,8 mg, čo predstavuje približne obsah nikotínu v jednej cigarete získať počet spotrebovaných cigariet na daný deň a tisíc obyvateľov. Z týmito hodnotami je možné ďalej pracovať a vypočítať napríklad množstvo cigariet za jeden deň na 1000 obyvateľov mesta (graf 140 b,c).

Kofeín je oproti nikotínu a jeho metabolitom v súčasnosti častejšie analyzovaným mikropolutantom v odpadových vodách. Kofeín však nie je úplne stálou látkou v kanalizačnej sieti a v odpadových vodách podlieha rozkladným procesom. Často krát sú získané údaje tykajúce sa koncentrácie skreslené, čo sťažuje výpočet spotreby tohto stimulantu. Graf 141 v prílohe popisuje odhad v oblasti porovnanie miest z hľadiska množstva kofeínu v odpadovej vode prepočítané na 1000 obyvateľov. Z grafu 141 je vidno, že najvyššia priemerná hodnota bola dosiahnutá v Petržalke.

Alkohol bol v našej štúdii analyzovaný prvý raz. Dosiahnuté výsledky realizovane na 4 veľkých čistiarňach Slovenska naznačujú značnú spotrebu liehu u nás. Graf 142 porovnáva spotrebu etanolu v litroch na deň a 1000 obyvateľov vo niekoľkých mestách sveta. Bolo zistené, že napríklad Piešťany majú podobnú spotrebu ako Montreal. Je však nutné povedať, že monitoring spotreby alkoholu na základe analýzy odpadovej vody je len na začiatku a je možné, že v blízkej budúcnosti môže byť publikovaný presnejší postup.

6 Monitoring nových typov psychoaktívnych látok v odpadových vodách Slovenska

Počas tejto štúdie bolo vybraných 27 do budúcna potenciálne nebezpečných zlúčenín (tabuľka 1, zlúčeniny 30 až 57, – príloha). Niektoré z týchto zlúčenín sú v súčasnosti zaradené v legislatíve EU medzi rizikové látky, iné už boli zakázané. Oproti bežným ilegálnym drogám akým je marihuana či metamfetamín, nie sú až tak rozšírené (na Slovensku sa jedná sa o niekoľko záchytov počas roka).

Počas monitoringu boli tieto zlúčeniny analyzované podobne ako ilegálne či legálne drogy v odpadových vodách jednotlivých miest Slovenska. Bolo však zistené, že ich koncentrácie boli pod mierou detekcie, či že neboli úspešne detekované (tab. 5).

V odborných prácach je v súčasnosti nedostatok informácií o možnej detekcii či správaní sa týchto zlúčení v kanalizačnej sieti. Aj keď je predpoklad, že tieto nové typy psychoaktívnych zlúčenín, môžu byť v menších množstvách užívané na Slovensku. Postup k ich úspešnej identifikácii v odpadových vodách chýba. ***V súčasnosti existuje len niekoľko úspešne publikovaných štúdií, ktoré popisujú skorej ich analýzu odpadových vodách ako možnosť monitorovania spotreby.***

