

Ardec
s.r.o.



Sborník přednášek konference s mezinárodní účastí

MĚSTSKÉ VODY URBAN WATER 2021

Kulturní dům Velké Bílovice 7. - 8. října 2020

Konference je pořádána za podpory

jihomoravský kraj

CzWA
The Czech Water Association
Asociace čistírenských expertů

AdMaS
POKROČILÉ STAVEBNÍ MATERIÁLY,
KONSTRUKCE A TECHNOLOGIE

Partneři

AQUA
PROCON

hlavní partner

PREFA BRNO

DHI

LINEAR
BAU

VODACZ

ZEPRI

KUNST

PIPELIFE

REKUPER

PRECISION
COMAC CAL
MEASUREMENT

COMAC CAL

ACO

VDT
technology

wavin

STP fittings

envipur

VAG

HUBER
TECHNOLOGY
WASTE WATER Solutions

Mediální partner

hlavní mediální partner

STAVEBNISERVER.com

vodní
hospodářství

vodovod
info
vodárenský portál



SBORNÍK PŘEDNÁŠEK
KONFERENCE S MEZINÁRODNÍ ÚČASTÍ

MĚSTSKÉ VODY 2021

URBAN WATER 2021

KULTURNÍ DŮM VELKÉ BÍLOVICE
ŘÍJEN 2021

JIŘÍ KUBÍK
PETR HLAVÍNEK
EDITORŮ

T A
Č R

Konference Městské vody 2021 byla finančně podpořena z prostředků Technologické agentury ČR v rámci projektu SS02030008 „Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost“ jako součást pracovního balíčku WP 1C „Biologicky rozložitelné odpady“

PROGRAMOVÝ VÝBOR KONFERENCE

Předseda výboru:

prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA

Členové výboru:

doc. JUDr. Ing. Zdeněk Dufek, PhD.

doc. Dr. Ing. Ivana Kabelková

doc. Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

Ing. Aleš Mucha, MBA

Ing. Petr Sýkora, PhD.

Ing. Vladimír Habr, Ph.D.

Ing. Tomáš Chorazy, Ph.D.

Ing. Karel Pyl

Ing. Richard Kuk

RECENZENTI

prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA

Ing. Jiří Kubík, Ph.D.

Vydalo vydavatelství ARDEC s.r.o.

Údolní 58, 602 00 Brno, Česká republika

Copyright © 2020 ARDEC s.r.o.

Žádná část této publikace nesmí být žádným způsobem reprodukována bez písemného svolení nakladatele.

Vydání první

Vytiskla tiskárna VENSEN

ISBN: **978-80-86020-92-1**

OBSAH

FINANČNÍ NÁSTROJE PRO PODPORU EFEKTIVNÍHO NAKLÁDÁNÍ S DPADNÍMI VODAMI A ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU 2021+

Martin Kubica -

AKTUÁLNÍ ZKUŠENOSTI SE ZAVÁDĚNÍM BIM

Petr Sýkora, Jana Purnochová a Jiří Štrupl 1

DIGITALIZACE VODOHOSPODÁŘSKÝCH STAVEB V PROJEKTOVÉ PŘÍPRAVĚ, VÝVOJ PROJEKTOVÁNÍ METODOU BIM

Viktor Sláma, Dominik Wallenfels, Stanislav Hanák, Jindřich Sláma 9

OBJEMOVÉ BILANCE A LÁTKOVÉ TOKY V MĚSTSKÉM ODVODNĚNÍ

Vladimír Habr, Jiří Ježek, Klára Valdová.....16

GENEREL ODKANALIZOVÁNÍ A ODVODNĚNÍ HO CHI MINH CITY, STAVBA MATEMATICKÉHO MODELU

Zdeněk Pliska.....21

PROJEKTOVÁNÍ TECHNOLOGICKÝCH CELKŮ V COMOS JAKO PŘÍPRAVA NA BIM

Filip Hložanka, Petr Nevšímal, Petr Dolejš27

VODNÍ AUDIT PRŮMYSLOVÝCH PODNIKŮ

Lenka Procházková, Jindřich Procházka, Petr Dolejš, Jana Křivánková, Tereza Davidová .34

