

Od odpadu ke zdroji Recyklace popela z čistírenských kalů na rostlinné hnojivo bohaté na fosfáty

Jak lze fosfor obsažený v čistírenských kalech využít ke zlepšení uzavření cyklu fosforu.



Motivace

Fosfor je nezbytný pro produkci potravin, ale jeho množství je omezené, koncentruje se v ohraničených regionech a těží se za nepříznivých podmínek. Od roku 2014 je na seznamu kritických surovin EU kvůli svému významu a vysoké závislosti na jeho dovozu. Přibližně 90 % fosforu v odpadních vodách je zadržováno v čistírenských kalech – v Rakousku téměř 7 000 tun ročně a v České republice 8 000 tun.

Využívání čistírenských kalů se liší: v České republice převažuje zemědělské využití, zatímco v Rakousku se většina kalů spaluje a ve Vídni se používá monospalování. Rakousko do roku 2033 nařídí spalování kalů pro větší čistírny odpadních vod a bude vyžadovat 80 % využití fosforu z popela. Česká republika plánuje přísnější zákony omezující zemědělské využití a prosazuje alternativní způsoby likvidace kalů, přičemž primární možností je termické zpracování.

Současný stav výzkumu v rámci pracovního balíčku 1

Pokrok v regeneraci fosforu z odpadních kalů

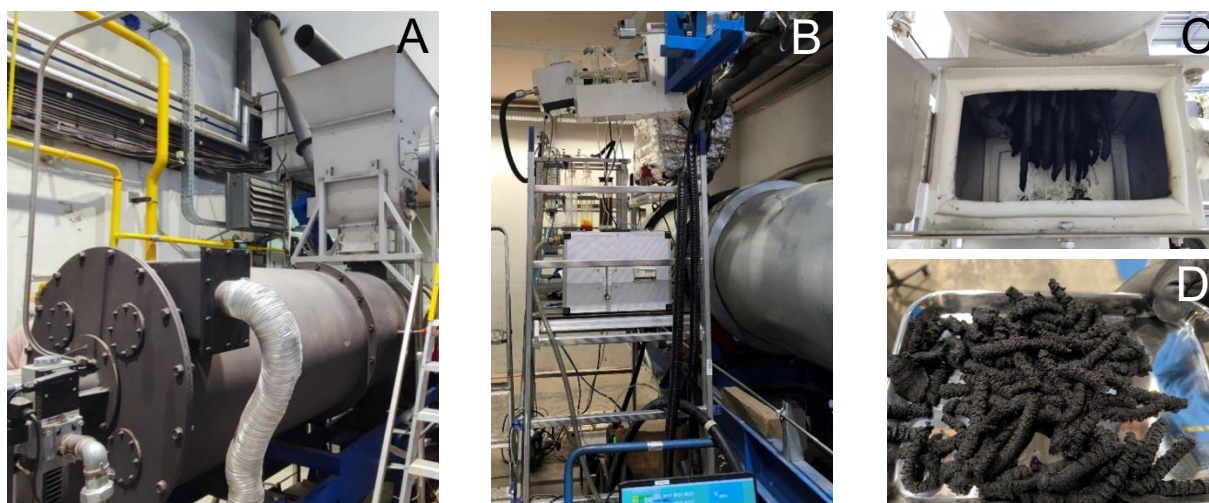
Pro získání komplexních poznatků o složení čistírenských kalů v projektově relevantních regionech – v českých krajích, jako je Jihomoravský kraj a Vysočina, a také v rakouských spolkových zemích – Horním Rakousku, Dolním Rakousku a Vídni – byly odebrány vzorky z 13 českých a 10 rakouských čistíren odpadních vod. Pomocí moderních analytických technik, včetně ICP, XRD, elementární analýzy a tradičních metod, jako je kalorimetrie a proximitní analýza, jsme vytvořili podrobnou databázi zahrnující složení makro- a mikroprvků, palivové vlastnosti a další klíčové veličiny pro celkem 23 vzorků.