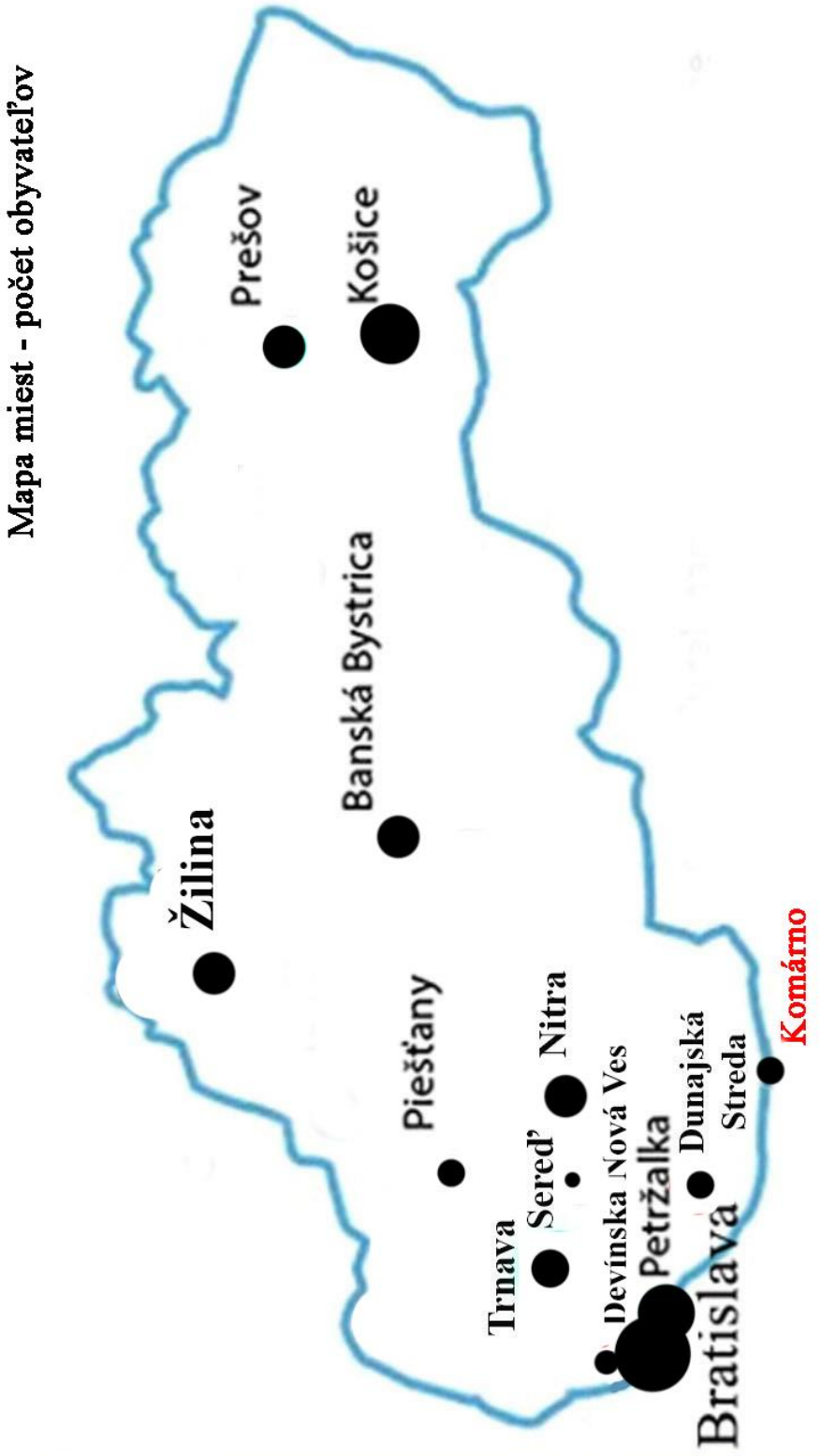
7 Záver

V našej štúdii za rok 2016 sme sa zamerali na výskyt a spotrebu 58 vybraných psychoaktívnych látok (ilegálnych a legálnych drog, rizikových látok, psychoaktívnych liečiv a ich metabolitov) v odpadových vodách z 12 miest Slovenska. Analýzy prebiehali na 13 komunálnych čistiarňach odpadových vôd. Týmto spôsobom boli od marca po december 2016 monitorované odpadové vody od približne 1,4 milióna obyvateľov na Slovensku a od približne 30 000 účastníkov festivalov. V štúdii bol robený monitoring festivalu Topfest (okolo 30 000 účastníkov), festival Grape (12 000 účastníkov) bol pre nepriaznivé počasie zrušený. V tejto štúdii bol po prvý raz monitorovaný aj etyl sulfát, ktorý je možné následne použiť pri výpočte spotreby alkoholu.

- Namerané výsledky podobne ako v správach za obdobie 2013 – 2015 potvrdzujú skutočnosť, že dominujúcou drogou na Slovensku je stále metamfetamín (pervitín) a jeho spotreba naďalej rastie. Z hľadiska koncentrácie látky v odpadovej vode bol spolu s liečivami tramadolom, kotinínom, kofeínom a etyl sulfátom najkoncentrovanejšou látkou.
- Z hľadiska geografického rozloženia je kokaín sústredený prevažne do Bratislavy a jej okolia. Analýzy naznačujú nárast spotreby v meste Trnava.
- Užívatelia drogy MDMA (extáza) sú spomedzi jednotlivých miest Slovenska sústredení najmä v Trnave, v Petržalke či Bratislave. Piešťany zaznamenali mierny pokles.
- Metabolit marihuany THC-COOH bol nájdený vo všetkých skúmaných mestách Slovenska, najvyššie množstvá boli namerané v Trnave, v Komárne, v Bratislave či v Petržalke.
- Tramadol bol jedna z najkoncentrovanejších analyzovaných zlúčenín v odpadových vodách. V najvyšších množstvách bol nájdený v mestách Trnava, Bratislava a Prešov.
- Oxazepam sa vyskytoval v najväčších množstvách v odpadových vodách z miest ako sú Trnava, Prešov, Komárno a Piešťany.
- Kodeín ako liečivo bolo nájdené v najvyšších množstvách v odpadových vodách z miest ako sú Trnava a Piešťany či Prešov.

