

## HODNOTENIE STAVU PÔDNEJ HYGIENY PO APLIKÁCIÍ BIOKALU

### VALUATION OF SOIL HYGIENE AFTER BIOSLUDGE APPLICATION

**Tóth Tomáš – Bajčan Daniel – Trebichalský Pavol – Lazor Peter – Čéry Juraj –  
Melicháčová Silvia – Peltznerová Linda**

**ABSTRAKT** Biosludge is a product which is arisen by biogas production after continual cofermentation of animal excrements and plant remains. Thus gained biosludge is possible to applicate into soil as alternative fertilizer which has its characteristic properties, but also its risks. From the consumer's point of view, determining features of sludges lie in their advantageous fertilizing effect by content influence of : organic matter, macro and microelements. With the application of biosludge is connected also the possible risk of risk elements input into soil. Their amount and form in interoperation with soil properties can represent the risk of their input into plant comodities grown on these soils. Microelements present in sludges could positively influence their supply in soil. But they present also the risk in practise, because the microelements content is often high (Cu, Zn, Mo); the same for Pb, Cr, Ni, Hg, Cd and As. Just the heavy metals content and the toxic elements limit the biosludge applicability as fertilizing substrate. Soils must correspond with criterias, i.e. proper pH, sorption capacity, harmful compounds content in soil and in sludges, etc. On the base of gained results it could be stated, that in observed soils there is enhanced total content of Cd and Ni. Ni and Cd are the most represented in residual form to soil, which is not acceptable for plants.

**KLÚČOVÉ SLOVÁ** – biosludge, soil hygiene, heavy metals, cadmium, lead

**ÚVOD** Využívaním alternatívnych zdrojov energie sa získava značné množstvo vedľajšieho produktu, ako je biokal. Biokal, vyhnutý substrát, je produktom, ktorý vzniká pri výrobe bioplynu po kontinuálnej kofermentácii živočíšnych exkrementov a rastlinných zvyškov. Takto získaný biokal je možné aplikovať na pôdu ako alteratívne hnojivo. S aplikáciou biokalu súvisí aj možné riziko vstupu rizikových prvkov do pôdy. Ich množstvo a forma v súčinnosti s pôdnymi vlastnosťami môže predstavovať riziko ich vstupu do rastlinných komodít, pestovaných na týchto pôdach. Mikroelementy zastúpené v kaloch môžu priaznivo ovplyvňovať ich zásobu v pôde. V praxi však predstavujú riziko, nakoľko obsah mikroelementov je často vysoký. Práve obsah ťažkých kovov a toxických prvkov limituje použiteľnosť biokalov, ako hnojivého substrátu. Bioakumuláciou dochádza často k fyzikálnym zmenám, napríklad k redukcii alebo oxidácii kovov, ale aj k ich metylácii, čím sa výrazne menia ich fyziologické účinky. V zmesiach sa toxické účinky jednotlivých kovov môžu navzájom zosilňovať (synergizmus), ale tiež zoslabovať (antagonizmus). Na ornú pôdu je možné priamo aplikovať tekuté, alebo odvodnené kaly podľa nárokov poľnohospodárskych plodín. Pôdy musia vyhovovať kritériám, t.j. vhodné pH, sorpčná kapacita, obsah škodlivín v pôde i v kaloch a pod. Kritériá na obsah rizikových prvkov v aplikovaných kaloch predpisuje Zákon č. 188/2003 o aplikácii kalov a dnových sedimentov a Zákon č. 223/2001 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov.

**MATERIÁL A METÓDY** Výskum sa realizoval v rámci projektu VEGA a KEGA, ako poloprevádzový pokus na Výskumnej báze SPU v Nitre na VVP Kolíňany. Na parcelu

sa aplikoval biokal v dávke 50 ton na hektár v jarnom a v jesennom období. Kal sa získal ako vedľajší produkt bioplynovej stanice na VVP Kolíňany po kontinuálnej kofermentácii živočíšnych exkrementov a rastlinných zvyškov. Analýza aplikovaného kalu sa uskutočnila kalu na KCH FBP SPU v Nitre a výsledky boli vyhodnotené podľa zákona č. 188/2003 o aplikácii kalu na ornú pôdu. V rámci sledovaného a realizovaného pokusu sa sledoval vplyv obsahu ťažkých kovov (kadmium, olovo) v pôde po aplikácii biokalu, kde ako kontrolný variant sa použila časť pozemku s rozmermi 18 x 100 metrov, kde kal aplikovaný nebol. Odber pôdnych vzoriek sa uskutočnil po ukončení vegetačného obdobia.

