



Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-17-0119**

Monitoring ciest farmaceutík z čistiarenských kalov do pôd, rastlín a podzemných vôd

Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Igor Bodík, PhD.**

Príjemca **Slovenská technická univerzita v Bratislave - Fakulta chemickej a potravinárskej technológie**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Oddelenie environmentálneho inžinierstva, FCHPT STU v Bratislava

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Fakulta rybárství a ochrany vod Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Žiadne

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

Bodík, I., Čižmárová O., Derco, J., Drtil, M., Hutňan, M., Imreová, Z., Mackuľak, T., Vrábel, M., Zakhar, R.: Laboratory Exercises II – Environmental Technologies: FCHPT STU Bratislava, 2021, 120 s., ISBN 978-80-8208-049-3 - Vysokoškolská učebnica vydaná v domácich vydavateľstvách

Grabic, R., Ivanová, L., Kodešová, R., Grabicová, K., Staňová Vojs, A., Imreová, Z., Drtil, M., Bodík, I.: Desorption of pharmaceuticals and illicit drugs from different stabilized sludge types across pH. Water Research 220, 118651 (2022), IF= 12,699, Q1 (vedecký časopis s najvyšším IF vo vodnom hospodárstve)

Bodík, M., Mackuľak, T., Fehér, M., Vojs – Staňová, A., Grabicová, K., Varjúová, D., Bodík, I.: Searching for the correlations between the use of different groups of pharmaceuticals from wastewaters. Ecotoxicology and Environmental Safety 228, 112973 (2021), IF= 6,291, Q1

Ivanová L., Mackuľak T., Grabic R., Golovko O., Koba O., Vojs Staňová A., Szabová P., Grenčíková A., Bodík I.: Pharmaceuticals and illicit drugs – A new threat to the application of sewage sludge in agriculture. Science of The Total Environment 634, 606-615 (2018), IF=5,589, Q1 (71 citácií v WoS k 1.8.2022)

Uplatnenie výsledkov projektu

Problematika znečistenia vôd farmaceutikami sa v odbornej literatúre začala objavovať asi pred 15-20 rokmi. Celosvetovo to podnietilo rozvoj monitoringu a odstraňovania týchto látok z odpadových resp. pitných vôd. Tento projekt vlastne nadväzoval na prvé európske snahy

o definovanie stupňa "závadnosti" farmaceutík vo vodnom prostredí. Uplatnenie výsledkov projektu vidíme hlavne v oblasti uvedenia si verejnosti o existencii farmaceutík vo vodách v dôsledku ich nadmerného užívania. Výsledky tohto (a paralelne aj iných zahraničných projektov) rozbehli iniciatívy orgánov EU na prípravu legislatívnych krokov na zamedzenie vstupu farmaceutík do vôd. Aktuálne sa na tzv. "watch list" dostali niektoré antibiotiká, hormóny a liečivá, ktorým sa bude venovať vyššia pozornosť pri ich monitoringu v európskych riekach.

Výsledky projektu nachádzajú uplatnenie napr. pri aplikácii kalov na poľnohospodárske účely, kedy si prevádzkovatelia uvedomujú prítomnosť liečiv v kaloch a preventívne obmedzujú ich používanie ako hnojív, resp. hľadajú kroky na ich elimináciu.

Výsledky projektu (ale aj iných paralelných projektov vo svete) poukázali na to, že termické spôsoby spracovania kalov sú asi jedinou cestou na odstránenie liečiv z kalov, čo sa začína prejavovať v celoeurópskom merítku a sušenie, pyrolýza a spaľovanie kalov je dnes už považované za optimálny spôsob kalovej koncovky (začína to už aj na Slovensku).

Téma projektu bola trochu "nadčasová" a mala poukázať na problematiku drog a liečiv vo vodách, v kaloch a uvedomiť si, že v najbližšej budúcnosti bude potrebné robiť opatrenia na ich redukciu aj s vedomím, že nás to bude niečo stať. Aktuálne nie sú legislatívne páky na povinnosť odstraňovania týchto látok z vôd a kalov, avšak aj výsledky tohto projektu smerujú k tomu, že s tým v blízkej budúcnosti musíme počítať.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

V rámci projektu sme realizovali stovky odberov surových aj vyčistených odpadových vôd, resp. kalov. Monitoring sa zamerával predovšetkým na prítomnosť farmaceutík v odpadovej vode a čistiarenských kaloch. Okrem toho boli analyzované taktiež fragmenty DNA vírusu CoV-19, z odpadových vôd sme získali aj informácie o nových syntetických drogách alebo o spotrebe alkoholu v sledovaných mestách. Výsledky projektu dávajú informácie o vstupných koncentráciách (ng/l) a množstvách (kg/rok) jednotlivých látok a taktiež aj informácie o ich odtokových koncentráciách, látkových množstvách a o účinnostiach odstraňovania farmaceutík a drog z odpadových vôd.