SNÍŽENÍ OBJEMU ODLEHČENÝCH VOD NAVZDORY VÝSTAVBĚ NOVÉ ODLEHČOVACÍ KOMORY

Klára Kacetlová, David Hrabák , Martin Dvořák38

MOŽNOSTI ADAPTACE MĚST A OBCÍ NA PŘÍVALOVÉ DEŠTĚ V DŮSLEDKU ZMĚNY KLIMATU

Tomáš Metelka, Jaromír Štosek, Táňa Janů, Hana Rosypalová.....46

MOŽNOSTI VYUŽITÍ MODROZELENÉ INFRASTRUKTURY V INTRAVILÁNU

Richard Kuk, Lenka Matznerová.....56

TVORBA ŠPONGIOVÉHO MESTA V NAŠICH PODMIENKACH

Zuzana Vranayová Marián Vertaľ Katarína Čákyová Alena Vargová65

MONITORING MIKROPOLUTANTŮ V PITNÝCH A ODPADNÍCH VODÁCH MĚSTA BRNA

Tomáš Macsek, Tomáš Chorazy, Petr Hlavínek72

ROZVOJ BETONOVÝCH TRUB

Pavel Louda; Milan Polčín79

POŽADAVKY NA KONSTRUKCI ARMATUR POUŽÍVANÝCH V TECHNOLOGIÍCH ČIŠTĚNÍ KOMUNÁLNÍCH ODPADNÍCH VOD A KANALIZAČNÍCH STOKÁCH

Jaroslav Slavíček85

ACO TECHNICKÉ FILTRY A JEJICH VYUŽITÍ PRO PŘEDČIŠTĚNÍ SRÁŽKOVÝCH VOD PŘI VSAKOVÁNÍ

Karel Dohnal, Samuel Houlker92

OCHRANA PŘED HYDRAULICKÝM RÁZEM NA VÝTLAKU Z KANALIZAČNÍCH ČERPACÍCH STANIC

Stanislav Malaník101

EKOPOKLÁDKA, SNÍŽENÍ FINANČNÍCH PROSTŘEDKŮ A ZATÍŽENÍ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	
Juraj Barborik	110
INTENZIFIKACE KOMUNÁLNÍ ČOV POMOCÍ MEMBRÁNOVÉ TECHNOLOGIE – ZKUŠENOSTI Z REALIZACE A UVEDENÍ DO PROVOZU	
Radek Vojtěchovský, Daniel Vilím	120
MEMBRÁNOVÁ MIKROFILTRAČNÍ ÚPRAVNA VODY V ČR	
Kryštof Hnojna, Petra Hrušková	127
DOPLNĚNÍ VELKÝCH ČERPAČÍCH STANIC ODPADNÍCH VOD O TECHNOLOGICKÝ STUPEŇ STROJNÍ SEPARACE SHRABKŮ	
Pavel Mikulášek, Jiří Havíř, Richard Tesař	132
OPTIMALIZACE NÁVRHOVÝCH PARAMETRŮ ČOV V OBCÍCH DO 2000 EO	
Petr Hlušík.....	141
REGIONÁLNÍ KALOVÉ CENTRUM NA ČOV PŘEROV	
Oto Zwettler, Lukáš Frýba, Miroslav Kos	145
SUŠENÍ ČISTÍRENSKÝCH KALŮ A JEJICH TRANSFORMACE NA ORGANICKÉ HNOJIVO	
Jan Ševčík, Vladimír Hájek, Karel Fuchs	154
POSÚDENIE JEDNOTNEJ KANALIZÁCIE POMOCOU DYNAMICKÉHO MODELOVANIA	
Réka Wittmanová, Ivona Škultétyová, Ivana Marko, Jaroslav Hrudka, Štefan Stanko	162
MOŽNOSTI VYUŽITIA POVRCHOVÉHO ODTOKU Z POHLADU JEHO KVALITY A KVANTITY	
Ivana Marko Ivona Škultétyová, Réka Wittmanová, Jaroslav Hrudka, Štefan Stanko, Peter Belica.....	171
OPTIMALIZÁCIA ODLAĤOVACEJ KOMORY NA ZÁKLADE CFD SIMULÁCIE	
Jaroslav Hrudka, Šutúš Marek, Gergely Rózsa, Ivona Škultetyová, Stanko Štefan	178
MOŽNOSTI HOSPODÁRENIA SO ZRÁŽKOVÝMI VODAMI V AREÁLI TECHNICKEJ UNIVERZITY V KOŠICIACH	
Martina Zeleňáková, Mária Šugareková, Daniela Kaposztásová	186
MOŽNOSTI VYUŽITÍ BIOCHARU JAKO INOVATIVNÍHO SUBSTRÁTU PRO ZELENÉ PARKOVIŠTĚ	
Michal Novotný, Tomáš Chorazy, Tomáš Macsek, Jakub Raček, Petr Hlavínek, Michaela Kocifajová, Ondřej Prax, Dušan Stehlík.....	195
PRŮBĚH MĚŘENÍ PRO STANOVENÍ OXYGENAČNÍ KAPACITY KOMBINOVANÉHO SYSTÉMU	
Veronika Singrová, Petr Hlušík	204
POZNATKY Z VÝZKUMU ZNOVUVYUŽITÍ ČISTÍRENSKÝCH KALŮ JAKO SOUČÁSTI HOSPODÁŘENÍ S BIOODPADY MALÝCH SÍDEL	
Miloš Rozkošný, Tomáš Chorazy, Dagmar Juchelková, Stanislav Juráň, Ondřej Holubík..	211
STŘEDNĚTEPLOTNÍ PYROLÝZA ČISTÍRENSKÉHO KALU	
Jakub Raček, Tomáš Chorazy, Adéla Žižlavská, Ludmila Mravcová, Petr Hlavínek, Jan Švorčík	221
SYSTÉM REKUPERACE TEPLA A ČIŠTĚNÍ ŠEDÉ VODY K OPĚTOVNÉMU VYUŽITÍ V LABORATORNÍCH A REÁLNÝCH PODMÍNKÁCH	

Kristýna Velikovská, Pavel Ševela, Jakub Raček, Ludmila Mravcová, Pavel Polášek,
Petr Hlavínek, Marie Boubínová228

ODPADNÍ VODA VZNIKLÁ PŘI ČIŠTĚNÍ SILNIČNÍCH TUNELŮ V BRNĚ

Ivo Korytář, Ludmila Mravcová, Jakub Raček, Marta Miklasová, Ivana Románková,
Petr Hlavínek.....235

**RECYKLACE VODY A ODPADŮ JAKO SOUČÁST ŘEŠENÍ MODRO-ZELENÉ
INFRASTRUKTURY V RÁMCI MĚST DO 10 TIS. OBYVATEL**

Tomáš Chorazy, Michal Novotný, Tomáš Macsek, Petr Hlavínek, Jakub Raček,
Michal Sněhota, Marek Petreje, Barbora Rybová242

Finanční nástroje pro podporu efektivního nakládání s odpadními vodami a zásobování pitnou vodou 2021+

Mgr. Martin Kubica

ředitel Sekce realizace projektů ochrany životního prostředí, SFŽP ČR



STÁTNÍ FOND
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
ČESKÉ REPUBLIKY

Ministerstvo životního prostředí



• **Operační program Životní prostředí 2021-2027**

Specifický cíl 1.4 Podpora udržitelného hospodaření s vodou

- **Kanalizace a ČOV**
- **Intenzifikace úpraven pitné vody**

Specifický cíl 1.2 Podpora energie z obnovitelných zdrojů

- **FVE na vodohospodářské infrastruktuře**

Specifický cíl 1.5 Podpora přechodu k oběhovému hospodářství

- **úprava a zpracování kalů z ČOV**

• **Národní program Životní prostředí**

Výzva č. 7/2021: **Domovní čistírny odpadních vod**

Výzva č. 9/2021: **Zdroje pitné vody**

• **Norské fondy**

POZNATKY Z VÝZKUMU ZNOVUVYUŽITÍ ČISTÍRENSKÝCH KALŮ JAKO SOUČÁSTI HOSPODAŘENÍ S BIOODPADY MALÝCH SÍDEL

Miloš Rozkošný¹, Tomáš Chorazy², Dagmar Juchelková³, Stanislav Juráň⁴, Ondřej Holubík⁵