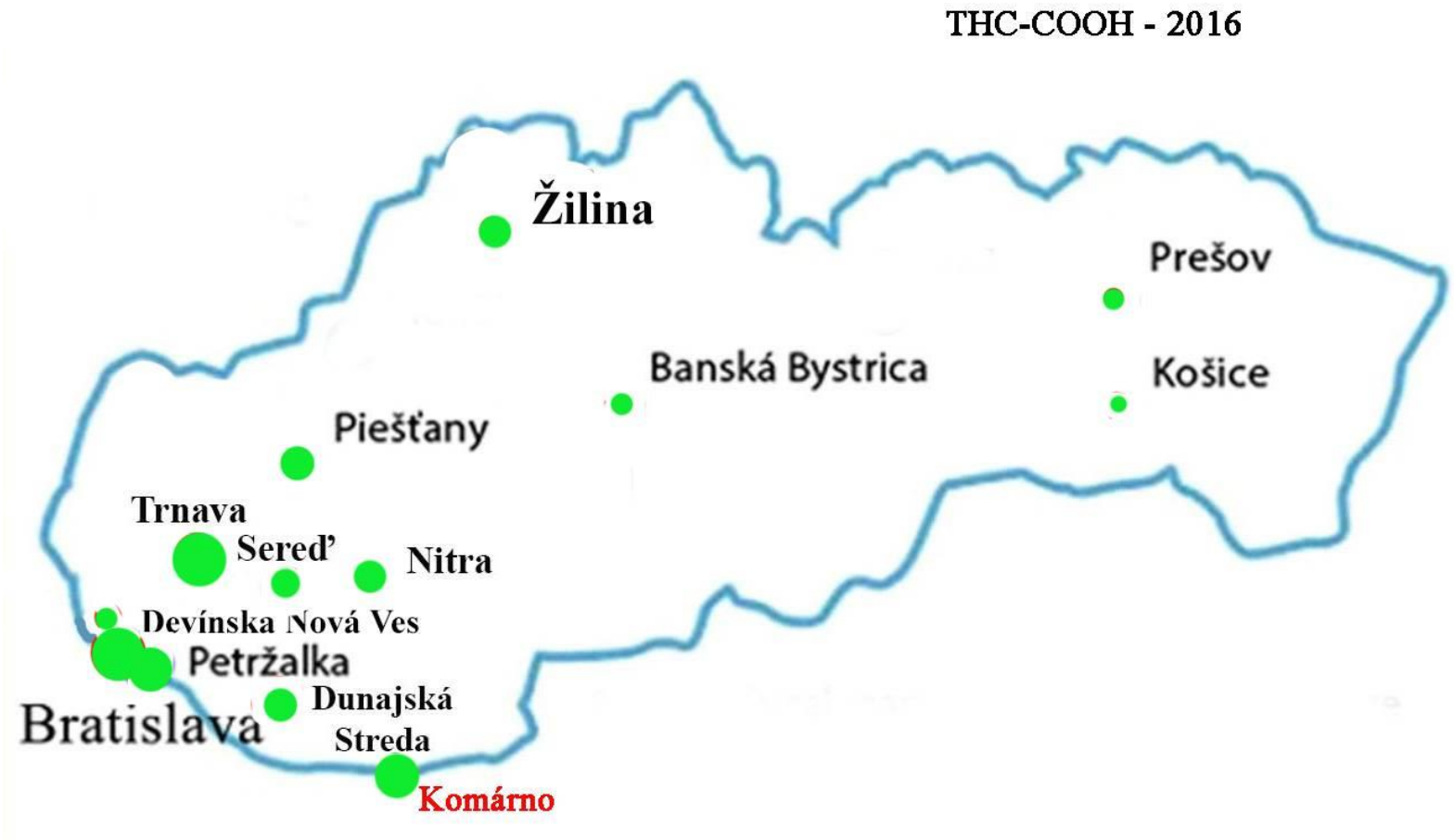
- Metadón sa v najvyšších množstvách vyskytuje v Prešove, v Komárne, v Dunajskej Strede a v Žiline. Táto skutočnosť môže byť spôsobená hlavne počtom liečených ľudí zo závislosti od drog.
- Kofeín bol taktiež analyzovaný vo vybraných mestách Slovenska. Zlúčenina je však v odpadových vodách značne nestabilná a dosiahnuté výsledky môžu byť skreslené. Najväčšia spotreba tohto stimulantu bola pozorovaná v Petržalke.
- Nikotín podobne ako kofeín sa rýchlo rozpadáva v odpadových vodách. Je však možné analyzovať jeho metabolit - kotinín a tak spätne vypočítať množstvo spotrebovaného nikotínu. V našej štúdii sme sa podobne ako za minulý rok zamerali na možnosť získať údaje o počte spotrebovaných cigariet v jednotlivých mestách. Dosiahnuté výsledky naznačujú, že najväčšia spotreba nikotínu je v mestách Bratislava, Nitra a Prešov.
- V našej štúdii sme analyzovali v odpadových vodách aj 27 špecifických psychoaktívnych zlúčenín, ktoré môžu byť potenciálne nebezpečné pre mládež v blízkej budúcnosti. Okrem metkatinónu nebola v odpadových vodách počas monitoringu úspešne identifikovaná ani jedna z vybraných zlúčenín.
- V tejto štúdii sme taktiež po prvý raz analyzovali spotrebu alkoholu na základe analýzy odpadových vôd. Dosiahnuté výsledky poukazujú na zvýšenú spotrebu alkoholu najmä v Piešťanoch.

