

Asociácia čistiarenských expertov SR

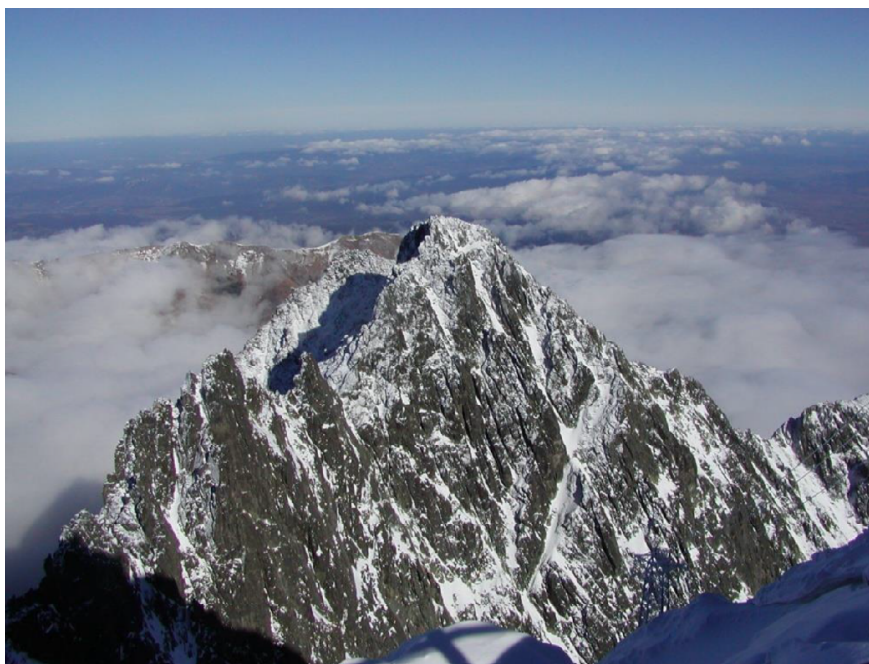


ASOCIÁCIA
ČISTIARENSKÝCH
EXPERTOV SR

**Asociácia vodárenských spoločností
Oddelenie environmentálneho inžinierstva ÚChEI FCHPT STU Bratislava
Výskumný ústav vodného hospodárstva Bratislava
Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva SvF STU Bratislava**

**Zborník prednášok a posterov
11. bienálnej konferencie s medzinárodnou účasťou**

ODPADOVÉ VODY 2020



Štrbské Pleso, 14.-16. október 2020

Mediálny partner



***vodní
hospodářství®***

Vydal:

© Asociácia čistiarenských expertov Slovenskej republiky, 2020

Editori:

prof. Ing. Igor Bodík, PhD.

Ing. Petra Szabová

prof. Ing. Miroslav Hutňan, PhD.

Programový výbor a recenzenti:

Ing. Marián Bilanin, PhD., StVPS a.s. Veolia Voda B.Bystrica - predseda

Ing. Miloš Dian, ZsVS a.s., Nitra – zodpovedný za sekcie Fórum 33

prof. Ing. Ján Derco, DrSc., OEI FChPT STU Bratislava

prof. Ing. Michal Dohányos, PhD., VŠCHT Praha

prof. Ing. Miloslav Drtil, PhD., OEI FChPT STU Bratislava

prof. Ing. Miroslav Hutňan, PhD., OEI FChPT STU Bratislava

Ing. Juan José Chávez Fuentes, PhD., Volkswagen Slovakia, a.s. Bratislava

Ing. Pavel Chudoba, PhD., Veolia Voda ČR Praha

Ing. Zuzana Imreová, PhD., OEI FChPT STU Bratislava

prof. Ing. Pavel Jeníček, PhD., ÚTVP VŠChT Praha

Ing. Katarína Kozáková, VÚVH Bratislava

Ing. Karol Kucman, PhD., VUVH Bratislava

prof. Ing. Štefan Stanko, PhD., KZEI SvF STU Bratislava

Texty uverejnené v tomto materiáli neboli po jazykovej stránke upravované

ISBN 978-80-973196-2-5

VERMIKOMPOSTOVÁNÍ JAKO ZPŮSOB NAKLÁDÁNÍ SE SEPTIKOVÝMI KALY V RÁMCI PROVOZU KOŘENOVÝCH ČOV

Petra Innemanová¹, Jana Esterlová², Alena Grasserová², Tomáš Cajthaml²

¹DEKONTA, a.s., Dřetovice 109, 273 42 Stehelčevy, ČR

²Ústav pro životní prostředí PřF UK, Benátská 2, 128 01 Praha 2, ČR

Úvod

Součástí systému čištění komunálních odpadních vod v kořenových čistírnách je komorový septik, který chrání kořenové lože před zanášením a následným ucpáním. V septicích dochází k hromadění tzv. septikového kalu, který je nutné pravidelně odstraňovat. Stejně jako čistírenský kal může i septikový kal obsahovat jak anorganické, tak organické polutanty včetně mikrobiálního znečištění.

Stále více diskutovanou skupinu však představují organické mikropolutanty, mezi něž se nejčastěji řadí látky ze skupiny tzv. farmak a produktů osobní péče. Tyto mikropolutanty způsobují difúzní znečištění a jejich používání není obvykle nijak limitováno. Na rozdíl od klasických persistentních organických polutantů jsou mnohonásobně více rozpustné ve vodě, a proto se šíří napříč prostředím a vyskytují se spíše v nízkých koncentracích. Obecně nebezpečnost těchto látek spočívá v tom, že jsou používány ve velkém množství a řada z nich není dostatečně odbourávána čistírnami odpadních vod. Jedním z důvodů jsou jejich chemické vlastnosti vyplývající ze struktury molekul (Cajthaml a kol., 2009), ale také i právě fakt, že se vyskytují v nízkých koncentracích (pod tzv. koncentračním prahem) a nejsou bakteriemi snadno využitelné. Proto je pravděpodobnějším mechanismem rozkladu spíše kometabolismus (Alexander, 1999; Cajthaml, 2015).

Skupina mikropolutantů se neustále rozšiřuje o další sloučeniny, kdy bohužel i u velmi běžných farmak se ukazuje, že patří do skupiny tzv. endokrinních disruptorů. Endokrinní disruptory (nebo též hormonálně aktivní látky) jsou cizorodé látky, které v tělech organismů vystupují a chovají se jako hormony těla vlastní (Sifakis, 2017).

Podobně jako čistírenský kal je možné septikový kal po předchozím vysušení spalovat nebo po úpravě např. kompostováním aplikovat na zemědělskou půdu. Jednou z účinných a zároveň levných cest eliminace mikropolutantů, která je šetrná k životnímu prostředí, může být vermikompostování (kompostování s využitím žíhal). Vermikompostování je považováno za nejpokročilejší metodu kompostování. Jedná se o biooxidační a stabilizační proces přeměny organických materiálů, který na rozdíl od klasického kompostování využívá interakce mezi intenzivní činností žíhal a mikroorganismů a nezahrnuje termofilní fázi rozkladu. Překopávání, fragmentaci a aeraci zabezpečují z větší míry žíhaly, díky čemuž je možno vermikompostování zařadit mezi nízkonákladové systémy zpracování odpadů.

Cíle a metodika pokusu

Cílem laboratorního experimentu bylo otestovat hygienizační potenciál vermikompostovacího procesu na septikovém kalu odebraném v rámci údržby obecní kořenové čistírny odpadních vod (dále jen kČOV) o velikosti 300 ekvivalentních obyvatel (dále jen EO) ve Středočeském kraji. Dále byl monitorován obsah vybraných mikropolutantů ze skupiny endokrinních disruptorů (dále jen ED) v průběhu testu.