Abstract

Recent years, the European Union has made an enormous effort to change the established ways of waste management from the so-called linear way to a new ideological trend called circular economy. The Member States, including the Czech Republic, are implementing these principles, and the material use of sewage sludge will necessarily adapt to these trends. A burning problem of small municipalities, which are obliged to build and operate a wastewater treatment plant (WWTP) and sewerage, is the application of treated sludge to municipal, or agricultural land. The main goal for the real application of sewage sludge, whether on agricultural or other land, is to prevent damage to the environment in the future. For this reason, with regard to the substances currently present in the sludge (eg organic micropollutants), it is appropriate to sufficiently pre-treat the sludge, not just sanitize it to eliminate above-limit microbial contamination. It still remains relevant that one of the options for pre-treatment of sludge and other wastes from water treatment processes, which should enable the modification of their properties, is composting.

Úvod – čistírenské kaly jako součást hospodaření s bioodpady

V současné době celosvětově narůstá problém s likvidací odpadů. Jejich druhotné využití je proto víc než žádoucí. Palčivým problémem zejména malých obcí, které mají povinnost vybudovat a provozovat čistírnu odpadních vod (ČOV) a kanalizaci pro veřejnou potřebu, je uplatnění upraveného kalu na obecní, popř. zemědělské půdě. Není výjimkou, že malým komunálním ČOV chybí kalová koncovka. Kal je tak často s vysokými náklady odčerpáván a převážen na dostupnou větší ČOV. Obecně přitom platí, že vhodný zemědělský podnik, pro který by upravený a stabilizovaný kal z ČOV mohl být hodnotným zdrojem organických látek a živin, tak nemá možnost tento materiál využít. V praxi se tak stále nedaří využít materiálové zdroje přímo v místě jejich vzniku a z dlouhodobého hlediska takto prosazovat základní principy nízkouhlíkové ekonomiky. Hlavním cílem pro reálné uplatnění kalů z ČOV ať již na zemědělské či jiné půdě je v budoucnu zabránit poškození půd, rostlin, zdraví zvířat i lidí. Z tohoto důvodu, s ohledem na látky přítomné v současnosti v kalech (např. organické mikropolutanty), je vhodné kaly dostatečně předupravit, nejen hygienizovat pro eliminaci nadlimitního mikrobiálního znečištění.

¹ Ing. Miloš Rozkošný, Ph.D., Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, v.v.i., Mojmírovo nám. 16, 612 00 Brno, tel. 541126318, e-mail: milos.rozkosny@vuv.cz

² Ing. Tomáš Chorazy, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, centrum AdMaS, Purkyňova 651/139, 612 00 Brno, tel. 54114 8089, e-mail: chorazy@fce.vutbr.cz

³ prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D., VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, 17. listopadu 2172/15, Ostrava-Poruba, 708 00, tel. 596995175, e-mail: dagmar.juchelkova@vsb.cz

⁴ Ing. Stanislav Juráň, Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, v.v.i., Mojmírovo nám. 16, 612 00 Brno, tel. 541126322, e-mail: stanislav.juran@vuv.cz

⁵ Ing. Ondřej Holubík, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., tel. 257027262, e-mail: holubik.ondrej@vumop.cz

Správné využití kalů je pro půdu velmi podstatné, neboť upravený kal je bohatým zdrojem organické hmoty, základních živin (dusík, fosfor, draslík, vápník aj.) i stopových prvků. Při správné aplikaci kalu do půdy může významně přispět ke zlepšení fyzikálně – chemických i biologických vlastností půdy [1]. Při vhodném poměru C/N dochází v půdě k biotransformaci primárních zdrojů organické hmoty na humus [2]. Formování humózních částic vede k vytvoření stabilní půdní struktury a k posílení retenčních a infiltračních schopností půdy, snížení rizika eroze, vylepšení vláhové bilance na pozemku apod. [3].

Legislativní rámec pro využití čistírenských kalů

V zemích EU je používána široká škála technologií zpracování kalů. Převládající volbou je přímá aplikace v zemědělství a kompostování. Aplikace čistírenských kalů na půdu v jednotlivých zemích Evropské unie je omezena limity těžkých kovů a v některých zemích také limity syntetických organických sloučenin a mikrobiálního znečištění. V publikaci [4] je uveden aktuální přehled limitů těchto látek v kalech, limitní koncentrace těžkých kovů v půdách určených pro aplikaci kalů společně s platnými právními předpisy v jednotlivých zemích.

V současné době jsou na evropské úrovni stále regulovány jen koncentrace těžkých kovů pro aplikaci čistírenských kalů na půdu, a to směrnici Rady 86/278/EEC. Všechny členské státy EU přenesly evropské limity směrnice Rady 86/278/EEC do vlastních právních předpisů. V několika evropských zemích byly v porovnání s evropskou směrnicí 86/278/EHS přijaty dokonce přísnější právní předpisy pro likvidaci kalů v půdě nastavením dolní mezní hodnoty pro těžké kovy [5].

V České republice definoval do roku 2020 povinnosti při používání kalů Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech v posledním platném znění. Podmínky použití upravených kalů na zemědělské půdy byly dány vyhláškou č. 437/2016 Sb., kde vedle technických a organizačních podmínek aplikace byly vymezeny kvalitativní ukazatele, jejichž dodržení je nezbytné pro eliminování negativních účinků kalů vlivem přítomnosti kontaminantů, zejména koncentrací těžkých prvků, rizikových organických látek a patogenních mikroorganismů (z hlediska jejich mikrobiální kontaminace byly zmíněnou vyhláškou stanoveny dvě kategorie kalů použitelnosti v zemědělství). Na národní úrovni však došlo v posledním období (roky 2020 a 2021) k zásadní změně legislativního rámce upravujícího podmínky využití čistírenských kalů na zemědělské půdě, ale i jako druhotné suroviny při výrobě substrátů kompostováním. Obecný rámec udává zákon o odpadech platný od 1. 1. 2021 (Zákon č. 541/2020 Sb., O odpadech). Vyhláška č. 437/2016 Sb. byla s novelizací legislativy k nakládání s odpady zrušena, a to k 1. 1. 2021. Nově zásady pro použití kalů v zemědělství a jako součást hospodaření s bioodpady definuje vyhláška č. 273/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. Parametry určující kvalitu hnojiv nejružnějších forem včetně obsahu čistírenských kalů nově definuje také dlouho očekávaná novela vyhlášky o hnojivech č. 312/2021 Sb. účinná od 1. 10. 2021.