Mapy - výskyt drog na Slovensku



metamfetamín - 2016




THC-COOH - 2016
Žilina
Prešov
Banská Bystrica
Košice
Piešťany
Trnava
Sereď
Nitra
Devínska Nová Ves
Petržalka
Bratislava
Dunajská Streda
Komárno

Kokaín (BE) - 2016



MDMA (EXTÁZA) - 2016



8 Literatúra

Castiglioni S. et al.: Identification and measurement of illicit drugs and their metabolites in urban wastewaters by liquid chromatography tandem mass spectrometry (HPLC-MS-MS), Analytical Chemistry 78, 8421–8429 (2006).

Castiglioni S., et al. Identification of cocaine and its metabolites in urban sewage and comparison with the human excretion profile in urine. WaterRes. 45, 5141–50 (2011).

EMCDDA (European Monitoring Centre forDrugs and DrugAddiction). Annual report: the state ofthedrugsproblem in Europe. http://www.emcdda.europa.eu/publications/annual-report/2012 2012.[Accessed on July 13, 2013].

EMCDDA — European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction, 2015; EMCDDA — European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction Spain data sheet: Key statistics on the drug situation Available at http://goo.gl/RTbrnL (pozreté - január, 2016)

Irvine R.J., et al: Population drug use in Australia: a sewage analysis. ForensicSci. Int. 210, 69–73 (2011).

Van Nuijsa, A.L.N., Abdellati, K., Bervoets, L., Blust, R., Jorens, G.P., Neels, H., Covaci, A. The stability of illicit drugs and metabolites in wastewater, an important issue for sewage epidemiology? Journal of Hazardous Materials, 239–240, (2012) 19–23.

Reid MJ, Langford KH, Mørland J, Thomas KV. Quantitative assessment of time dependent drug-use trends by the analysis of drugs and related metabolites in raw sewage. Drug Alcohol Depend 19, 179–186 (2011).

Thomas KV, Bijlsma L, Castiglioni S, Covaci A, Emke E, Grabic R, Hernández F, Karolak S, Kasprzyk-Hordern B, Lindberg HR, de Alda LM, Meierjohann A, Ort Ch. Pico Y, Quintana JB, Reid M, Rieckermann J, Terzic S, van Nuijs ALN, de Voogt P. Comparing illicit drug use in 19 European cities through sewage analysis. Sci Total Environ., 432, (2012) 432-439.

Slovenská polícia - Crime maps.http://www.minv.sk/swift_data/source/policia/statistiky/pdf/mapy/2013/1_stvrtrok/okresy_kriminalita_2013_1_stvrtrok.pdf 2013. [Prístupné13.7.2013 v slovenčine].

Štatistický úrad SR. http://portal.statistics.sk/showdoc.do?docid= 3019 a http://www.scitanie2011.sk/wp-content/uploads/OKTab.-2.pdf 2013. [Prístupné 13.7.2013 v slovenčine].

The American Society of Health-System Pharmacists - Tramadol Hydrochloride. http://www.drugs.com/monograph/tramadol-hydrochloride.html 2013a. [Prístupné15.7.2013 v slovenčine].

Fedorova G, Randak T, Lindberg RH, Grabic R. Comparison of the quantitative performance of a Q-Exactive high-resolution mass spectrometer with that of a triple quadrupole tandem mass spectrometer for the analysis of illicit drugs in wastewater. Rapid Commun Mass Sp 2013;27:1751-62.

