

# Možnosti využití čistírenských kalů v souvislosti s novou legislativou

Iva Janáková, Silvie Heviánková, Silvie Drabinová, Petra Malíková

Katedra environmentálního inženýrství  
HGF, VŠB – TU Ostrava

# Katedra environmentálního inženýrství

Odpady

Voda

OŽP

- biosorpce
- monitoring povrchových vod, biologické čištění důlních vod,
- revitalizace říčních systémů,
- krajinné a územní plánování, lokalizace Brownfields,
- vlivy průmyslových technologií na životní prostředí, ekologický průzkum recentních forem posttěžebních oblastí
- posuzování vlivů termických metod (zejména pyrolýzních) energetického využití odpadů na životní prostředí,
- posuzování vlivů na životní prostředí (EIA),
- technologie úpravy vod a čištění odpadních vod
- vlivy odpadů a průmyslové činnosti na ŽP a možnosti jejich eliminování,
- kaly z bioplynových stanic jako možný zdroj živin kulturních plodin,
- výzkum v oblasti nových flotačních činidel na bázi kapalných produktů z pyrolýzy odpadů,
- aplikace bakteriálního loužení při získávání kovů z odvalů, hald vzniklých hornickou činností, z kovykvalitních a metalurgických odpadů,
- biodegradace ropných látek,
- dekontaminace kalů z ČOV,
- vermikompostování.

# Cirkulární ekonomika – výzva pro OH

V současné době je nakládání s čistírenskými kaly obrovskou výzvou v oblasti odpadového hospodářství. Vzhledem k tomu, že celosvětová poptávka po obnovitelné energii a organické hmotě roste, organický odpad, včetně čistírenských kalů, by mohl být jedním z dostupných zdrojů pro tento účel.



Cílem této práce je:

- poukázat na problematiku kalového hospodářství a nakládání s čistírenskými kaly v důsledku stále se zpřísnující legislativy.
- poukázat na potenciální rizika, která jsou spojena s použitím kalů na zemědělskou půdu
- popis možností nakládání s čistírenskými kaly – příprava směsí, pyrolýza směsí

# 1 Čistírenské kaly – legislativa



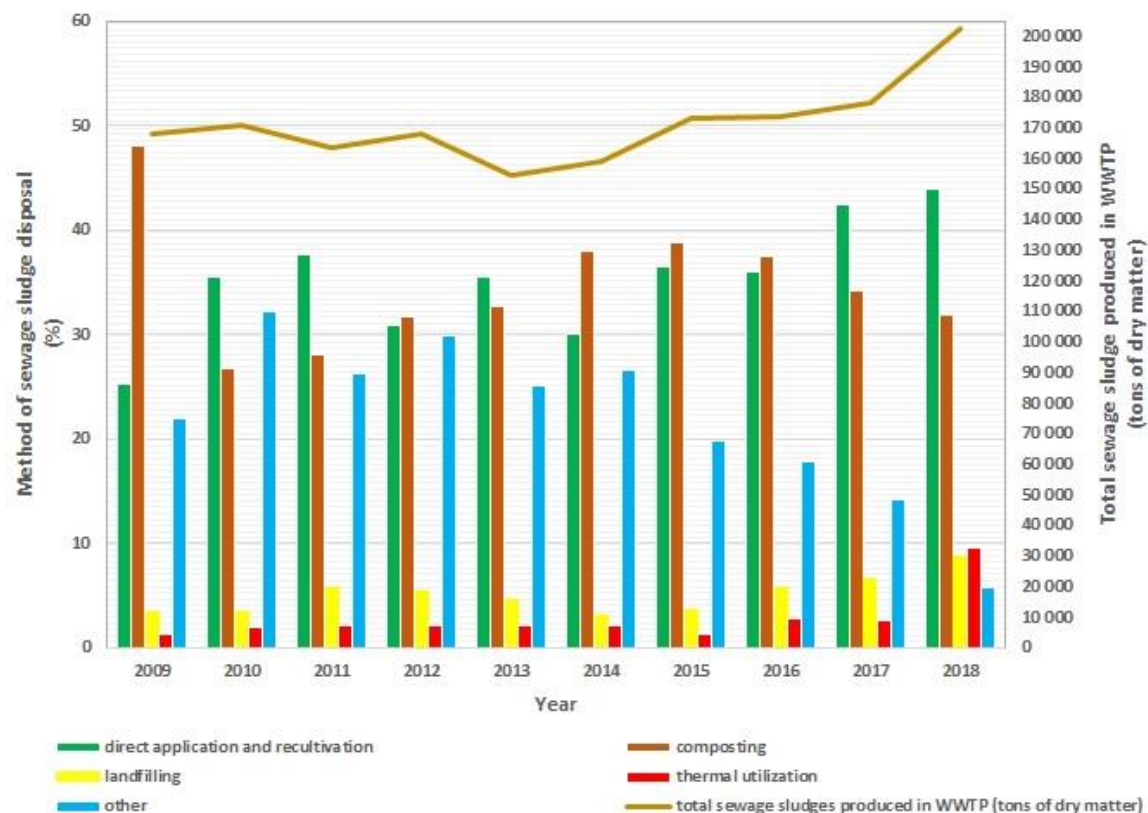
Čistírenský kal je konečnou pevnou složkou vznikající při čištění odpadních vod. Představuje přibližně 1–2 % objemu znečištěných vod, v kterých je zkoncentrováno 50–80 % původního znečištění