Vzhledem ke složení čistírenských kalů v současnosti, výskytu plastových a mikroplastových částic, organických mikropolutantů atd. se jeví přímá aplikace kalů, bez ohledu na splnění předepsaných limitů, jako riziková. Jednou z možností zpracování kalů, která by měla přinést úpravu jejich vlastností a omezit obsah patogenů a dalších rizikových látek, včetně mikropolutantů, je kompostování [6]. Kompostované kaly jsou zdrojem celé řady živin pro růst rostlin (např. fosforu, dusíku), organické hmoty a mikroorganismů pro půdu užitečných. Při jejich používání dochází ke snížení spotřeby hnojiv a pesticidů a zlepšení fyzikálních a biologických vlastností půdy. Při nadměrné aplikaci však může docházet k hromadění těžkých kovů v povrchových vrstvách půdy [7]. V posledním dokumentu Společného výzkumného střediska (JRC) „End-of-waste criteria for biodegradable waste subjected to biological treatment (compost & digestate): Technical proposals“ byl surový kal vyloučen ze skupiny

„bioodpadů“, tj. surovin pro přípravu tzv. „end-of-waste“ kompostů [8, 9]. V rámci tohoto dokumentu bylo nakonec navrženo ponechat kal jako potenciální vstupní materiál pro přípravu tzv. „end-of-waste“ kompostů i přes to, že nejsou zahrnuty v definici bioodpadu uvedené ve směrnici o odpadech „Directive of the European Parliament and Council“ 2008/98/EC. Za tímto účelem byla stanovena přísná kritéria, která musí konečný produkt - kompost s přídavkem kalů - splňovat. Součástí těchto kritérií jsou také limitní hodnoty pro těžké kovy, limitní hodnota 6 mg/kg pro PAU16 (suma 16 sloučenin) a následné podmínky pro patogeny (absence v 25 g vzorku pro Salmonella sp. a 1 000 KTJ/g pro E. coli). Toto rozhodnutí bylo ovlivněno skutečností, že mnoho členských států produkuje velké množství kompostů s obsahem kalu [9]. Nově jsou v České republice požadavky na kvalitu kompostů a limitní hodnoty pro řadu vybraných ukazatelů, včetně mikrobiologických, stanoveny normou ČSN 46 5735 Kompostování (platná od 12/2020). Norma stanovuje tyto požadavky i s ohledem na účel použití kompostů. A důležitá je zejména při využití čistírenských kalů jako přídavné suroviny pro výrobu kompostů.

Zaměření výzkumu

Dílčí výzkumný cíl zaměřený na nakládání s bioodpady, včetně čistírenských kalů, je součástí řešení centra „Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost“, které bylo podpořeno v rámci výzvy TA ČR Prostředí pro život, Podprogram 3 – Dlouhodobé environmentální a klimatické perspektivy, na období 2021 až 2026. Cílem centra je vybudování dlouhodobě pracující, odborné, interdisciplinární, výzkumné základny tvořené klíčovými výzkumnými organizacemi disponujícími expertízou a odbornou kapacitou pro provádění výzkumu v oblasti odpadového a oběhového hospodářství v širších souvislostech. Mělo by poskytovat MŽP, dalším resortům, odborným platformám a dalším subjektům výsledky výzkumu, rozšiřování vědeckých poznatků a expertní podporu při tvorbě politik, strategií a regulací. Je tvořené konsorciem osmi výzkumných organizací a univerzit a je zaměřeno na provádění výzkumu v tematických oblastech souvisejících s přechodem České republiky z lineárního na cirkulární hospodářský model.

Problematika čistírenských kalů je řešena jako součást dvou pracovních balíčků. Tento článek dále shrnuje výstupy balíčku označeného jako WP 1C „Biologicky rozložitelné odpady“ (dále BRO), jehož náplní je přispět ke zvýšení informovanosti ohledně hospodaření s těmito odpady (včetně čistírenských kalů spíše na úrovni menších ČOV a zabývat se možnostmi jejich zpracováním (zejména kompostováním), dalšími úpravami (produkce substrátů pro zemědělství, zelené plochy intravilánu apod. A to při zohlednění eliminace možných negativních účinků na životní prostředí, mezi něž lze zařadit výše diskutovaný obsah mikropolutantů a mikrobiální kontaminaci čistírenských kalů.

V části BRO je základem práce zpracování dosavadních znalostí a podkladů zapojených institucí, rešerše dalších zdrojů z prostředí ČR a EU, směřující k: i) rozdělení BRO podle původu, ii) vytvoření schématu doporučených postupů a technologií nakládání a zpracování BRO, včetně čistírenských kalů, a to z hlediska dosažení požadovaných vlastností a kvality kompostů. Bude řešen výběr vhodných materiálů biologicky rozložitelného odpadu pro kompostovací proces a specifikace problémových míst v technologiích a návrh konkrétních opatření ke zlepšení stavu. Co se týče využití čistírenských kalů při kompostování, bude práce zahrnovat rozdělení vhodných technologií úpravy kalů pro kompostování podle velikostních kategorií ČOV, stanovení vlivu předúpravy kalů (odvodnění) na kompostování, definování optimálních návrhových parametrů kompostování s výsledkem návrhu doporučení technologie kompostování kalů, a to s ohledem na zdrojovou biosložku, případně sezónní změny ve složení kompostovacích základek.