Škubák, J., Mackuľak, T., Bodík, I. 2014. Výskyt drog a liečiv vo vybraných mestách Slovenska pomocou analýzy odpadových vôd. Hydrochémia 2014, XLI. ročník konferencie s medzinárodnou účasťou "Nové analytické metódy v chémii vody", 59-66, ISBN 978-80-89062-97-3.

Ort. C., van Nuis, A.L.N., Berset, J-D., Bijlsma, L., Castiglioni, S., Covaci, A., de Voogt, P., Emke, E., Fatta-Kassinos, D., Griffiths, P., et al. Spatial differences and temporal changes in illicit drugs use in Europe quantified by wastewater analysis. Addiction, 109(8), (2014) 1338-1352.

Bodík, I., Mackuľak, T., Škubák, J. 2014. Identifikácia nelegálnych drog v odpadových vodách. 21. storočie 16 (4), 24-5.

Karolak S, Nefau T, Bailly E, Solgad A, Levi Y. Estimation of illicit drugs consumption by wastewater analysis in Paris area (France). Forensic Sci Int., 200, (2010) 153–160.

Mackuľak, T., Škubák, J., Grabic, R., Ryba, J., Birošová, L., Fedorova, G., Špalková, V., Bodík, I. 2014. National study of illicit drug use in Slovakia based on wastewater analysis. Science of the Total Environment 494-495, 158-165.

Lopes, A., Silva, N., Bronze, M.R. et al.: 2014. Analysis of cocaine and nicotine metabolites in wastewater by liquid chromatography–tandem mass spectrometry. Cross abuse index patterns on a major community. Science of the Total Environment 487, 673-80.

Mackuľak, T., Mosný, M., Grabic, R., Golovko, O., Koba, O., Birošová, L. Fenton-like reaction: A possible way to efficiently remove illicit drugs and pharmaceuticals from wastewater. Environmental Toxicology and Pharmacology, 39, 2 (2015), 483-488.

Mackuľak, T., Birošová, L., Grabic, R., Škubák, J., Bodík, I. National monitoring of nicotine use in Czech and Slovak Republic based on wastewater analysis. Environmental Science and Pollution Research, 22, (2015) 14000-14006.

Mackuľak, T., Birošová, L., Bodík, I., Ryba, J.. Drogy okolo nás. 1. vyd. monografia; Bratislava : Slovenská chemická knižnica FCHPT STU v Bratislave, 2015. 220 s.,

Mackuľak, T., Bodík, I., Birošová, L. Drogy a liečivá ako mikropolutanty. 1. vyd. monografia; Bratislava : Slovenská chemická knižnica FCHPT STU v Bratislave, 2016. 146 s.,

Mackuľak, Tomáš - Tichý Jozef - Hanusová Anna a kolektív. *Environmentálne vedy - výskyt a možnosti degradácie polutantov*. : FCHPT STU v Bratislave, 2016. 340 s. ISBN 978-80-89597-33-8.

Mackuľak, Tomáš, Bodík, Igor, Gál, Miroslav, Tichý, Jozef a kol.:. Dominant psychoactive drugs in the Central European region: A wastewater study. In *Forensic Science International*. Vol. 267, (2016), s. 42-51. ISSN 0379-0738. V databáze: CC: 000386335100010 ; DOI: 10.1016/j.forsciint.2016.08.016.

Zuccato, E., Chiabrando, C., Castiglioni, S., Calamari, D., Bagnati, R., Schiarea, S., Fanelli, R. Cocaine in surface waters: a new evidence-based tool to monitor community drug abuse. Environmental Health, 4, (2005) 14-20.

Buerge, J.I., Poiger, T., Muller, D.M., Buser, D.M. Caffeine, an Anthropogenic Marker for Wastewater Contamination of Surface Waters. Environ. Sci. Technol., 37, (2003) 691–700.

Klupczynska, A., Derezińskia, P.,Krysztofiak, J.,Kokot, Z.J. Estimation of drug abuse in 9 Polish cities by wastewater analysis. Forensic Science International, 260, (2016) 14–21.

Östman, M., Fick, J., Näsström, E., a Lindberg, H.R. A snapshot of illicit drug use in Sweden acquired through sewage water analysis. Science of the Total Environment, 472, 2014. 862–871.

Pal, R., Megharaj, M., Kirkbride, P.K., Naidu, R. Illicit drugs and the environment — A review. Sci. Total Environ., 463-464, (2013) 1079-1092.