Nakládání s čistírenskými kaly je upravováno řadou směrnic EU - nejdůležitější Směrnice Rady EU 86/278/EHS



omezení použití čistírenských kalů v zemědělství kvůli přítomnosti těžkých kovů, stopových prvků, patogenů a organických znečišťujících látek, které se v kalech vyskytují



## 2 Charakteristika

Snížení množství čistírenských kalů prostřednictvím energetického využití – volba vhodné technologie

Kal z čistíren odpadních vod – nevhodné parametry (vysoký obsah vlhkosti a popela)

Tvorba směsí čistírenských kalů a vhodných odpadních materiálů (vyšší výhřevnost)

Provedení analýz - palivové parametry jednotlivých odpadních materiálů a jejich směsí s čistírenskými kaly v souvislosti s termickým rozkladem v laboratorním měřítku v inertní atmosféře pro jejich potenciální využití v pyrolýzní jednotce



## 3 Vstupní materiály

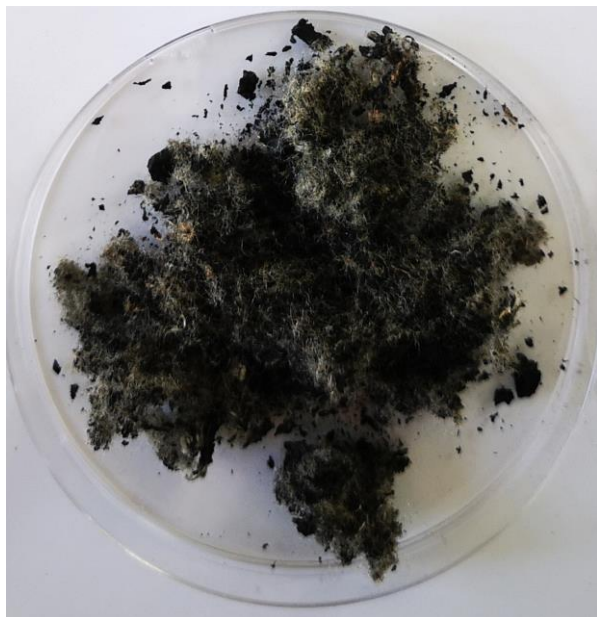


Separovaný sběr plastů



čistírenský kal

PES pneumatiky



HDPE – tvrdé plasty



papírenský výměť

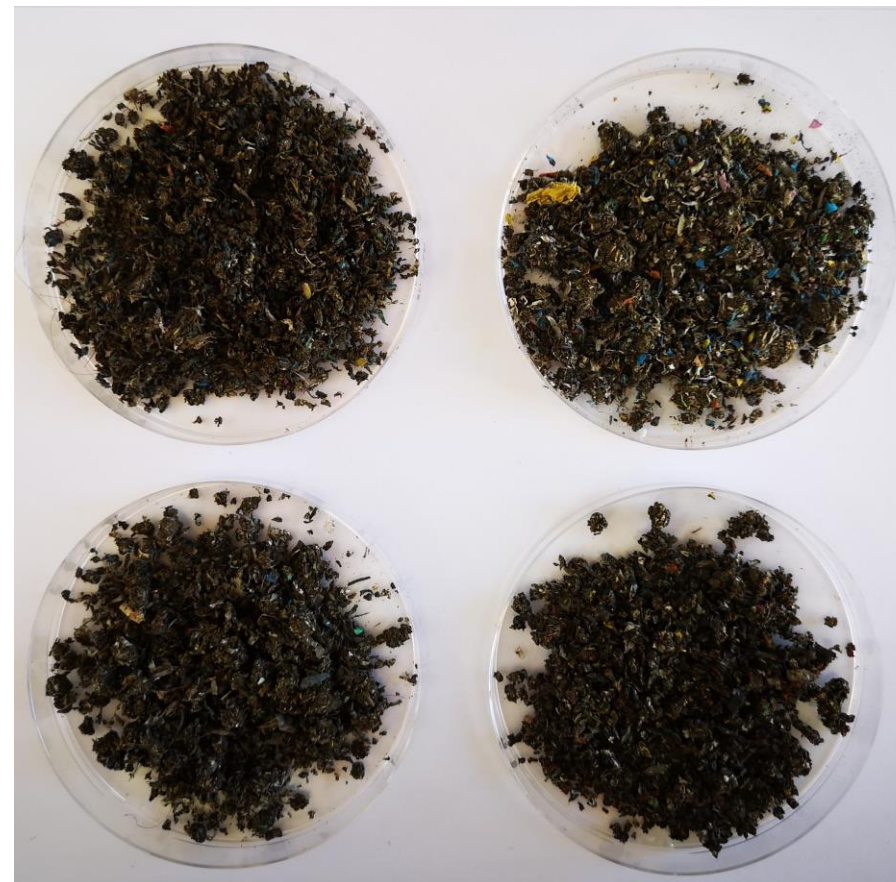
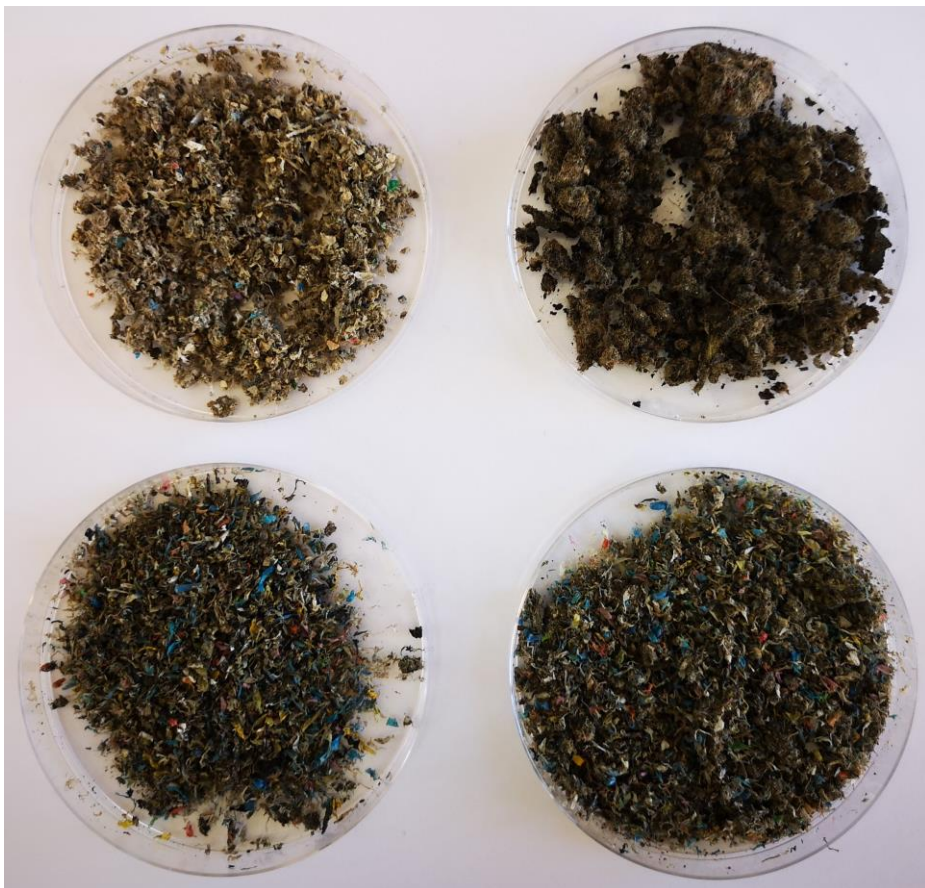


