



ANALÝZA VYUŽITIA ČISTIARENSKÉHO KALU

DAGMAR SAMEŠOVÁ - ANNA ĎURICOVÁ

ANALYSIS OF THE USE OF SEWAGE SLUDGE

ABSTRAKT

Príspevok je zameraný na analýzu súčasného stavu nakladania s čistiarenskými kalmi v regióne Banská Bystrica a zhodnotenie potenciálu pre energetické využitie kalov prostredníctvom výroby bioplynu. Príspevok sa zaoberá problematikou čistiarenských kalov v čistiarniach odpadových vôd, ich pôvode a možnostiach, ako ho využívať v súlade s platnými právnymi predpismi Slovenskej republiky.

Príslušné slová: čistiarne odpadových vôd, odpadové kaly, bioplyn, ťažké kovy

ABSTRACT

The management of sewage sludges in water treatment plants of Banská Bystrica region. The paper deals with the problems of sewage sludge in wastewater treatment plants, its origin and possibilities how to use it in accordance with the current legislation of the Slovak Republic. We described radioactive pollution of sewage sludges. The paper consists of review of sludge production and its usage in the Slovak Republic and in selected states of the European Union. The paper deals with the sludge treatment in selected wastewater treatment plants in Banská Bystrica region in the context of biogas production and its usage by the help of the electricity and heat production.

Key words: wastewater treatment plant, sewage sludge, biogas, heavy metals

Úvod

Príspevok je zameraný na analýzu súčasného stavu nakladania s čistiarenskými kalmi v regióne Banská Bystrica a zhodnotenie potenciálu pre energetické využitie kalov prostredníctvom výroby bioplynu.

Čistiarenský kal možno definovať ako zložitú suspenziu tuhých anorganických a organických látok a koloidov, ktoré sa oddelili v priebehu procesu čistenia z odpadových vôd. Čistiarenské kaly obsahujú základné živiny, stopové prvky, ale aj rôzne toxické chemické látky či patogénne mikroorganizmy. V kaloch je skoncentrovaných okolo 50 až 80 % pôvodného znečistenia odpadových vôd. Podľa toho, kde kaly na čistiarniach odpadových vôd (ČOV) vznikajú, delia sa na kal primárny a sekundárny. **Primárny kal** obsahuje usaditeľné látky obsiahnuté v odpadovej vode (kal z primárnych usadzovacích nádrží), má spravidla zrnitú štruktúru, sušina sa pohybuje v rozpätí 2 až 50 g.l⁻¹. Sekundárny kal (prebytočný) je tvorený zmesou mikroorganizmov a usaditeľných látok z biologického stupňa ČOV. Tento kal sa odvádza z dosadzovacích nádrží, jeho koexistencia je vložkovitá, zloženie ovplyvňuje spôsob čistenia a vstupná odpadová voda. Primárny a sekundárny kal sa označuje ako tzv. surový. **Surový kal** je mikrobiálne stále aktívny, môže obsahovať patogénne mikroorganizmy, celkový obsah organických látok v sušine je okolo 70 %. Stabilizáciou sa rozložiteľné organické látky odbúrajú, kal sa môže odvodniť a považuje sa za zdravotne neškodný. Stabilizácia kalov sa vykonávala v minulosti hlavne aeróbne na kalových poliach, postupne sa na ČOV na území Slovenska zaviedla anaeróbna stabilizácia kalov – metanizácia, kedy je výsledným produktom bioplyn a stabilizovaný kal. Metanizácia je v EÚ najrozšírenejším procesom stabilizácie kalov, pri ktorej sa využije 40 % organických látok prítomných v surovom kale (Gray, 2005). Stabilizácia kalov nemusí bezpodmienečne znamenať aj hygienizáciu, t. j. aj v stabilizovanom kale môžu byť stále prítomné patogénne mikroorganizmy v nadlimitnom množstve.