S tímto souborem dat konsorcium identifikovalo vzorky kalů s nejslibnějšími vlastnostmi pro další výzkum a znovuzískávání fosforu s cílem přípravy vhodného hnojiva. Mezi klíčová kritéria výběru patřil minimálně průměrný obsah fosforu, vysoký obsah sušiny a popela a významné zbytkové koncentrace těžkých kovů. Přestože těžké kovy v kalech mohou představovat problém při zpracování a dosahované kvalitě – protože mají tendenci se biologicky vylouhovat spolu s formami fosforu – vzorky s vyšším obsahem těžkých kovů nabízejí největší potenciál pro pozorování účinku procedury a nejlepší možnosti zlepšení cíleným zpracováním.

Na základě literárního průzkumu provedeného v rámci pracovního balíčku 1 byla vybrána slibná aditiva, která usnadňují odpařování těžkých kovů. Cílem bylo získat méně kontaminovaný popel jako meziprodukt tepelného zpracování, který by tvořil první fázi procesu rekultivace fosforu. Laboratorní testy na VUT v Brně hodnotily účinky různých aditiv - včetně hydrátů AlCl_3 , MgCl_2 , MgSO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, CaSO_4 , jakožto i nehydratovaných CaCl_2 , CaSO_4 , FeCl_3 a NaCl – s využitím moderní metodologie plánovaného experimentu. Tyto testy zkoumaly, jak různé typy přísad, jejich koncentrace a teploty spalování ovlivňují retenci fosforu a zbytkové koncentrace těžkých kovů ve výsledném popelu v laboratorním měřítku. Byly vytvořeny první šarže vzorků (VUT) a tyto byly analyzovány pomocí ICP a XRD (Masarykova univerzita), přičemž v současné době probíhá zpracování dat.

Zvětšování měřítka: Zkoušky v pilotním měřítku a ověřování procesu

Souběžně VUT vylepšilo a upravilo svou technologii v pilotním měřítku, včetně rotační sušárny a rotační sintrovací pece, aby bylo možné zpracovávat kaly jako vstupní surovinu a vyrábět popel ve větším měřítku pro partnery projektu. Klíčovým vylepšením byl návrh a implementace specializovaného dávkovače kalu (viz Obr. 1A), který řeší problém manipulace s odvodněným kalem – složitým materiálem z hlediska tokových vlastností – v rotační sušárně. Nový systém umožňuje produkci malých hrudek popela s velkým měrným povrchem (na Obr. 1D jsou vidět kusy kalu před sušením), které jsou ideální pro biologické loužení.



Obrázek 1 (A – D): A) Pilotní rotační sušárna modifikovaná instalovaným experimentálním dávkovačem kalu, B) Spalování kalu s měřením emisí (vidět je především manuální měřicí vybavení pro stanovení těžkých kovů a chloru); C) Experimentální dávkovač kalu při provozu, D) Detail výsledných kusů kalu před sušením.

Úspěšně proběhly první pilotní zkoušky napodobující podmínky blízké průmyslovým. Celkově bylo zpracováno 0,75 tuny kalu rozděleného do tří variant: jedna bez aditiv, jedna s hydráty MgSO_4 a jedna s hydráty MgCl_2 . Při těchto pokusech ve velkém měřítku bylo získáno značné množství popela vhodného pro pokusy s biologickým loužením, přičemž přídavek hořčíku zároveň přispívá k následné tvorbě struvitu. Kromě toho pokusy poskytly zásadní údaje o mobilizaci těžkých kovů z pevné fáze kalu do plynné fáze. V současné době probíhá analýza výsledných vzorků popela a údajů o emisích v pilotním měřítku.

Tento postup představuje významný krok směrem k zlepšení zpracování čistírenských kalů za účelem využití fosforu při současném řešení kontaminace těžkými kovy. Budeme v kontaktu pro šíření dalších poznatků, které přinese pokračující výzkum.

Aktivity zaměřené na šíření výsledků

K1-MET představil projekt PHOS4PLANT na národní propojovací akci „vernETZt im Donauraum – Verbindungen schaffen, Zukunft formen“ ve dnech 10. – 11. března 2025 v rakouském Linci.