Další fáze výzkumu bude zaměřena na hodnocení vlivu kompostů ke zlepšení zadržování vody v půdě a doplnění organické hmoty. Konkrétně bude zahájen výzkum na ověření vymývání zbytkových koncentrací kontaminantů z aplikovaných kompostů po aplikaci na půdy, stanovení obsahu fosforu a jeho biologické dostupnosti v odpadech určených k opětovnému využití v zemědělství, vliv biouhlu na stabilitu produktů (kompostu), jeho sorpční a retenční vlastnosti. Předpokládá se úzká provázanost a spolupráce s výzkumnými projekty řešitelských pracovišť a sdílení dosavadních poznatků.

Případová studie – ČOV malých sídel do 2000 EO

Mimo obecný rámec výzkumu je předmětem příspěvku také přinést již zpracované poznatky, zaměřené v první fázi na nejmenší sídelní jednotky a jejich ČOV. Cílem dílčí studie bylo ověřit vybrané postupy úpravy a stabilizace čistírenských kalů z malých komunálních zdrojů znečištění (ČOV obcí do 1000 EO v případě kořenových ČOV a do 2000 EO v případě aktivačních ČOV) jako součást uzavření cyklu produkce a recyklace bioodpadů v místě jejich vzniku. Systém je navržen pro potřeby obcí uvedených velikostí, které nemají v místě čištění odpadních vod často realizované kalové hospodářství a musí tak jinými způsoby řešit nakládání s čistírenskými kalů a organickým materiálem vzniklým při čištění odpadních vod, nebo mají kalovou koncovku a pro produkovaný odvodněný, či odvodněný a stabilizovaný kal musí zajistit další zpracování, nebo odběr.

Vlastní studii částečně předcházely dvouletý monitoring složení kalů (2017 a 2018), který probíhal na dvou pilotních lokalitách, a to kořenové ČOV pro malou obec v okrese Vyškov (cca 900 obyvatel) a mechanicko-biologické aktivační ČOV malé obce v okrese Břeclav (cca 1000 obyvatel). Obě lokality byly (a jsou i nadále) využívány i pro experimenty spojené s kompostováním, úpravami vlastností kalů a odvodněním kalů. Rozdíl mezi čistírnami nepředstavuje jen technologie čištění, ale i kanalizační síť. Kořenová ČOV je napojena na jednotnou kanalizační síť obce, aktivační ČOV na oddílnou splaškovou kanalizaci. To se odráží i ve složení odpadních vod a kalů.

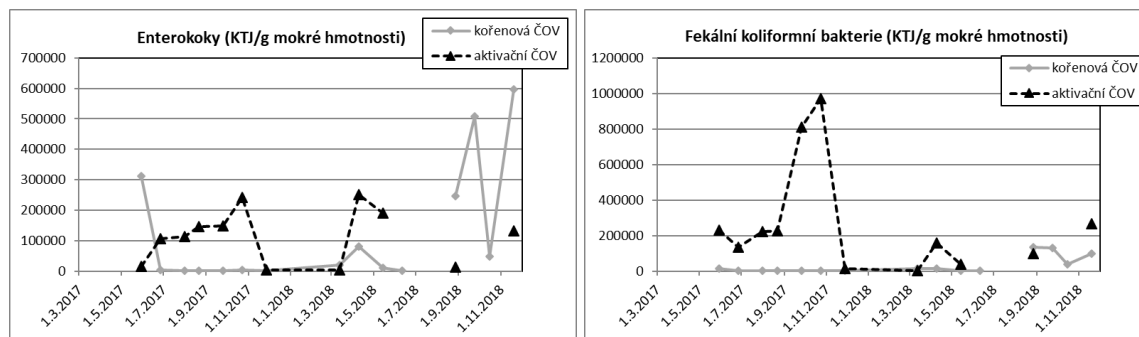
Metodika

Vzorky kalů a odvodněných kalových směsí byly odebírány časově jako bodové, ale prostorově směsné. Vzorky byly odebírány z kalové sekce aktivační ČOV, konkrétně ze sběrné mobilní vany pro uložení odvodněného kalu. U kořenové ČOV byly odebírány z mechanického předčištění (vyhňovací prostor šterbinové usazovací nádrže). Každý vzorek byl umístěn do samostatné vzorkovnice z HDPE a v chladnu přepraven do laboratoře. V laboratoři byly vzorky homogenizovány, lyofilizovány a dále zpracovány k analýzám – stanovení sušiny, ztráty žíháním, nutrienty, rizikové prvky, ukazatele mikrobiálního znečištění (fekální koliformní bakterie, E. coli, salmonely a enterokoky). Analýzy byly prováděny podle běžných akreditovaných postupů vycházejících z řady ČSN. Obdobně byly odebrány, uchovány a zpracovány vzorky pro laboratorní stanovení organických mikropolutantů metodou LC-MS/MS.

Výsledky a diskuze

Úvodní částí studie bylo tedy provedení dvouletého monitoringu složení kalů a jejich kontaminace, přičemž byly vybrány ČOV typického provedení, zastupující obě hlavní technologické skupiny. Jednalo se o zástupce aktivačních ČOV a zástupce kořenových ČOV (v modernizované podobě s využitím pulsně plněných vertikálních filtrů s nitrifikací). Analýza přítomnosti rizikových prvků byla nezbytná pro posouzení rizikosti a možné toxicity kalů pro další uplatnění při návrhu hnojivých směsí. Naopak analýza množství živin byla důležitá pro návrh vhodných doplňkových příměsí pro hnojivé směsi za účelem jejich standardizace, co se obsahu přístupných živin týče. Na obrázcích 1 a 2 jsou znázorněny