Produkcia čistiarenských kalov v SR

Podľa údajov SHMÚ (2013) je na Slovensku ročne vypúšťaných takmer 710 mil. ton odpadových vôd z bodových zdrojov do povrchových tokov. Z tohto množstva je približne 85 % odpadových vôd čistených, pričom najväčší podiel majú splaškové a komunálne odpadové vody. Štandardne sa splaškové (komunálne) odpadové vody čistia mechanicko-biologickým spôsobom. Sprievodným javom tohto čistenia je produkcia kalov. V roku 2013 predstavovala celková produkcia kalu v SR 57 433 t sušiny. Podľa MŽP SR a VÚVH sa z celkového množstva sušiny kalu využilo v pôdnych procesoch až 45 779 t (79,71 %), dočasne sa uskladnilo 4 980 t (8,67 %) a na skládky sa uložilo 1 666 t sušiny kalu (2,9 %). Priamo do poľnohospodárskej pôdy sa kal aplikoval minimálne, v množstve 518 t. Pod využitím v pôdnych procesoch je zahrnutá výroba kompostu, použitých bolo 35 209 t (61,30 %) sušiny kalu, zvyšok 10 052 t sušiny kalu (17,50 %) tvorí iný spôsob využitia (rekultivácia skládok, hald, liniových stavieb, plôch a pod.). Podľa údajov zverejnených na enviroportal.sk sa energeticky zhodnocovali kaly prvýkrát v roku 2012, kedy sa využilo 3 196 t (5,44 %) a v roku 2013 to už bolo 5 008 t (8,72 %) kalov.

Dôvody, prečo nie sú kaly viac využité do pôdy sú viaceré, je to však najmä prekračovanie povolených limitov vybraných rizikových látok. Nakladanie s kalmi podľa kritérií, ktorých spoločným menovateľom je ochrana životného prostredia,

podlieha v zásade právnym predpisom podľa zákona o vodách, zákona o odpadoch a zákona o aplikácii čistiarenského kalu a dnových sedimentov do pôdy.

Produkcia čistiarenských kalov v štátoch EÚ

Pre porovnanie s domácou produkciou a spôsobmi zneškodňovania čistiarenského kalu sme vybrali susediace štáty Slovenskej republiky (Poľsko, Česká republika, Rakúsko a Maďarsko), Tabuľka 1.

Tab. 1 Celková produkcia čistiarenského kalu za roky 2008 - 2011

Štát	Celková produkcia kalu za rok [tisíc ton]			
	2008	2009	2010	2011
Slovenská republika	57,82	58,58	54,76	58,72
Česká republika	219,99	207,99	196,29	217,89
Maďarsko	172,23	149,3	170,34	168,33
Rakúsko	253,53	-	262,81	-
Poľsko	567,3	563,3	526,7	519,2

Zdroj: (Eurostat)

Tab. 2 Využitie čistiarenského kalu na poľnohospodárske účely za roky 2008 - 2011

Štát	Využitie kalu v poľnohospodárstve za rok [%]			
	2008	2009	2010	2011
Slovenská republika	0,01	0,01	1,68	0,61
Česká republika	46,84	47,58	51,23	49,67
Maďarsko	35,9	42,56	33,32	46,28
Rakúsko	15,93	-	16,87	-
Poľsko	19,74	21,85	20,75	22,38

Zdroj: (Eurostat)

V porovnaní so susednými štátmi, Slovenská republika využíva v poľnohospodárstve najmenšie percento z celkovo vyprodukovaných kalov (Tabuľka 2). V roku 2010 to bolo 1,68 % (najviac za uvedené štyri roky), avšak v nasledujúcom roku, 2011, to bolo už o 1,07 % menej. Najväčší nárast vo využívaní kalu v poľnohospodárstve spomedzi vybraných štátov zaznamenalo Maďarsko. V roku 2011 to bolo o 10,38 % viac než v roku 2008.

Tab. 3 Uloženie kalu na skládku odpadov za roky 2008 - 2011

Štát	Uloženie kalu na skládku odpadov za rok [%]			
	2008	2009	2010	2011
Slovenská republika	33,62	19,68	12,23	14,04
Česká republika	12,39	6,42	8,31	6,43
Maďarsko	14,38	7,87	1,25	1
Rakúsko	8,38	-	7,92	-
Poľsko	16,14	14,48	11,18	9,89

Zdroj: (Eurostat)

Popredné miesto Slovensko zastávalo v ukladaní odpadových kalov na skládku odpadov (Tabuľka 3), aj napriek poklesu o 19,58 % od roku 2008 po rok 2011. Všeobecne, na Slovensku je stále najpoužívanejším spôsobom zneškodňovania odpadov práve skládkovanie.