Popis experimentu

Testovaný kal byl odebrán ze septiku kČOV a do zahájení experimentu (do 1 týdne) uchován v chladničce. Ihned po odběru kalu byly vstupní vzorky vždy ve 3 paralelách odeslány na vstupní analýzy sledovaných parametrů. Jako inokulum (směs vermikompostu a žíhal) posloužil dlouhodobě provozovaný laboratorní vermikompostér s násadou žíhal kalifornského hybridu *Eisenia andrei* a definovaným režimem krmení směsí lyofilizované zeleniny a koňského hnoje. U všech použitých materiálů byl stanoven obsah sušiny a objemové hmotnosti pro výpočet teoretické hodnoty úbytku sledovaných mikropolutantů po založení pokusu.

V perforovaných polyetylenových nádobkách (objem cca 150 ml) se šroubovacím uzávěrem byly testovány následující varianty:

- kal s přídatkem vermikompostu v objemovém poměru 1:2, celkem 50 g směsi v každé nádobce - 5 opakování – označení H (pro následné mikrobiologické analýzy)
- kal s přídatkem vermikompostu v objemovém poměru 1:2, celkem 50 g směsi v každé nádobce - 5 opakování - označení F (pro následné analýzy mikropolutantů)

- kal s prídavkom vermikompostu v objemovom pomere 1:2, celkom 50 g smesi v každej nádobe + 15 jedinců žížal (vždy 5 dospelců a 10 juvenilů) – 5 opakování - označení HŽ

- kal s prídavkom vermikompostu v objemovom pomere 1:2, celkom 50 g smesi v každej nádobe + 15 jedinců žížal (vždy 5 dospelců a 10 juvenilů) – 5 opakování – označení FŽ

Ve sklenených kádinkách o objemu 250 ml byla po dobu trvání pokusu ponechána varianta:

- septikový kal, 50 g, bez ďalší manipulace – 3 opakování.

K zabránění možnému úniku žížal ven skrze otvory byly nádoby navíc obaleny polypropylenovou textilií a umístěny do plastového kontajneru s předem vysterilizovaným pískem (3h při 150°C), který byl po dobu trvání pokusu udržován vlhký pomocí rozprašovače. Víčka testovacích nádobek byla překryta hliníkovou fólií. Kontajner s nádobkami byl umístěn v temné místnosti s teplotou 20°C.

Po 30 dnech trvání pokusu byly nádoby vyjmuty a vzorky analyzovány. U variant osídlených žížalami byla hodnocena jejich přítomnost a výsledný počet jedinců.

Analytické metody

Pro stanovení mikrobiologických parametrů dle aktuální legislativy ČR byly použity následující metody:

Salmonella sp. dle ČSN EN ISO 6579; E. coli, koliformní bakterie a termotolerantní koliformní bakterie dle modifikovaných norem ČSN 75 7837 a ČSN 75 7835.

Endokrinní disruptory 17 α -estradiol, 17 β -estradiol, bisphenol A, bisphenol F, bisphenol S, daidzein, equilin (R,S)-equol, estriol, estron, 17 α -ethinylestradiol, genistein, 19-norethindron, D(-)-norgestrel a α -zearalenol byly stanoveny na kapalinovém chromatografu s hmotnostní detekcí (Agilent 6470 LC/TQ, kolona: Poroshell 120 EC-C18 2,7 μ m, 3 mm x 100 mm, Agilent; mobilní fáze: 0,5mM fluorid amonný, 100% methanol – gradientová eluce) metodou standardního prídavku.

Výsledky

Po uplynutí 30 dnů a otevření experimentálních nádobek byly dobře viditelné změny ve vzhledu a organoleptických vlastnostech testovaného materiálu. Zejména ve variantách osídlených žížalami došlo ke kompletní přeměně přimíchaného kalu na vermikompost sypké, drobtovité struktury bez jakéhokoliv zápachu charakteristického pro septikové nebo čistírenské kaly. Zápach nebyl patrný ani u variant se samotným vermikompostem bez osídlení žížalami. Samotný septikový kal v kontrolních variantách měl naopak pastovitou strukturu, která by v případě provozního měřítka značně komplikovala manipulovatelnost s tímto materiálem. Charakteristický zápach septikového kalu byl po 1 měsíci trvání pokusu u této varianty stále patrný.