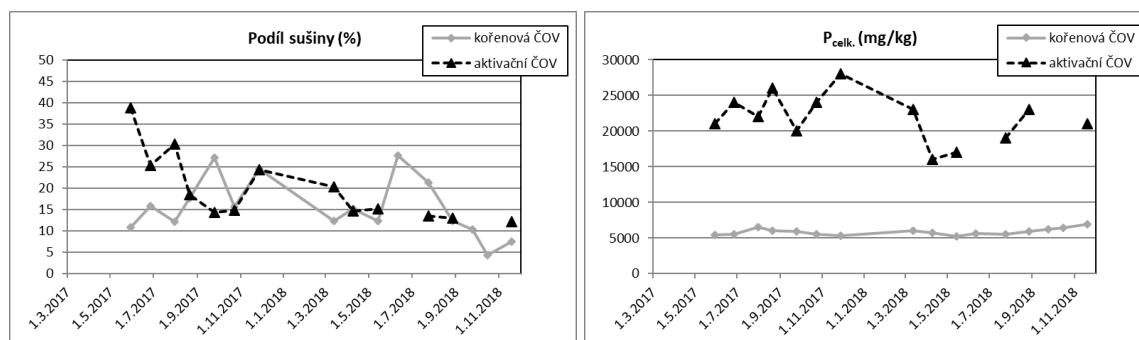
obsahy vybraných hygienicky významných bakterií v kalech obou pilotních čistíren. Koncentrace enterokoků v kalech obou čistíren měla značný rozptyl, a to opět v závislosti na stáří kalu v případě kořenové ČOV. Fekální koliformní bakterie vykazovaly vyšší rozptyl u aktivační ČOV.



Obr. 1 – Obsah enterokoků v kalech

Obr.2: Obsah fekálních koliformních bakterií v kalech

U většiny rizikových prvků byl zjištěn vyšší obsah v kalech kořenové čistírny. Vysvětlujeme si to i vlivem napojení srážkových vod, smyvů ze zpevněných povrchů, smyvů prachu z atmosférických depozic, apod. do jednotné kanalizační sítě. Nicméně nebyly ani tyto kaly zatíženy sledovanými prvky nad limit vyhlášky o použití kalů v zemědělství č. 437/2016 Sb. Sušina odebraných vzorků kalů odpovídala stavu jejich zpracování (Obr. 3). V případě aktivační ČOV byl kal odvodněn odstředivkou (sušina okolo 20 %). Výkyvy v sušině byly způsobeny poruchami v technologii během sledovaného období. Sušina kalu kořenové ČOV závisela na stáří kalu. U tohoto typu ČOV je kal vyvážen z anaerobního vyhnivacího prostoru šterbinové usazovací nádrže, jakož i z usazovacího prostoru této nádrže a z lapáku písku cca 1x za 3 měsíce. Sušina tak kolísala od řídké směsi pod 10 % až po hodnoty okolo 25 až 30 %, kdy už kal vytvářel v horní části vyhnivacího prostoru silnou poměrně suchou krustu, což způsobovalo problémy při čerpání. Ztráta žíháním a obsah organických látek byl po celou dobu nižší u kalu kořenové čistírny v důsledku jeho dlouhodobého anaerobního vyhnívání před čerpáním k dalším úpravám či využití.



Obr. 3 – Obsah sušiny v kalech

Obr. 4 – Obsah fosforu v kalech

Obsah fosforu v kalu byl cca 3-5x vyšší v případě aktivační ČOV (Obr. 4). U této čistírny také poměrně značně jeho obsah v kalu kolísal. Naopak v kalu kořenové ČOV byl obsah fosforu po celou dobu sledování poměrně stabilní okolo 5 g/kg. Obsah draslíku byl také výrazně vyšší v kalu aktivační ČOV s

velkým rozptylem. V kalu kořenové byl jeho obsah opět poměrně stabilní okolo 2 g/kg. Obtížně vysvětlitelný byl pozorovaný nárůst obsahu vápníku v kalu kořenové ČOV. Patrně souvisel s aktuálními vlastnostmi a stářím kalu, protože koreluje spíše s nižšími hodnotami sušiny kalu v závěru roku 2018.

Součástí studie bylo také provedení analýz na obsah rizikových látek ze skupiny organických mikropolutantů, zejména léčiv. Ve dvou směsných vzorcích reprezentujících vstupní kal a výslednou odvodněnou a stabilizovanou směs kalu a biomasy ze sezóny 2018 bylo analyzováno 44 látek. Z toho 22 nebylo prokázáno ani ve vstupním kalu (50 % látek). U 10 látek pravděpodobně došlo k úplné eliminaci, protože nebyly detekovány ve výstupní směsi. U 7 dalších látek byl zjištěn úbytek nad 75 %, u 2 látek nad 70 % a u jedné nad 50 %. U triclocarbanu byla naměřena vyšší koncentrace ve výstupní směsi. Tato látka, spolu s triclosanem (látka s úbytkem cca 51 %) bývá přítomna v mýdlech, zubních pastách, deodorantech, apod. Ve vzorcích za sezónu 2019 již bylo analyzováno 67 látek. Z toho 44 nebylo prokázáno ani ve vstupním kalu (66 % látek). U 13 látek pravděpodobně došlo k úplné eliminaci, protože nebyly detekovány ve výstupní směsi. U 6 dalších látek byl zjištěn úbytek nad 75 % u dvou nad 50 %. U triclocarbanu byla opět naměřena vyšší koncentrace ve výstupní směsi. Z nově analyzovaných látek byla naměřena vyšší koncentrace ve výstupní směsi u látky celiprotol (základ léku pro léčbu vysokého krevního tlaku). Nepatrný rozdíl v koncentraci byl u látky Irbesartan (základ léku pro léčbu vysokého tlaku, diabetických chorob ledvin). V dané lokalitě jsou známy poznatky o věkovém složení obyvatel zatím pouze ze sčítání roku 2011. Kdy bylo v lokalitě sečteno 856 obyvatel, z toho 16 % ve věku do 14ti let, 17 % ve věku 30-39 let a 7 % ve věku nad 70 let. Poslední známý údaj je o celkovém počtu obyvatel – 904. Zde je možné hledat původ části zmíněných látek, které jsou základem léků užívaných významnou skupinou obyvatel vyššího věku. A i na takto malých lokalitách (ČOV do 1000 EO) mohou významnou měrou zatěžovat produkované kaly.