Tab. 4 Použitie kalu na kompostovanie a iné využitie za roky 2008 - 2011

Štát	Použitie kalu na kompostovanie a iné využitie za rok [%]			
	2008	2009	2010	2011
Slovenská republika	57,86	73,26	64,44	64,03
Česká republika	31,4	34,88	28,99	33,28
Maďarsko	11,31	15,02	12,95	25,38
Rakúsko	22,6	-	31,59	-
Poľsko	4,84	4,17	5,86	5,97

Zdroj: (Eurostat)

V použití čistiarenského kalu na kompostovanie a iné využitie, má Slovensko oproti susedným štátom, podľa štatistického úradu Európskych spoločenstiev, značný náskok (Tabuľka 4). V roku 2010 sme na tieto účely použili až 64,44 % z celkovej produkcie. To je v porovnaní s Rakúskom, v tom istom roku (2010), o 32,85 % viac. Mierny nárast sa podaril Českej republike (o 1,88 % viac než v roku 2008) a Poľsku (o 1,13 % viac oproti roku 2008). Maďarsko postúpilo oproti roku 2008 o 14,07 % v oblasti zhodnocovania kalov na kompostovanie.

Ťažké kovy v čistiarenských kaloch

Pokiaľ ide o kvalitu kalov používaných do pôdy vzhľadom na koncentráciu ťažkých kovov, priemerné koncentrácie v krajinách EÚ sa väčšinou nachádzajú dosť hlboko pod limitnými hodnotami stanovenými v prílohe Smernice Rady č. 86/278/EHS o ochrane životného prostredia a najmä pôdy pri použití splaškových kalov. Problémové sú oblasti, v ktorých je trvalo zvýšená koncentrácia ťažkých kovov v pôde (vode) vplyvom bývalej či súčasnej antropogénnej činnosti, resp. vplyvom prirodzene zvýšeného obsahu kovov v danom prostredí. Z tabuľky 6 vyplýva, že v sledovaných ČOV v roku 2012, na základe rozborov, nedošlo k prekročeniu limitných hodnôt obsahu ťažkých kovov v kaloch a teda sú vhodné na aplikáciu do poľnohospodárskej pôdy, avšak v súčasnosti uplatnenie veľmi závisí od miestnych podmienok.

Biopristupnosť ťažkých kovov v pôde úzko súvisí s hodnotou výmennej pôdnej reakcie (pH pôdy merané v KCl alebo v CaCl₂ forme), ako aj so sorpčnými vlastnosťami pôdy, ktoré sa prídavkom čistiarenských kalov menia. Podľa rôznych štúdií dostupnosť ťažkých kovov v pôdach klesá v poradí (Zn + Cd) > (Ni + Cu) > (Pb + Cr). V súvislosti s fyzikálno-chemickými pochodmi môže však po čase dochádzať ku kumulácii ťažkých kovov, preto je potrebné ich koncentráciu po aplikácii kalov dlhodobo sledovať. Neriadená aplikácia kalov do pôdy pred rokom 2003 viedla v niektorých lokalitách Slovenska k výraznému nárastu ťažkých kovov v pôdach (Szabová a kol., 1998). Bezpečným riešením je znížiť koncentráciu ťažkých kovov v kaloch pred vstupom do pôdy na minimum.

V samotných čistiarenských kaloch je mobilita kovov rôzna a závisí od mnohých faktorov. Výskumom, ktorý sme realizovali na Fakulte ekológie a environmentalistiky vo Zvolene, sme zistili, že kumulácia vybraných kovov (pre ktoré sú dané limity) v čistiarenských kaloch je výrazne ovplyvnená typom stabilizácie a tiež spôsobom úpravy pred odvodnením (Ďuricová, 2010). Zaznamenali sme vyššie hodnoty koncentrácií kovov v kale stabilizovanom anaeróbne ako v kale aeróbne (Tabuľka 5).