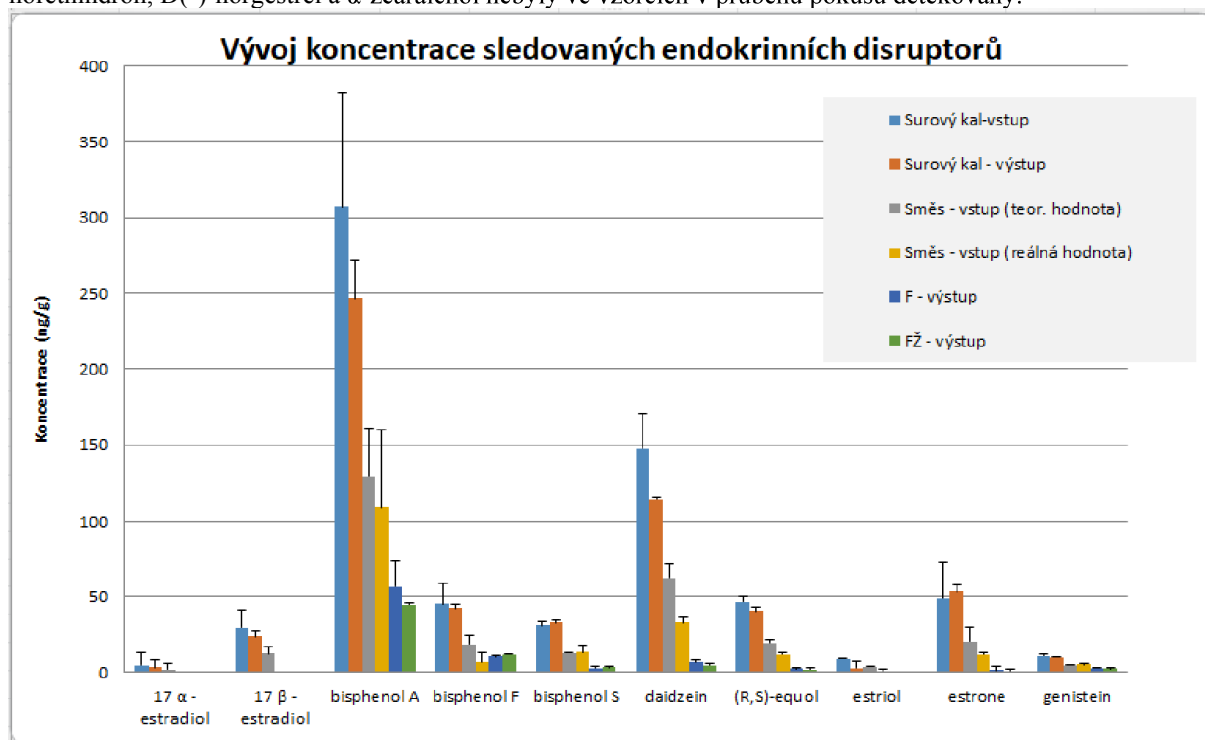
Vstupní analýzy septikového kalu a kontroly (septikový kal bez další manipulace) byly prováděny ve třech opakováních. U varianty FŽ došlo ve dvou z pěti paralel k úhynu žížal (pravděpodobně v důsledku nedostatečného zavlažování), průměrný počet živých jedinců byl 14, z toho průměrně 1 dospělec a 13 juvenilů. Ve dvou případech z pěti došlo u varianty F naopak k nežádoucímu výskytu žížal (ze vstupního materiálu se pravděpodobně nepodařilo spolehlivě odstranit všechny kokony žížal a došlo k jejich vylíhnutí). U varianty H došlo k nežádoucímu pomnožení žížal také ve dvou případech z pěti. Z tohoto důvodu byly pro následující analýzy a interpretaci výsledků použity vždy 3 opakování z uvedených variant. Výjimku tvořila varianta HŽ (průměrný počet živých jedinců 13,4, z toho 0,4 dospelců a 13 juvenilů), kde k celkovým úhynům nedošlo a bylo tedy možné hodnotit všech 5 založených paralel.

