

**ENERGETICKÉ VYUŽÍVÁNIE ODPADOV – FIKCIA ČI REALITA?****Peter Geffert, Jarmila Geffertová**

*Najperspektívnejším obnoviteľným zdrojom pre výrobu tepla a elektriny je na Slovensku biomasa. Jej celkový ročný potenciál vhodný na energetické využitie predstavuje cca 75,6 PJ. Zdrojom biomasy sú aj odpady z priemyslu a komunálnej sféry, ktoré sú na jednej strane odpadom, no na strane druhej potenciálnym palivom a preto je nutné zaoberať sa otázkou: Čo s odpadmi, ako ich ďalej využiť?*

Kľúčové slová: čistiarenský kal, papierenský kal, výhrevnosť, obsah popola, ťažké kovy

**ÚVOD**

Komunálna sféra a priemysel produkujú čoraz viac odpadov, ktoré je nutné nejakým spôsobom eliminovať, aby sa predišlo negatívnemu tlaku na životné prostredie. Takto vzniknuté odpady končia väčšinou na ČOV vo forme čistiarenských kalov, ktorých ročná produkcia sa na Slovensku odhaduje na 50 – 60 tis. ton sušiny [1].

Čistiarenský kal je heterogénna zmes organických (živých aj neživých buniek mikroorganizmov) a anorganických látok. Organickú časť tvoria proteíny, sacharidy, tuky a anorganickú prevažne zlúčeniny kremíka, vápnika a fosforu. Okrem toho môžu obsahovať ťažké kovy, perzistentné organické látky (PCB, PCDD/F, PAU) a rôzne ďalšie organické škodliviny [2].

Pri nakladaní s kalmi z komunálnych čistiarní odpadových vôd je treba podľa Metodického pokynu MŽP SR č. 4646/2004-4 pri voľbe technológie zhodnocovania kalov postupovať tak, aby sa minimalizovali účinky negatívnych vplyvov na životné prostredie.

Za najefektívnejší spôsob nakladania s čistiarenskými kalmi sa vo všeobecnosti považuje ich aplikácia do pôdy po predchádzajúcej stabilizácii a odvodnení. V niektorých ČOV sa využíva anaeróbná stabilizácia kalu, kde pri vyšších teplotách vzniká bioplyn. V Nemecku a Rakúsku sa robí termofilná aeróbná stabilizácia kalu, kde pri vystavení teplote 60 °C dôjde k hygienizácii kalu bez zníženia jeho „hnojnej“ hodnoty.

V niektorých európskych krajinách (Švajčiarsko, Bavorsko) sa presadzuje zákaz aplikácie čistiarenskeho kalu na poľnohospodársku pôdu v dôsledku akumulácie škodlivých látok v pôde a v niektorých (Holandsko, Belgicko, Švédsko) sú maximálne povolené hraničné hodnoty tak nízke, že jeho využívanie je veľmi obmedzené [1]. Problémom pri aplikácii čistiarenských kalov na poľnohospodárske pôdy môže byť aj neprístupný terén (rozmočená pôda).

Hodnoty limitov pre koncentrácie škodlivých látok (ťažkých kovov) v čistiarenských kaloch určených pre aplikáciu v poľnohospodárstve určuje Smernica Rady 86/278/EHS a v priemyselných kompostoch STN 46 5735.

Tab. 1 Hodnoty limitov pre koncentrácie ťažkých kovov v čistiarenských kaloch určených na aplikáciu v poľnohospodárstve

	Koncentrácia ťažkých kovov [mg/kg a.s.]					
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Cr
Limit	20 - 40	1 000 - 1 750	300 - 400	750 - 1 200	2 500 - 4 000	16 - 25

Ďalšou možnosťou nakladania s čistiarenským kalom je jeho energetické zhodnotenie spaľovaním, kde odpadom sa stáva popol, v ktorom sa skoncentrujú prípadné ťažké kovy.

Túto oblasť legislatívne upravuje zákon č. 478/22 Z.z. o ochrane ovzdušia a vyhláška č. 706/2002 Z.z., ktorej V. časť „Spaľovanie a spoluspaľovanie odpadov“ je venovaná problematike energetického zhodnocovania odpadov.