**VÝSLEDKY A DISKUSIA** Rozbor aplikovaného biokalu sa uskutočnil pred jeho aplikáciou do pôdy. Analýza obsahu sledovaných rizikových prvkov preukázala, že medzná hodnota stanovená zákonom nebola prekročená ani u jedného zo sledovaných prvkov (tab.1).

**Tab. 1** Obsah ťažkých kovov v aplikovanom biokale a porovnanie s medznými hodnotami (podľa Zákona 188/2003 Z.z.) v  $\text{mg.kg}^{-1}$

	Popol %	Sušina %	Pb	Cd
vstup	27,31	4,72	6,6	0,74
výstup	47,98	7,12	6,7	1,41
medzná hodnota			750	10

**Vstup** – nevyhnutý substrát      **Výstup** – vyhnitý substrát

V substráte, získanom po kontinuálnej výrobe bioplynu sme zistili, v procese „vyhňovania“ prišlo k nárastu podielu popola a sušiny. V prípade rizikových prvkov sme zistili, že zastúpenie olova a kadmia bolo vo vyhnutom substráte vyššie, ako vo vstupnom substráte. Uvedené obsahy sledovaných rizikových prvkov sú rádovo nižšie, ako je medzná hodnota pre ich obsah uvedený v zákone. Priemerný obsah olova v biokale predstavuje len 0,88 % podiel v porovnaní s limitnou (medznou) hodnotou, a priemerný obsah kadmia v biokale predstavuje 10,75 % podiel z medznej hodnoty. Ako z vyššie uvedeného vyplýva, aplikovaný biokal z hľadiska obsahu kadmia a olova spĺňal legislatívne stanovené limitné hodnoty a je vhodný na aplikáciu do poľnohospodárskej pôdy. Pri hodnotení obsahu sledovaných ťažkých kovov v pôde vychádzame z Vyhlášky MP SR č. 531/1994 – 540, ktorá hodnotí stav pôdnej hygieny na základe zistení celkového obsahu rizikového prvku v pôde a v porovnaní s limitnou (klarkovou) hodnotou, ktorá sa stanovuje rozkladom pôdnej vzorky zmesou kyselín HCl + HF + HNO<sub>3</sub> a stanovení potencionálne mobilnej formy prvku v pôde stanovenou vo výluhu 2M HNO<sub>3</sub>. Z výsledkov stanovení celkových obsahov olova a kadmia v pôde vyplýva, že obsah olova v pôde je nižší ako je legislatívou stanovená limitná hodnota pre tento prvok, v prípade kadmia bola limitná hodnota prekročená v celom súbore analyzovaných vzoriek pôd. Ako z tabuľky 2 vyplýva, aplikáciou biokalu neprišlo k zvýšeniu obsahu týchto prvkov v pôde v porovnaní s kontrolným variantom v preukaznej miere. Interval obsahov týchto prvkov v jednotlivých pôdnych vzorkách je vyrovnaný a rozdiely sú minimálne, čo je dôsledkom diferenciácie jednotlivých pôdnych vzoriek ako aj povoleným a tolerovateľným chybám pri chemickej analýze daných vzoriek pri použití danej analytickej metódy. Priemerná hodnota celkového olova v pôde bola vo všetkých analyzovaných vzorkách nižšia ako je limitný obsah ( $35 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), priemerný obsah je  $31.92 \text{ mg.kg}^{-1}$ , čo predstavuje 91,20 % úroveň limitnej hodnoty.

**Tab. 2** Celkový obsah ťažkých kovov v pôde a porovnanie s limitnými hodnotami (podľa Vyhlášky MP SR 531/1994-540) v  $\text{mg.kg}^{-1}$ 

Variant		Pb	Cd
1	kontrola	31,20	<b>1,18</b>
	kal jeseň	28,40	<b>1,08</b>
	kal jar	27,20	<b>1,04</b>
2	kontrola	33,20	<b>1,16</b>
	kal jeseň	31,20	<b>1,20</b>
	kal jar	29,20	<b>1,04</b>
3	kontrola	33,60	<b>1,20</b>
	kal jeseň	34,80	<b>1,16</b>
	kal jar	32,00	<b>1,20</b>
4	kontrola	32,80	<b>1,24</b>
	kal jeseň	32,80	<b>1,16</b>
	kal jar	32,80	<b>1,08</b>
<b>Limitná hodnota</b>		<b>35</b>	<b>0,8</b>