směs LDPE



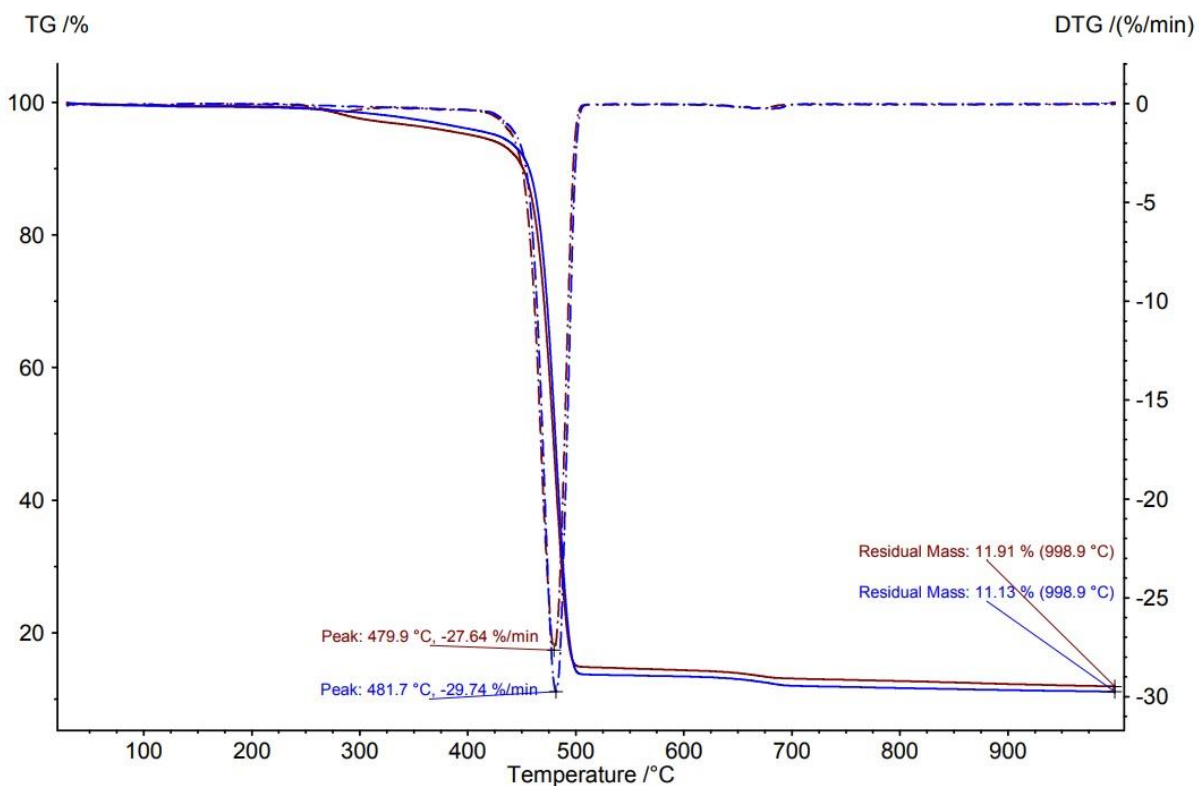


## 4 Směsi



bylo připraveno padesát pět směsí odpadů v různých objemových poměrech.  
U každé směsi odpadů bylo provedeno vizuální porovnání a měření výhřevnosti