Jak již bylo uvedeno v úvodu, s ohledem na přítomnost řady běžně nesledovaných polutantů v čistírenských kalech, praxe bude zřejmě směřovat k využívání návazných technologií zpracování kalů před jejich dalším možným využitím. Dalším krokem uplatnění upravených a stabilizovaných čistírenských kalů v zemědělství je tedy volba vhodné technologie dosoušení kalu a příprava organominerálních hnojiv. Jejich uplatnění na trhu bude záviset především na ověření kvality a ceny těchto materiálů oproti standartním dávkám NPK. Za tímto účelem je vhodné standardizovat obsah potřebných živin v dostupné formě pro vegetaci, a to např. přidáním dalších složek během zpracování na konečný produkt.

V rámci naší studie padla volba na zpracování odvodněných a stabilizovaných směsí kompostováním a peletkováním. V článku je dále prezentována část věnovaná peletkování. Cílem bylo připravit a odzkoušet dvě různé varianty hnojiva ve formě organominerální peletky:

Tab. 1 Živinné složení připravených hnojiv

Označení analýzy	jednotka	Startér S1		Fertilizér F1	
		PRUM	± SM	PRUM	± SM
pH H₂O		5,30	± 0,00	7,21	± 0,01
pH KCl		5,26	± 0,00	7,13	± 0,01
sorpce T (CEC)	mmol ⁺ /100g	32,85	± 0,34	46,70	± 0,33
N/NO₃	mg/kg	3,05	± 0,03	0,12	± 0,00
N/NH₄	mg/kg	2,40	± 0,01	0,06	± 0,01
Ntot	%	3,71	± 0,23	1,44	± 0,02
Cox	%	7,66	± 0,26	10,79	± 0,10
humus	%	13,18	± 0,44	18,55	± 0,16
Q (472/644)		5,5	± 0,0	6,0	± 0,0
C-hws	%	0,44	± 0,02	0,32	± 0,00
přístupný Ca	%	1,84	± 0,03	3,67	± 0,02
přístupný K	%	2,85	± 0,05	0,09	± 0,00
přístupný Mg	%	0,66	± 0,01	0,16	± 0,00
přístupný P	%	2,08	± 0,01	0,12	± 0,00
vázaný K	%	0,30	± 0,00	0,30	± 0,03
vázaný Mg	%	0,92	± 0,00	0,57	± 0,00
vázaný Ca	%	3,39	± 0,10	6,69	± 0,07
vázaný P	%	3,07	± 0,03	1,25	± 0,01
vázaný Fe	%	1,38	± 0,00	2,47	± 0,03
vázaný Co	mg/kg	40,06	± 0,01	6,39	± 0,03
vázaný Mn	mg/kg	197	± 0	288	± 2
vázaný Mo	mg/kg	26,84	± 0,27	3,61	± 0,02
vázaný Zn	mg/kg	798	± 18	966	± 36

1. Peletované hnojivo typ startér („Startér S1“ v tabulce 1) v sobě kombinuje vlastnosti organické hmoty (čistírenského kalu) ke stabilizaci minerální formy živin ve snaze zabránit jejich rozplavení. Složení hnojiva typ startér vychází z doporučené dávky makroprvků podle publikace [10], poměr jednotlivých prvků v novém hnojivu byl nastaven podle pravidel využitelnosti makro a mikroprvků v kompetici s N podle publikace [11], dávkování nového hnojiva se řídí pravidly agronormativu podle

vyhlášky 377/2013 Sb. v aktuálním znění. Na základě těchto přístupů se podařilo připravit relativně stabilní nové hnojivo s krátkým poločasem uvolnění potřebných živin ve prospěch rostlin, které se dobře dávkuje do půdy běžnými zemědělskými stroji.

2. Peletované hnojivo typ fertilizér („Fertilizér F1“ v tabulce 1) v sobě kombinuje vlastnosti organické hmoty (ČOV kalu) a vápnatého prekursoru. Kombinace těchto dvou složek je v zemědělství již řadu let ozkoušena. Jako výhodný zdroj vápnatého prekursoru se ukázalo využití saturačního kalu z výroby cukru (neboli šámy). Šáma obsahuje kromě sraženého CaCO_3 (75 až 77 % hmotn. v suš.) i další vysrážené soli, zejména MgO (až 4 % hmotn.), a zejména vysokomolekulární koagulované necukry (1,1 až 1,7 % hmotn. v suš.) [12]. Šáma je zdrojem sacharózy (až 4 % hmotn. v suš.), což pozitivně působí na rozvoj mikrobiální složky půd [13]. Aplikace šámy vzhledem k vysokému podílu necukrů má výrazně pozitivní vliv na rozvoj půdně mikrobiálního společenstva, což vede nejen k posílení půdní struktury, ale i k rozvoji půdních mikroorganismů a tím k zlepšení „zdraví půdy“.

Výhoda zvolené technologie spočívá především v nastavení optimálního složení a vlhkosti vstupujících materiálů k efektivní výrobě pelet o průměru 8 mm uzpůsobených k aplikaci do zóny růstu plodin. Tabulka 1 ukazuje výsledné prvkové složení obou připravených matric. Z pohledu hnojivého účinku matrice typu startér matrice obsahuje téměř polovinu obsahu N v amonné formě (N NH_4^+), což je výživu rostlin pozitivní. Obsah amonné a nitrátové formy N (5,45 %) se blíží teoretické hladině 6 % N. Odpovídající je i obsah přístupného P 2,08 % (teor. 2,5 %), přístupného K 2,85 % (teoreticky 3,3 %) a Mg 0,66 % (teor. 0,6 %). Nezanedbatelný je i vysoký obsah přístupného P, který dosahuje požadovaných 2,1 % (teor. 2,5 %).

V matrici typu fertilizér už tolik nezávisí na odpovídajícím prvkovém složení, zde jsou podstatné vlastnosti popisující kvalitu půdní organické hmoty, především obsah humusu, který tvoří 18 %, kvalita huminových složek Q4/6, která je vysoce nad hranicí 4 oddělující kvalitní huminové složky a zejména vysoký obsah snadno rozložitelných C složek (Chws). Obsah Ca v matrici se pohybuje v okolí 4 %.