Vysoké učení technické v Brně (VUT) úspěšně zapojilo studenty do výzkumných oblastí projektu. Za zmínku stojí například bakalářská práce s názvem „Poklad v kalu: Inovace v oblasti získávání fosforu z popela pomocí biologického loužení“ která je v přímém souladu s cíli projektu. Práce se blíží k dokončení a její obhajoba je naplánována na letošní léto.

Masarykova univerzita v rámci projektu vyvinula a předložila k publikaci v prestižním časopise novou metodiku, která umožňuje simultánní analýzu bakterií a archeí v různých typech environmentálních vzorků, jako jsou kaly z čistíren odpadních vod nebo vzorky z bioreaktorů. Talentovaný středoškolský student se také podílel na zpracování dat metagenomického sekvenování z půdních vzorků a s tímto projektem postoupil do národního kola soutěže Stockholm Junior Water Prize, kterou pořádá Mendelova univerzita v Brně. Výsledky studie o limitaci bakteriální oxidace síry byly navíc prezentovány na 6. mezinárodní vědecké konferenci Biotechnologie a kovy, která se konala 10. – 11. října 2024 ve Staré Lesné ve Vysokých Tatrách. Abstrakt byl později publikován ve sborníku Biotechnologie a kovy 2024.

Univerzita BOKU uspořádala dialog se zainteresovanými stranami se svým průmyslovým spolufinancujícím partnerem (Land Niederösterreich, EVN a Timac Agro) a diskutovala o uplatnění výsledků v regionu Interreg AT-CZ.

Zapojení partnerů



K1-MET má osvědčené odborné znalosti ve vývoji procesů pro zpracování zbytků a recyklačních materiálů s cílem získat cenné suroviny a uzavřít materiálové cykly. Úkoly K1-MET jsou proto získávání fosforu z popela čistírenských kalů pomocí nekontaktního bioloužení a kyselin s následnou výrobou rostlinného hnojiva bohatého na fosfáty. To souvisí s odstraněním nečistot, například kovů, z popela čistírenských kalů. K1-MET je hlavním partnerem tohoto projektu.



Masarykova univerzita (MU) je druhou největší univerzitou v České republice. Na projektu se podílí Ústav biochemie, Ústav chemie a Ústav geologických věd. Tým má mnohaleté zkušenosti v oblasti acidofilních mikroorganismů, molekulárních mechanismů interakcí mezi rostlinami a mikroorganismy, analýzy struktury a funkce mikrobiálních komunit, analýzy minerálů a analýzy stopových prvků.



Na projektu se podílí tým ze sekce Termické procesy a čištění plynů, která spadá pod Ústav procesního inženýrství Vysokého učení technického v Brně (VUT). Tento tým má rozsáhlé zkušenosti v oblasti termických procesů a zpracování emisí. Je zodpovědný za výrobu popela z čistírenských kalů v rámci projektu. Ústav disponuje bubnovou sušičkou a rotační pecí, které jsou nezbytné pro experimenty v pilotním měřítku. Kromě toho je k dispozici analytická infrastruktura pro měření vlastností paliv a odpadů a pro analýzu emisí spalín.



Ústav pro nakládání s odpady a cirkularitu (ABF-BOKU) se zaměřuje na bezpečnou likvidaci a recyklaci odpadu s cílem snížit množství odpadu a šetřit zdroje v primární výrobě. Jeho úkoly v projektu zahrnují předúpravu vysoce alkalických popelů, které brání biologickému loužení tohoto materiálu, následné bioloužení popela z čistírenských kalů a identifikaci acidofilních bakterií z čistírenských kalů. Kromě toho bude celý procesní řetězec hodnocen pomocí analýzy životního cyklu (LCA).



Co-funded by the
European Union



PHOS4PLANT



EVROPSKÁ UNIE

Projekt je spolufinancován z Evropského fondu pro regionální rozvoj (program Interreg Rakousko – Česko 2021 – 2027).