## 4 Výsledky TGA



TGA analýza - zjistit maximální teplotu termického rozkladu v inertní atmosféře, maximální hmotnostní ztráty a rychlost úbytku hmotnosti.

Výsledek: všechny odpadní směsi se tepelně rozkládaly při teplotě 500 °C s maximálním úbytkem hmotnosti.

Směsi odpadů HDPE:SS a LDPE:SS měly nejnižší zbytkové hmotnosti a nejvyšší míru úbytku hmotnosti. směs odpadů PES:SS:PV druhou nejvyšší zbytkovou hmotnost a nejnižší míru úbytku hmotnosti.

Zbytková hmotnost byla v tomto pořadí od nejvyšší po nejnižší: SS -> PES -> PV -> HDPE -> RDF -> LDPE.



## 5 Pyrolýza – laboratorní tesy



laboratorní pyrolýzní jednotka  
Pyrolab (VŠB-TUO)



Ohřev materiálu - elektrická spirála.  
Plyny jsou čištěny cyklonovým  
odlučovačem a vymražováním



Teplota 500°C a 600°C



## 6 Výsledky – pevný zbytek

### Pyrolýzní pevný zbytek

- Analýza tuhého zbytku proběhla pomocí XRF – RTG; metody lehké matrice.
- Hmotnostní bilance:** při použitých pyrolýzních parametrech tvoří 35 – 55 obj. % podílu hmotnosti
- Pevný zbytek má v sobě množství anorganických složek
- Obsah C: 25 - 65 % hm.
- Využití: sorbent

	Parametr	Jednotka	5 - 3	5 - 8	6 - 2
1.	Celková voda původní	% hm.	0,28	0,35	0,37
2.	Popel v bezvodém stavu (při 550°C jako AP)	% hm.	47,95	56,37	72,04
3.	Výhřevnost v původním stavu	MJ/kg	18,20	11,45	10,13
	Spalné teplo	MJ/kg	18,26	13,00	10,45
4.	Jódové číslo		79,02	8,11	19,3
5.	Uhlík C	% hm.	56,3	41,7	64,1
6.	Síra v bezvodém stavu S	% hm.	1,1	0,4	1,0
7.	Dusík v bezvodém stavu N	% hm.	0,3	1,3	0,3
8.	Chlór v bezvodém stavu	hm %	0,12	0,18	0,2
9.	Stanovení obsahu inertních materiálů (písky)	hm %	45,41	52,00	68,02
10.	Suma PCB	mg/kg	<0,001	<0,001	1,64
	Obsah těžkých kovů v popelu				
11.	Arsen, As	% hm.	0,0036	0,0072	ND
12.	Kadmium, Cd	% hm.	ND	ND	ND
13.	Chrómový, Cr	% hm.	0,1919	0,0167	0,0066
14.	Měď, Cu	% hm.	0,1522	0,8434	ND
15.	Rtuť, Hg	% hm.	ND	ND	ND
16.	Olovo, Pb	% hm.	ND	ND	0,0127
17.	Zinek, Zn	% hm.	0,2107	4,6169	0,1451

## 7 Výsledky - kapalina

### Pyrolýzní kapalina

- Tmavá tekutina o hustotě 920 – 1033 kg/m<sup>3</sup>
- Hmotnostní bilance: při použitých pyrolýzních parametrech vzniká 20 – 25 obj. % kapalného produktu
- Výnos může při dobrých podmínkách činit až 70 obj. %
- Obsah vody v kapalném produktu se pohybuje v rozmezí 2 - 15 % a výrazně ovlivňuje jeho další manipulaci a zpracování.
- Výhřevnosti, která se pohybuje okolo 25 – 40 MJ/kg