Čistiarenský kal obsahuje veľký podiel vody a jeho samostatné spaľovanie pri nedostatočnej sušine, nie je možné. Hodnota výhrevnosti čistiarenských kalov je závislá od obsahu vody a pohybuje sa v rozmedzí 2 – 12 MJ.kg<sup>-1</sup> [3], 7 – 10 MJ.kg<sup>-1</sup> [2], 8 – 10 MJ.kg<sup>-1</sup> [4]. Úspešne bolo odskúšané aj spoločné spaľovanie hnedého uhlia s čistiarenským kalom [5].

Z technického hľadiska existujú dva modely spaľovania čistiarenských kalov, a to spaľovanie vysušeného kalu a spaľovanie vlhkého kalu s iným palivom. Z termodynamického hľadiska vzhľadom na výslednú energetickú bilanciu sú oba spôsoby rovnocenné. Vo väčšine prípadov spaľovanie čistiarenských kalov vychádza so zápornou energetickou bilanciou.

Výhodou spaľovania čistiarenských kalov je značná redukcia ich objemu a hmotnosti v porovnaní s pôvodným množstvom.

V súčasnosti sa spaľovanie čistiarenských kalov považuje za moderný spôsob likvidácie odpadov. Tento spôsob zneškodňovania čistiarenských kalov prináša tiež množstvo environmentálnych rizík vo vzťahu k ochrane ovzdušia (CO, PAH, PCDD/F) a likvidácie tuhých odpadov.



Obr. 1 Pelety z čistiarenských kalov

Vhodnou technologickou úpravou čistiarenských kalov pred ich spaľovaním je peletizácia. Peletizácia prináša celý rad výhod, nakoľko dochádza k zníženiu objemu kalu, zníženiu jeho prašnosti, k zlepšeniu jeho prepravy a skladovania, k homogenizácii (veľkosť, tvar, špecifická hmotnosť) a zároveň sa zamedzí zlepšovaniu častíc pri skladovaní, manipulácii a aplikácii.

V prípade nevyužitia čistiarenských kalov na aplikáciu do pôdy alebo na spálenie sa čistiarenský kal skládkuje. Na Slovensku sa skládkuje približne 30 % čistiarenských kalov, čo v ročnom bilančnom množstve predstavuje takmer 20 000 ton čistiarenských kalov vyjadrených v sušine a v mokrom stave to predstavuje približne 100 000 ton odpadov ročne [4]. Skládkovanie čistiarenských kalov má v súčasnosti klesajúci trend.

## EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

V experimentálnej časti práce bolo stanovené spaľovacie teplo a množstvo popola z peliet pripravených z čistiarenských kalov, zo smrekových pilín a zmesi smrekových pilín a smrekovej kôry (A - piliny zo smrekového dreva, B – piliny zo smrekového dreva a smrekovej kôry v pomere 1:2, C – piliny zo smrekového dreva a smrekovej kôry v pomere 1:4), z papierenských kalov a ich zmesi so smrekovými pilinami v pomere 1:1 a 1:2.

Spaľovacie teplo bolo stanovené v kalorimetrickom zariadení typu KL5 a predstavuje množstvo tepla, ktoré sa uvoľní pri dokonalom spálení hmotnostnej jednotky horľavej látky v čistom kyslíku pri určitom tlaku. Obsah popola bol vyjadrený ako nespáliteľný zvyšok po spálení vzorky v kalorimetri na pôvodnú navážku vzorky.



Obr. 2 Pelety zo smrekových pilín a s prímiesou smrekovej kôry

Zároveň bol stanovený aj obsah anorganických prvkov (ťažkých kovov) v peletách z čistiarenských kalov a papierenských kalov metódou AES ICP (metóda atómovej emisnej spektrometrie).

### VÝSLEDKY

Namerané hodnoty spaľovacieho tepla jednotlivých vzoriek peliet sú uvedené v Tab. 2 a v Tab. 5.

Spaľovacie teplo peliet z čistiarenských kalov predstavuje cca 60 % spaľovacieho tepla peliet zo smrekových pilín v absolútne suchej a vzduchosuhej forme. Pelety z čistiarenských kalov obsahujú vysoký anorganický podiel. Popol predstavuje až 38,7 % hmotnosti a.s. peliet.

Najvyššie spaľovacie teplo ( $19,8 \text{ MJ.kg}^{-1}$ ) a najnižší obsah popola (0,2 %) majú pelety zo smrekových pilín.