Výsledky potvrdili, že časť liečiv, ktoré prichádzajú na ČOV v odpadovej vode sa zachytáva na biologický kal a prechádza systémom kalového hospodárstva. Zároveň prítomnosť týchto látok nepriaznivo ovplyvňuje priebeh procesu čistenia, čo sa prejavovalo hlavne na zníženej aktivite kalu.

Významnou súčasťou výsledkov projektu bolo aj aplikácia oxidačných postupov na odstraňovanie liečiv z odpadových vôd a termických postupov na kaly. Úspešne boli otestované procesy s využitím železanov, bórom dopovaných diamantových elektród, pomocou ozónu a sorpcie. Z výsledkov termických pokusov je zrejmé, že termické odstraňovanie drog a liečiv z čistiarenských kalov je účinné aj pri nízkoteplotných termických procesoch, avšak iba procesmi nad 500 oC je možno dosiahnuť takmer 100% účinnosť odstránenia týchto látok.

Podrobne bolo sledované aj správanie sa kalov na pôdnych systémoch, uvoľňovanie liečiv a ich transport do pôdy, rastlín a podzemnej vody. Boli sledované hydroponické rastliny, ktoré boli v kontakte s reálnou odpadovou vodou obsahujúcou liečivá a drogy. Potvrdila sa akumulácia diklofenaku a kofeínu priamo v bunkách žeruchy aj šalátu. Potvrdili sa nám niektoré skúsenosti zo zahraničia, že koreňové (prírodné) ČOV majú schopnosť akumulovať resp. rozkladať niektoré liečivá vo svojom enzymatickom systéme efektívnejšie, ako je to pri klasických aktivačných systémoch.

V priebehu riešenia projektu sme sa zamerali aj na efektívne odstraňovanie potenciálne rezistentných typov bakteriálnych kmeňov, pričom jednou z možností, kde sme sledovali tieto procesy bolo napr. použitie železanov. Pri odstraňovaní potenciálne infekčných fragmentov RNA a DNA sa aplikácia železanu draselného formou tablety ukázala ako účinný degradačný postup schopný odstrániť sledované parametre až na úrovni 75 %. Účinok odstránenia baktérií bol dokonca nad 99 %, pričom prítomnosť rezistentných typov baktérií sa v odpadovej vode po aplikácii železanu nepotvrdila.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

As part of the project, we carried out hundreds of samples of raw and treated wastewater or sludge. Monitoring focused primarily on the presence of pharmaceuticals in wastewater and sewage sludge. In addition, DNA fragments of the CoV-19 virus were also analyzed, and we also obtained information from wastewater about new synthetic drugs or alcohol consumption in the cities under review. The results of the project provide information on the input concentrations (ng/l) and quantities (kg/year) of individual substances, as well as information on their effluent concentrations, substance quantities and on the effectiveness of removing pharmaceuticals and drugs from wastewater. The results confirmed that part of the drugs from wastewater are collected as biological sludge and pass through a sludge management system. At the same time, the presence of these substances adversely affects the treatment process, which was mainly reflected in the reduced activity of sludge. An important part of the results of the project was also the application of oxidation procedures for the removal of drugs from wastewater and thermal procedures for sludge. Processes using ferrates, boron-doped diamond electrodes, ozone and sorption have been successfully tested. From the results of thermal experiments, it is clear that thermal removal of drugs from sewage sludge is effective even in low-temperature thermal processes, however, only by processes above 500 °C can almost 100% efficiency be achieved. The behaviour of sludge on soil systems, the release of pharmaceuticals and their transport to soil, plants and groundwater were also closely monitored. Hydroponic plants that were in contact with real wastewater containing drugs were monitored. The accumulation of diclofenac and caffeine directly in the cells of both watercress and lettuce was confirmed. We have confirmed some experience from abroad that root (natural) WWTP has the ability to accumulate or break down some drugs in their enzymatic system more effectively than with classical activation systems. In the course of solving the project, we also focused on the effective removal of potentially resistant types of bacterial strains, one of the options where we monitored these processes was, for example, the use of irons. When removing potentially infectious fragments of RNA and DNA, the application of potassium iron in the form of a tablet has proven to be an effective degradation procedure capable of removing the monitored parameters at the level of up to 75%. The effect of bacterial removal was even above 99%, while the presence of resistant types of bacteria was not confirmed in the wastewater after the application of iron.