Celkový obsah kadmia v pôdach vo všetkých analyzovaných vzorkách je vyšší, ako je limitná hodnota ( $0,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) pre obsah Cd v pôdach. Priemerná hodnota je  $1,15 \text{ mg.kg}^{-1}$ , čo je 43,38 % prekročenie limitnej hodnoty. Z hľadiska celkového hodnotenia možno konštatovať, že sledované pôdy sú z hľadiska obsahu kadmia rizikové a je reálne riziko vstupu kadmia do potravinového reťazca človeka cez produkty rastlinnej výroby, ktoré sa vyznačujú zvýšenou schopnosťou kumulácie kadmia v nadzemnej biomase. V tabuľke 3 sú uvedené obsahy sledovaných ťažkých kovov stanovených vo výluhu 2M  $\text{HNO}_3$  a predstavujú tzv. **potenciálne mobilizovateľné formy** ťažkých kovov a zahrňujú rôzne frakcie prvkov z hľadiska ich rozpustnosti.

**Tab. 3** Obsah potencionálne mobilných foriem ťažkých kovov v pôde a porovnanie s limitnými hodnotami (podľa Vyhlášky MP SR 531/1994-540) v  $\text{mg.kg}^{-1}$ 

Variant		Pb	Cd
1	kontrola	10,50	0,210
	kal jeseň	10,26	0,202
	kal jar	9,64	0,222
2	kontrola	10,02	0,190
	kal jeseň	10,78	0,208
	kal jar	10,76	0,228
3	kontrola	10,20	0,246
	kal jeseň	9,92	0,202
	kal jar	10,08	0,214
4	kontrola	1,48	0,216
	kal jeseň	9,04	0,182
	kal jar	11	0,232
<b>Limitná hodnota</b>		<b>30</b>	<b>0,3</b>

Extrakcia zriedenou 2M  $\text{HNO}_3$  sa používa k posúdeniu možnej kontaminácie pôd niektorými rizikovými kovmi v rámci limitných hodnôt rizikových prvkov. Analytická metóda stanovenia je plameňová AAS podľa metodiky VÚPOP. Z dosiahnutých výsledkov vyplýva, že ani v jednom prípade, v žiadnej analyzovanej vzorke, u žiadneho sledovaného prvku nebola limitná hodnota prekročená.

Priemerné obsahy potenciálne mobilných foriem za celý sledovaný súbor sledovaných ťažkých kovov v porovnaní s limitnými hodnotami a vyjadrenie

percentuálneho podielu z limitnej hodnoty je uvedené v tabuľke 4. Z hľadiska celkového obsahu a obsahu potencionalne mobilných foriem rizikových prvkov je dôležitá skutočnosť, je hoci je limitná hodnota pre celkový obsah kadmia prekročená, ide o formy tohto prvku, ktoré nie sú pre rastliny prijateľné. To dokumentuje práve ich obsah stanovený vo výluhu 2 M HNO<sub>3</sub>; tj. že obsah prístupných foriem kadmia je nižší ako je legislatívna limitná hodnota a riziko jeho vstupu do rastlinnej produkcie je nízke.

**Tab. 4** Obsah potencionalne mobilných foriem ťažkých kovov v pôde, porovnanie s limitnými hodnotami (podľa Vyhlášky MP SR 531/1994-540) v mg.kg<sup>-1</sup>

parameter	Pb	Cd
priemerná hodnota	10,22	0,211
limitná hodnota	30,00	0,30
<b>% z limitnej hodnoty</b>	<b>34,09</b>	<b>70,26</b>

**ZÁVER** V predkladanej práci sme sa zaoberali posudzovaním vplyvu aplikácie biokalu, ako organického doplnkového hnojiva, vyrobeného po kontinuálnej kofermentácii rastlinných a živočíšnych zvyškov na bioplynovej stanici na Výskumnej báze SPU v Kolíňanoch. Biokal sa aplikoval na poloprevádzkovom pokuse na VVP Kolíňany v dávke 50 t.ha<sup>-1</sup> v troch variantoch : kontrolný variant : bez aplikácie biokalu a varianty s aplikáciou kalu v jesennom období pred hlbokou orbou a na jar, kde sa kal aplikoval pred predsejbovou prípravou pôdy. Hodnotili sme vplyv aplikovaného kalu z hľadiska možného vstupu kadmia a olova do pôdy. Na základe stanovení a analýz možno vyvodiť nasledujúce závery :

1. analýzou biokalu sme zistili, že obsah kadmia aj olova v aplikovanom substráte je nižší ako je medzná hodnota pre obsah ťažkých kovov stanovená zákonom. Z pohľadu obsahu kadmia a olova je biokal vhodný pre aplikáciu do pôdy ako doplnkové organické hnojivo,
2. obsah Pb v pôde je nižší ako je legislatívne stanovená limitná hodnota (kontrolný variant) a aplikáciou biokalu neprišlo k zvýšeniu jeho obsahu v pôde,
3. analýzou pôdnej vzorky v kontrolnou variante sme zistili, že celkový obsah kadmia je vyšší ako je limitná hodnota. Z tohto pohľadu hodnotíme pôdy ako rizikové.