Tab. 5 Výsledky stanovenia koncentrácií ťažkých kovov v rôznych typoch kalov ČOV Banská Bystrica

	Cd	Cu	Fe	Mn	Zn
surový kal [mg/kg]	1,56 ± 0,05	202 ± 8,3	10 500 ± 450	422 ± 8,3	642 ± 5,5
aktivovaný kal [mg/kg]	1,63 ± 0,07	274 ± 10	15 200 ± 730	2 197 ± 41	7 041 ± 81
stabilizovaný anaer., bez PE [mg/kg]	2,05 ± 0,06	387 ± 14	20 480 ± 980	1 335 ± 22	937 ± 8,8
odvodnený stabiliz. anaer. s PE [mg/kg]	1,86 ± 0,03	347 ± 12	18 325 ± 800	1 312 ± 25	1 014 ± 5,8
stabilizovaný aeróbne [mg/kg]	0,64 ± 0,01	266 ± 9,5	1 405 ± 65	400 ± 7,5	1 345 ± 11

PE – polyelektrolyt, flokulant

Použitie flokulantov tiež poukazuje na ich rôzny vplyv uvoľňovania a viazania kovov v kaloch, napr. v konkrétnych podmienkach experimentov s kalom z ČOV Banská Bystrica, dvoma druhmi polyelektrolytov (644 BC silne kationový, 855 BS stredne kationový) a sledovania koncentrácie kovu v kvapalnom podiele kalu po odstredení (supernatant) bez prídavku PE a s jeho prídavkom (Tabuľka 6).

Koncentrácie kovov v supernatante pred prídavkom polyelektrolytu majú v niektorých prípadoch značné odchýlky od koncentrácií po odvodnení s prídavkom polyelektrolytu. Koncentrácia medi sa líši o viac ako 40 %, prídavkom polyelektrolytu nastáva uvoľňovanie tohto kovu do kalovej vody. Naopak kal koncentruje železo, pretože namerané koncentrácie sú v supernatantoch po prídavku polyelektrolytu nižšie. Koncentračné rozdiely pri mangáne sú nevýznamné. Zinok a nikel má rôzne hodnoty len pri použití jedného z polyelektrolytov.

Tab. 6 Výsledky stanovenia koncentrácií ťažkých kovov v supernatantoch pri rôznych podmienkach

	Co (ETA) [µg/dm ³]	Cu (FLAME) [µg/dm ³]	Fe (FLAME) [µg/dm ³]	Mn (FLAME) [µg/dm ³]	Zn (FLAME) [µg/dm ³]	Ni (ETA) [µg/dm ³]
supernatant pred prídavkom PE	< 12	162	2833	88	1733	43
supernatant po prídavku 644 BC	< 12	255	2100	95	1300	148
supernatant po prídavku 855 BS	< 12	203	2067	85	1883	40

Cd (ETA) < 0,9 [µg/dm³] pod mezou stanoviteľnosti

Výsledky hodnotenia súčasného stavu nakladania s kalmi v regióne Banská Bystrica

Prehľad súčasného stavu nakladania s kalmi v regióne Banská Bystrica udáva tabuľka 7. Uvedený prehľad je orientačný z dôvodu citlivých interných informácií.

Tab. 7 Prehľad súčasného nakladania s čistiarenským kalom v roku 2012

ČOV	Výroba bioplynu	Využitie na rekultiváciu	Množstvo kalov odovzdaných spoločnosti
	[m ³]	[t]	[t]
Banská Bystrica	826 000	0	9 248,43
Brezno	88 463	840 (rok 2011)	536,8
Lučenec	174 386	0	1 445,25
Rimavská Sobota	0	0	2 072,4
Zvolen	321 938	0	1 615,5
Žiar nad Hronom	0	0	671,4
Detva	0	0	193,85

Tab.8 Obsah ťažkých kovov v odvodnenom kale a mikrobiálny rozbor za rok 2012

Ukazovateľ	Limitné hodnoty koncentrácie [mg/kg suš.] ¹	ČOV ZV ² [mg/kg]	ČOV BB ² [mg/kg]	ČOV RS ² [mg/kg]	ČOV LC ³ [mg/kg]	ČOV DT ³ [mg/kg]	ČOV BR ² [mg/kg]	ČOV ZH ² [mg/kg]
As	20	12,00	12,50	4,53	10,16	9,90	18,00	12,00
Cd	10	0,97	1,95	0,96	1,50	1,30	1,50	1,70
Cr	1 000	36,50	29,00	28,33	34,66	32,00	47,00	45,00
Cu	1 000	195,00	465,00	<150,00	<150,00	<150,00	<150,00	<150,00
Hg	10	2,90	2,87	2,62	3,71	1,11	1,90	4,37
Ni	300	127,50	23,00	19,66	23,33	15,00	22,00	21,00
Pb	750	29,00	27,00	22,00	313,33	32,00	31,00	44,00
Zn	2 500	1200,00	920,00	583,33	1266,66	860,00	900,00	830,00
Ukazovateľ	Limitné hodnoty [KTJ/g suš.] ¹	ČOV ZV ² [mg/kg]	ČOV BB ² [mg/kg]	ČOV RS ² [mg/kg]	ČOV LC ³ [mg/kg]	ČOV DT ³ [mg/kg]	ČOV BR ² [mg/kg]	ČOV ZH ² [mg/kg]
Termotolerantné koliformné baktérie	2.10 ⁶	827 585	17 068	504 933	204,66	-	410 600	-
Fekálne streptokoky	2.10 ⁶	243 190	22 700	216 796	2 350,33	-	87 980	-