Zvyšovaním obsahu kôry v peletách sa hodnota spaľovacieho tepla znižuje a zvyšuje sa podiel popola.

Negatívny vplyv na hodnoty spaľovacieho tepla má okrem popola aj zvýšená vlhkosť.

Tab.2 Spaľovacie teplo a množstva popola vo vzorkách peliet

Vzorka	Vlhkosť [%]	Spaľovacie teplo [ $\text{MJ.kg}^{-1}$ ]	Popol [%]
Pelety – z čistiarenských kalov	0	11,614	38,76
	7,2	11,363	37,84
Pelety A (piliny - SM drevo)	0	19,837	0,22
	7,8	18,965	0,34
Pelety B (piliny – SM drevo a kôra 1:2)	0	19,474	1,15
	6,4	19,087	1,35
Pelety C (piliny – SM drevo a kôra 1:4)	0	19,179	2,93
	6,2	18,680	2,53
Pelety - zmes 1 a 2 v pomere 1:1	7,5	15,179	18,77

Primiešaním peliet zo smrekových pilín s vyšším spalným teplom a nižším obsahom popola k peletám z čistiarenských kalov sa úmerne zvýšilo spaľovacie teplo a znížil sa obsah popola.

Podobné výsledky by sa dosiahli spaľovaním čistiarenských kalov so slamou alebo láskavcom (*Amaranthus*, L.)

Tab. 3 Spaľovacie teplo a množstvo popola vo vybraných vzorkách fytohmoty

Vzorka	Vlhkosť [%]	Spaľovacie teplo [MJ.kg <sup>-1</sup> ]	Popol [%]
Slama	0	18,133	2,64
	9,0	16,670	2,70
Láskavec ( <i>Amaranthus</i> , L.)	0	16,383	3,69
	7,4	15,998	5,95

Porovnaním obsahu ťažkých kovov stanovených v sledovanej vzorke peliet z čistiarenských kalov (tab. 4) a papierenských kalov (tab. 6) s limitovanými hodnotami pre koncentráciu ťažkých kovov v čistiarenských kaloch určených na aplikáciu v poľnohospodárstve (tab. 1) možno konštatovať, že okrem obsahu chrómu v čistiarenských kaloch je obsah ostatných ťažkých kovov pod spodnou hodnotou limitu.

Tab. 4 Obsah ťažkých kovov vo vzorke peliet z čistiarenských kalov

Vzorka	Obsah ťažkých kovov [mg/kg]						
	Cr	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Mn
Pelety z ČOV	36,4	269,0	1 119,0	8,4	0,1	21,0	161,0

Ďalšou skupinou sledovaných odpadov boli papierenské kaly. Neustále rastúca spotreba papiera a lepenky a recyklácia papiera (zhodnocovanie zberového papiera – odpadu) vedie k zvyšovaniu množstva sekundárneho odpadu – papierenských kalov. Papierenský kal predstavuje heterogénnu zmes rôznych organických a anorganických látok prírodného alebo syntetického pôvodu. Kaly sú tvorené nezachytenými vláknami z výroby a celým radom pomocných papierenských prostriedkov (plnivá, glejivá, farbivá, opticky zjasňujúce prostriedky, retenčné a dispergačné prostriedky) použitých pri výrobe papiera.

Medzi možnosťami zhodnotenia papierenských kalov patrí spracovanie v tehelniciach, výroba aglomerovaných materiálov, kompostovanie, fermentácia sacharidického podielu, spaľovanie a skládkovanie.

V praxi sa kaly môžu spaľovať samostatne priamo bez úpravy, alebo sa upravujú do podoby energetických peliet upravených na sušinu minimálne 50 %. Oveľa efektívnejšie sa javí ich energetické zhodnotenie s ďalšími produkovanými odpadmi ako sú drevné piliny, príp. dezintegrovaná kôra drevín.