Z Obrázku 1 je patrné osídlení vzorků HŽ a FŽ žížalami po ukončení pokusu.



Obr. 1 Ukážka vzorku vermikompostu z varianty HŽ po ukončení pokusu

Na Obrázku 2 je graficky znázorněn vývoj koncentrací látek 17 α -estradiol, 17 β -estradiol, bisphenol A, bisphenol F, bisphenol S, daidzein, (R,S)-equol, estriol, estron a genistein, Látky equilin, 17 α -ethinylestradiol, 19-norethindron, D(-)-norgestrel a α -zearalenol nebyly ve vzorcích v průběhu pokusu detekovány.



Obr.2 Vývoj koncentrace sledovaných endokrinních disruptorů v průběhu pokusu. Jako „Směs-vstup“ je označen vzorek vzniklý smícháním surového kalu s vermikompostem, označení „F“ představuje směs surového kalu a vermikompostu po ukončení pokusu, „FŽ“ je označení varianty, kdy směs kalu a vermikompostu obsahovala žížal

V surovém septikovém kalu byla na počátku pokusu zastižena sumární koncentrace sledovaných ED 680,6 ng/gsušiny, přičemž nejvíce byl zastoupen bisfenol A s průměrnou koncentrací 370,1 ng/g.

Teoretická koncentrace sledovaných látek pro směs surového kalu a vermikompostu na začátku pokusu byla vypočítána na základě hmotnostního poměru, ve kterém byla vstupní směs namíchána. Reálná hodnota představuje údaj zjištěný pomocí použitých analytických metod. Vzorek byl před vlastní analýzou ponechán při laboratorní teplotě po dobu cca 4 hodin (zakládání pokusu) a poté vložen do mrazničky a následně lyofilizován. Lyofilizát byl před vlastní analýzou opět skladován v mrazničce. Přesto došlo k výraznému poklesu obsahu sledovaných látek ve směsi a tento pokles byl významně vyšší oproti teoretické hodnotě. Reálný průměrný úbytek sumy sledovaných ED byl 77,8% oproti teoretické hodnotě 48%. Tento jev lze pravděpodobně vysvětlit aktivitou enzymů přítomných v čerstvém vermikompostu a jejich vlivu na obsah sledovaných mikropolutantů již v prvních hodinách pokusu.

K dalšímu významnému poklesu sledovaných mikropolutantů došlo po uplynutí 30 dnů, a to jak u variant F, tj. bez přídavku žížal (v průměru 90,6%), tak u variant FŽ – s přídavkem žížal (91,6%). Obsah aktivních látek, včetně enzymů, v čerstvém vermikompostu je zřejmě dostatečný pro eliminaci většiny sledovaných látek během krátkodobého 30denního pokusu. Přítomnost živých jedinců žížal v pokusných nádobkách tak neměla výrazný vliv na další odstranění mikropolutantů.

Naopak u kontrolních variant bez přídavku vermikompostu (potažmo žížal) nebylo, až na výjimky, pozorováno účinné odstranění sledovaných ED. Za dobu trvání pokusu byl zaznamenán průměrný samovolný pokles sledovaných látek 17,6%. Nejvyšší úbytek (70,2%) byl pozorován u estriolu.

V Tabulce 1 jsou dále shrnuty hodnoty sledovaných hygienických ukazatelů v průběhu experimentu. Vstupní vzorek byl negativní na obsah *Salmonella* sp., proto nebyl tento parametr dále analyzován.