	Parametr	Jednotka	5 - 3	5 - 8	6 - 2
1.	Hustota při 15°C	g/cm <sup>3</sup>	0,921	0,940	0,983
2.	Viskozita kinematická při 40°C	mm <sup>2</sup> /s	1,08	1,37	1,25
3.	Bod vzplanutí, PM	°C	59	56	61
4.	Obsah vody, KF	hm %	9,82	5,32	2,91
5.	Obsah mechanických nečistot	hm %	10,85	9,97	6,87
6.	Začátek destilace, IBP	°C	65	56	68
7.	5% obj.	°C	82	70	91
8.	10% obj.	°C	119	91	125
9.	20% obj.	°C	138	119	194
10.	40% obj.	°C	155	160	260
11.	50% obj.	°C	185	185	293
12.	do 200 °C predestiluje	hm %	55	66,7	25
13.	do 250 °C predestiluje	hm %	59	76	40
14.	do 300 °C predestiluje	hm %	65	80,7	50
15.	do 350 °C predestiluje	hm %	75	82	63
16.	Obsah síry	hm %	< 0,3	< 0,3	< 0,3
17.	Chlór organicky vázaný	mg/kg	2067	< 2,0	37670
18.	Spalné teplo	MJ/kg	28,113	37,644	40,159
	Elementární analýza	Jednotka			
19.	Uhlík	hm %	57,4	54,3	77,7
20.	Vodík	hm %	8,6	8,51	7,9
21.	Dusík	hm %	2,6	2,78	1,0
22.	Rtuť, Hg	mg/kg	< 1,0	< 1,0	< 1,0
23.	Zinek, Zn	mg/kg	215,4	39,4	75,3
24.	Olovo, Pb	mg/kg	5,5	1	29,9

## 8 Výsledky – plyny

### Pyrolýzní plyn

- Data byla získávána z chromatografické analýzy
- Výhřevnost se pohybuje v závislosti na vzorku od 15-43 MJ/kg
- Nejčastější výskyt hořlavých plynů: methan, ethan, ethen, propen, propan
- Směsi jsou srovnatelné v porovnání s běžnými plynnými palivy

složka	obj.%	obj.%
H <sub>2</sub>	7,39	9,36
CO	5,48	6,94
CO <sub>2</sub>	14,54	18,42
CH <sub>4</sub>	16,91	21,44
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0,02	0,03
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	14,09	17,86
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	7,25	9,19
C <sub>3</sub> H <sub>4</sub>	0,01	0,01
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	10,07	12,76
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2,44	3,09
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	0,13	0,17
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,57	0,73
suma	78,89	100,00
N <sub>2</sub> /air	10,11	-
výhřevnost	31,87 MJ/kg	



# Závěr

Komplexní charakterizace poskytla konkrétní údaje pro optimalizaci a modelování pyrolýzního zpracování čistírenských kalů a jejich směsí s různými vzorky odpadů.

Čistírenské kaly jsou vhodnou surovinou pro procesy termochemické konverze s 61,2% obsahem organických látek (hmotnostní úbytek mezi 100 a 600 °C) a HHV 11,8 MJ/kg v sušině.

čistírenské kaly + vybrané odpady = úspěšná likvidace některých druhů odpadů.

Odpadní materiály (různé druhy plastů, odpadní pneumatiky a odpadní papír) byly vybrány na základě jejich dostupnosti, aby se eliminovaly náklady na dopravu, skladování a manipulaci.

Byla ověřena účinnost této metody na různých materiálech

Využití pyrolýzních produktů

# Děkuji za pozornost

doc. Ing. Iva Janáková, Ph.D.  
VŠB-TUO  
[iva.janakova@vsb.cz](mailto:iva.janakova@vsb.cz)