Rozsah chemického složení obou hnojiv může v rámci přípravy značně kolísat. Důvodem je: 1) variabilní prvkové složení ČOV kalu, jak ukazuje publikace [14] a 2) rozsah vstupních parametrů z cukrovarnického kalu (šámy), jak ukazuje publikace [12]. Nová peletovaná hnojiva na bázi ČOV kalu byly vyráběny ve formě pelet o průměru 8 mm. Pro přípravu pelet je nutné připravit materiál o sušíně 75 až 80 % hmotn. Právě peletovaná forma hnojiva jsou cestou jak umožnit jeho snadnou skladovatelnost a aplikovatelnost pomocí zemědělské mechanizace přímo do zóny růstu konkrétních plodin.

Závěr

V rámci současně řešeného výzkumu je cílem vyhodnotit vhodnost různých BRO a vhodnost technologií jejich nakládání a zpracování, a to včetně čistírenských kalů z hlediska dosažení požadovaných vlastností a kvality kompostů definovaných aktuálně platnou novou odpadovou a další legislativou. Tyto výzkumné cíle budou mimo jiné shrnuty v metodickém postupu využití čistírenských kalů jako součásti zpracování biologicky rozložitelných odpadů, která by principiálně měla sloužit jako jednoduchý praktický návod provozovatelům kompostáren a dalším osobám směrem k produkci kvalitního a uplatnitelného kompostu. Výzkumné cíle mimo jiné budou reagovat na nově přijaté právní předpisy v České republice, kdy v posledním období (roky 2020 a 2021) k zásadní změně legislativního

rámce upravujícího podmínky využití čistírenských kalů na zemědělské půdě, ale i jako druhotné suroviny při výrobě substrátů kompostováním.

V rámci pilotní studie bylo upraveného a vysušeného kalu využito k přípravě organo-minerálních hnojiv. Lze předpokládat, že aplikace organo-minerálních hnojiv do půdy bude mít vysoce pozitivní vliv nejen pro tvorbu stabilní půdní struktury, ale především téměř eliminuje riziko spojené s vyplavování N a P do vod. Při uplatnění kompostovaného materiálu na půdu se předpokládá také významný krycí efekt, kdy kompost aplikovaný na povrch půdy působí jako mulč a významně snižuje riziko vzniku vodní eroze. Celý proces úpravy čistírenských kalů zahrnuje jak technologie jejich odvodnění a stabilizace, tedy první stupeň úpravy, tak následnou vhodnou úpravy a standardizaci substrátů (zpracování kompostováním, další přídavek vhodných příměsí, zpracování do peletek apod.). Tento postup by měl otevřít cestu pro racionální využití kalů na zemědělské půdě, a nebo pro využití v rámci péče o zelené plochy v intravilánu.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován za finanční podpory TA ČR v rámci řešení projektu SS02030008 „Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost“ jako součást pracovního balíčku WP 1C „Biologicky rozložitelné odpady“.

Literatura

1. JAROLÍMOVÁ V.: Aplikace kalů z čistíren odpadních vod na zemědělské půdě a související legislativa. Biom.cz [online]. 2019-06-27 [cit. 2021-09-16]. Dostupné z WWW: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/aplikace-kalu-z-cistiren-odpadnich-vod-na-zemedelske-pude-a-souvisejici-legislativa>>. 2019.
2. PAUL E.A., CLARK F.E.: Soil Microbiology and Biochemistry, Academic Press, New York, 340 s. 1996.
3. GUO L. B., GIFFORD R. M.: Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. Glob Change Biol 8, s. 345-360. 2002.
4. HUDCOVÁ H., VYMAZAL J., ROZKOŠNÝ M.: Present restrictions of sewage sludge application in agriculture within the European Union. Soil and Water Research, roč. 2019, č. 14, s. 104-120. ISSN 1801-5395, 2019.
5. KELESSIDIS A., STASINAKIS A.S.: Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries. Waste Management 32, 1186-1195. 2012.
6. UGGETTI E. a kol.: Properties of Biosolids from Sludge Treatment Wetlands for Land Application. In: Water and Nutrient Management in Natural and Constructed Wetlands. Springer, s 9-20, ISBN 978-90-481-9584-8. 2010.
7. LIU Y. a kol.: Evolution of heavy metal speciation during the aerobic composting of sewage sludge. Chemosphere, 67: 1025–32. 2007.
8. SAVEYN H., EDER P.: End-of-waste criteria for biodegradable waste subjected to biological treatment (compost & digestate): Technical proposals. European Commission–Joint Research Centre Institute for Prospective Technological Studies. Sevilla, Spain. Scientific and Technical Research series. ISSN 1831-9424. 2014. <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC87124.pdf>. (accessed 24.2.2020).
9. MINNINI G. A kol.: EU policy on sewage sludge utilization and perspectives on new approaches of sludge management. Environ. Sci. Pollut. Res. 22: 7361–7374. 2015.
10. HLUŠEK J., RICHTER R.: Bilance živin v rostlinné výrobě ČR a potřeba hnojení. Racionální použití hnojiv - sborník z konference. ISBN 978-80-213-2006-2, 2006.
11. SZABLA K.: Szkołkarstwo kontenerowe: nowe technologie i techniki w szkołkarstwie leśnym, Centrum Informacji Lasów Państwowych, ISBN: 8389744805, 2009.

12. ŠÁRKA E.: Saturační kal-možnosti použití a vlastnosti. Listy Cukrovarnické a Řepařské 40 124 (12), s. 349-357, 2008.
13. RICHTER R., HLUŠEK J.: Výživa a hnojení rostlin (I. obecná část). VŠZ v Brně, 177 s., ISBN 80-7157-138-5, 1994.
14. ČERNÝ J.: Využití odpadů z ČOV jako zdroje organických látek a živin. Biom.cz [online]. 2014-09-08 [cit. 2021-09-16]. Dostupné z WWW: <https://biom.cz/cz/projekty/konference-racionalni-pouziti-hnojiv-2009>. 2009.

Váš partner pro vzdělání, prezentaci, vývoj a výzkum

AQUA
RESEARCH
DEVELOPMENT
EDUCATION
CONSULTING

Vydáváme odborné publikace

Pořádáme konference

Výstavy

Semináře

Odborné kurzy

Školení