Na základe analýz a zistení možno konštatovať, že aplikácia biokalu nemala preukazne negatívny účinok na zvýšenie obsahu rizikových prvkov v pôde a na príjem ťažkých kovov pestovanými plodinami. Zvýšené obsahy najmä Cd boli v dôsledku vysokého obsahu tohto prvku v pôde. Aplikácia kalu na pôdu, ako doplnkového organického substrátu, môže mať pozitívny vplyv na zvýšenie podielu organickej hmoty v pôdy, ako významného faktora eliminujúceho príjem ťažkých kovov pestovanými plodinami.

## LITERATÚRA

ÁRVAY, J. – HARANGOZO, L. 2006. Vplyv pôdnych vlastností na ekotoxicitu ťažkých kovov v kukurici siatej (*Zea mays*). In: Bezpečnosť a kontrola potravín (zborník prác). 2006. s.103-106. ISBN 80-8069-681-0

ÁRVAY, J. – STANOVIČ, R. – HARANGOZO, Ľ. 2006. Riziká metalickej kontaminácie v alúviu Štiavnického potoka. In: Veda mladých 2006 (Zborník abstraktov zo 4. vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou). Nitra: SPU, 2006. s. 55. ISBN 80-8069-742-6

HARANGOZO, Ľ - MUSILOVÁ, J. - BYSTRICKÁ, J. 2006: Obsah rizikových ťažkých kovov vo vzťahu k obsahu polyfenolov v prose siatom (*Panicum miliaceum* L.). In: VITAMINS 2006 (Zborník abstraktov), Pardubice, 2006, s. 109, ISBN 80-7194-855-1

HARANGOZO, Ľ. 2006. Vplyv pôdnych vlastností na ekotoxicitu rizikových ťažkých kovov. In: VII. Vedecká konferencia doktorandov a mladých vedeckých pracovníkov, (zborník abstraktov). Nitra : UKF, 2006, s. 34. ISBN 80-8050-960-3

HRONEC, O. – TÓTH, J. – TOMÁŠ, J. 2002. Cudzorodé látky a ich riziká. Košice: Harlequin Quality, 2002, 200 s. ISBN 80-968824-0-4

STANOVIČ, R. – BYSTRICKÁ, J. 2006. Vplyv kadmia ako karcinogénneho prvku na úrodu laskavca. In: Výživa a potraviny pre tretie tisícročie „Výživa a nádorové ochorenia“. (Zborník z vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou, CD) Nitra : SPU, 2006. s 230-233. ISBN 80-8069-775-2

STANOVIČ, R. – TOMÁŠ, J. – ÁRVAY, J 2006. Kumulácia mangánu, chrómu a kadmia laskavcom. In: Bezpečnosť a kvalita surovín a potravín. (Zborník z II. vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou, CD). Nitra : SPU, 2006, s. 438-443. ISBN 80-8069-767-1

TOMÁŠ, J. – VOLLMANNOVÁ, A. – TÓTH, T. a i. 2003. Liming of extremly acid soil in relation to soil hygiene. In: Chemické listy, roč. 97, 2003, č. 8 s. 801

TÓTH, T. – TOMÁŠ, J. – VOLLMANNOVÁ, A. a i. 2004. Kontaminácia pôd v okolí chemického závodu Chemko Strážske. In: Chemické listy, roč. 98, 2004, č. 8, s. 1063

Zákon NR SR č. 188/2003 Z.z. o aplikácii čistiarenskeho kalu a dnových sedimentov do pôdy a o doplnení zíkova č. 223/2001 Z.z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov.

**KONTAKTNÁ ADRESA** : Mgr. Ing. Tóth Tomáš, PhD., RNDr. Bajčan Daniel, PhD., Ing. Trebichalský Pavol, PhD., Mgr. Ing. Lazor Peter, PhD., Ing. Čéry Juraj, Ing. Melicháčová Silvia, PhD., Ing. Peltznerová Linda, Katedra chémie, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 01 Nitra, e-mail : tomas.toth@uniag.sk

Tento príspevok vznikol pomocou projektu VEGA č. 1/4414/07 a KEGA č. 3/4283/06