Tab.1 Obsah sledovaných skupin patogenů v průběhu pokusu. Jako „Směs-vstup“ je označen vzorek vzniklý smícháním surového kalu s vermikompostem, označení „H“ představuje směs surového kalu a vermikompostu po ukončení pokusu, „HŽ“ je označení varianty, kdy směs kalu a vermikompostu obsahovala žížaly

Označení vzorku	Koliformní bakterie (KTJ/g [*])	Termotolerantní koliformní bakterie (KTJ/g [*])	<i>Escherichia coli</i> (KTJ/g [*])
Surový kal - vstup	$1,7 \times 10^4$	$6,6 \times 10^3$	$4,8 \times 10^3$
Směs kalu a vermikompostu - vstup	$4,8 \times 10^3 \pm 3,2 \times 10^3$	$3,2 \times 10^3 \pm 1,4 \times 10^3$	$2,3 \times 10^3 \pm 1,6 \times 10^3$
Surový kal - výstup	$2,5 \times 10^3 \pm 8,9 \times 10^2$	$1,7 \times 10^3 \pm 5,9 \times 10^2$	$2,3 \times 10^4 \pm 5,7 \times 10^3$
H – výstup	$1,1 \times 10^3 \pm 8,6 \times 10^2$	$3 \times 10^2 \pm 3 \times 10^2$	$1,2 \times 10^3 \pm 2,2 \times 10^2$
HŽ - výstup	$1,1 \times 10^3 \pm 1,9 \times 10^3$	$5,9 \times 10^2 \pm 1,2 \times 10^3$	$8,2 \times 10^2 \pm 3,1 \times 10^2$

* přepočteno na obsah sušiny

Nejvýraznější pokles byl pozorován u parametru koliformní bakterie, nicméně i u termotolerantních koliformních bakterií a *E.coli* byl zaznamenán podobný trend, tj. pokles koncentrace až o jeden řád u variant F a FŽ. Přítomnost živých jedinců žížal neměla, podobně jako u ED, významný vliv na hygienizaci kalu.

Shrnutí

Vermikompostování, jako pokročilá forma kompostovacího procesu, má evidentní potenciál odstraňovat nežádoucí mikropolutanty ze skupiny endokrinních disruptorů u zpracovávaného septikového kalu. Klíčovým faktorem u relativně krátkodobého experimentu (30 dní) je pravděpodobně přítomnost aktivních látek (enzymů) a nikoliv živých jedinců žížal. V budoucnu by bylo přínosné tento pokus zopakovat s variantou, která obsahuje směs septikového kalu a vermikompostu, jehož enzymatická aktivita byla předem potlačena (např. pasterizací). Vermikompostovací proces má také určitý hygienizační potenciál. Výsledný produkt splňoval požadavky Přílohy 4 Vyhlášky č. 437/2016 Sb.: Mikrobiologická kritéria pro upravený kal pro aplikaci na zemědělské půdě. Nicméně požadavkům vyhlášky vyhověly i vstupní vzorky kalu, proto je nutné ověřit tento postup umělým vnesením indikátorového mikroorganismu.

Z předběžných výsledků vyplývá, že vermikompostování může být potenciálně využíváno jako metoda přepracování septikových kalů přímo v areálu kořenové čistírny odpadních vod. Tento koncept je však nutné ověřit pomocí navazujících experimentů.

PodĎakování

Projekt č. QK1910095 s názvom „Využití vermikompostování k eliminaci mikropolutantů za účelem bezpečné aplikace čistírenského kalu na zemědělskou půdu“ je finančně podpořen Ministerstvem zemědělství ČR v rámci Programu ZEMĚ.

Literatura

1. Alexander M., Biodegradation and Bioremediation, 2nd edition, Academic Press, 1999, ISBN: 9780080916378.
2. Cajthaml T., 2015. Biodegradation of endocrine-disrupting compounds by ligninolytic fungi: mechanisms involved in the degradation. *Environmental Microbiology* 17, 4822-4834.
3. Cajthaml T., Křesinová Z., Svobodová K., Sigler K., Řezanka T., 2009. Microbial transformation of synthetic estrogen 17 alpha-ethinylestradiol. *Environmental Pollution* 157, 3325-3335.
4. Sifakis S.A., 2017. Human exposure to endocrine disrupting chemicals: Effects on the male and female reproductive system. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 51, 56-70.