Tab. 5 Spaľovacie teplo a množstvo popola

Vzorka	Vlhkosť [%]	Spaľovacie teplo [MJ.kg <sup>-1</sup> ]	Popol [%]
Papierenské kaly	0	5,820	54,26
Papierenské kaly + smrekové piliny v pomere 1 : 1	0	11,880	19,75
Papierenské kaly + smrekové piliny v pomere 1 : 2	0	14,361	13,10

Tab. 6 Obsah ťažkých kovov

Vzorka	Obsah ťažkých kovov [mg/kg]						
	Cr	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Hg
Papierenské kaly	15,40	56,85	77,82	5,18	< 0,50	2,40	0,77

Stanovené výsledky potvrdili zvýšenú efektívnosť energetického zhodnocovania papierenských kalov spolu s inými odpadmi. Vhodnosť takéhoto zhodnotenia ovplyvňuje produkcia papierenských kalov, obsah organickej zložky, obsah ťažkých kovov, vlhkosť, obsah anorganického podielu, náklady na úpravu kalov, množstvo získanej energie, neškodnosť vplyvu vzniknutých spalín na životné prostredie a energetické zariadenie.

Environmentálny aspekt spaľovania papierenských kalov spočíva najmä v tom, že dochádza k energetickému zhodnoteniu odpadov, minimalizácii odpadov a vylúčeniu alebo obmedzeniu skládkovania organických odpadov. Nespáliteľný zvyšok (popol) možno po energetickom zhodnotení odpadov vzhľadom na ich charakter a chemické zloženie použiť na kompostovanie alebo v stavebníctve [6].

### ZÁVER

Produkcia čistiarenských kalov by mala v blízkej budúcnosti rásť v dôsledku budovania verejných kanalizácií a čističiek odpadových vôd do konca r. 2010 pre všetky aglomerácie nad 10 000 obyvateľov a do konca r. 2015 pre všetky aglomerácie nad 2 000 obyvateľov.

Zároveň je povinnosťou primátorov a starostov vypracovať energetickú koncepciu pre mestá a obce, ktorá by zabezpečila ich tepelnú sebestačnosť. Vypracovanie takejto koncepcie nariaďuje zákon o tepelnej energetike. Mesto a obec bez tepelnej koncepcie má minimálnu šancu získať v tejto súvislosti peniaze z eurofondov [7].

Výhodné by bolo spojiť obe požiadavky a zapracovať energetické využitie čistiarenských kalov v kombinácii s miestne dostupnou fytoomasou do energetickej koncepcie miest a obcí.

POĎAKOVANIE: tento článok bol podporovaný grantom číslo 1/3513/06 z grantovej agentúry VEGA a EC projektu: číslo 012429 - BIOPROS "Riešenia pre bezpečnú aplikáciu odpadových vôd a kalov pre vysoko účinnú produkciu biomasy z plantáží rýchlorastúcich drevín".

### POUŽITÁ LITERATÚRA:

- [1] KARKULÍN, D. (2007): *Čistiarenské kaly – pre niekoho hodnotné hnojivo, pre iných nebezpečný odpad*, [www.agromagazin.sk/data/05/cele/cela02.php](http://www.agromagazin.sk/data/05/cele/cela02.php), 14. 6. 2007
- [2] Milčák, P. (2003): *Možnosti termického využívání kalů v kotli s cirkulující fluidní vrstvou*, In: „Energie z biomasy – seminář 2003“, Brno, s 67 – 71, ISBN 80-214-3067-2
- [3] ROUBÍČEK, V. a kol. (2003): *Modelový výzkum energetického využití alternativních paliv*, In: „Acta Mechanic Slovaca“, s. 153 – 158, 3/2003
- [4] DEMKO, J. (2003): *Environmentálne aspekty zhodnocovania a zneškodňovania čistiarenských kalov*, Výskumný ústav vodného hospodárstva, 2003, 1. vyd., ISBN 80-89062-30-X
- [5] CEMERKOVÁ, A. (2003): *Energetické využití a likvidace směsi čistiarenských kalů, biomasy a hnědého uhlí spalováním v reaktoru s cirkulující fluidní vrstvou*, In: „Energie z biomasy – seminář 2003“, Brno, s 7 – 12, ISBN 80-214-3067-2
- [6] GEFFERT, A., GEFFERTOVÁ, J. (2004): *Možnosti zhodnotenia zberového papiera a kalov z jeho spracovania v podmienkach SR*, In: „ODPADY 2004“, Spišská Nová Ves, 2004, s. 156 – 163, ISBN 80-968214-4-X
- [7] KOŠÍK, M. (2007): *Zanedbaná povinnosť*, TV Markíza, 5. 6. 2007, <http://video.markiza.sk/?31337v%5B%5D=16655&31337p=1&31337d=05.06.2007&submit.x=54&submit.y=8>