¹ limitné hodnoty podľa prílohy č. 2 zákona č. 188/2003 Z. z. o aplikácii čistiarenského kalu a dnových sedimentov do pôdy v znení neskorších predpisov

² strojne odvodnený kal

³ kal z kalových poli

Z Tabuľky 8 vyplýva, že vo vybraných ČOV v roku 2012, na základe rozborov, nedošlo k prekročeniu limitných hodnôt obsahu ťažkých kovov v kaloch a teda sú vhodné na aplikáciu do poľnohospodárskej pôdy, avšak v súčasnosti uplatnenie veľmi závisí od miestnych podmienok.

Potenciál kalu pre výrobu bioplynu a energetické využitie

Potenciál výroby bioplynu bol vypočítaný (Tabuľka 9) na základe prepočtu vzniknutých kalov a optimálnej produkcie bioplynu vo vyhnivacej nádrži. Produkcia bioplynu vo vyhrievaných anaeróbných stabilizačných nádržiach pri 33 – 40°C je 750 litrov bioplynu z 1 kg odstránenej organickej sušiny zmiešaného primárneho a prebytočného kalu. Orientačná doba stabilizácie je 11 až 20 dní v závislosti od teploty. (Drtil, Hutňan, 2007) Ďalej sme ráтали s výhrevnosťou bioplynu 23 MJ/m³. ČOV Žiar nad Hronom, Detva a Rimavská Sobota bioplyn neprodukujú, preto sme určili potenciál výroby, ak by sa táto časť stanice doplnila. V prípade vyššej produkcie sa prebytok spaľuje v horáku zbytkového plynu. Robí sa tak najmä počas letných mesiacov.

Výhrevnosť zemného plynu34,25 MJ/ m³ = cca 9,51 kWh

Výhrevnosť bioplynu23 MJ/m³ = cca 6,38 kWh

Tab. 9 Bioplyn – produkcia, potenciál, úspora

ČOV	BB	LC	ZH	BR	DT	ZV	RS
Produkcia BP [GJ]	18 998	4 010,878	-	2 034,64	-	7 404,57	-
Potenciál výroby	22 908	4 986,11	1 942	3 054,97	2 192,30	9 336,5	6 491,03

BP v [GJ]							
Potenciál BP v [MWh]	6 363,33	1 385,03	539,44	848,60	608,97	2 593,47	1 803,06

Energetickú sebestačnosť sme percentuálne vyhodnotili v Tabuľke 10. Je to údaj, ktorý vyjadruje použitie energie na výrobu elektrickej energie aj tepla dohromady. Preto pri ČOV Banská Bystrica, Lučenec a Zvolen je v zátvorke uvedené, koľko sa z celkového množstva použilo na výrobu elektrickej energie a koľko na výrobu tepla.

ČOV Banská Bystrica by bola schopná pokryť 78,05 % energetických nákladov oproti súčasným 58,26 %. To by činilo úsporu 90 458,58 eur. ČOV Lučenec je schopný zvýšiť energetickú sebestačnosť o 11,23 % s úsporou 15 184,48 eur. V prípade ČOV Brezno by úspora predstavovala 15 886,54 eur a 77 %-tnú sebestačnosť. ČOV Zvolen je v súčasnosti plne sebestačná. Z vyprodukovaného bioplynu v súčasnosti plne pokrýva svoje potreby. Ak by využila potenciál výroby bioplynu, tak vzniknutý prebytok, 27 %, môže predávať do siete.

Tab. 10 Energetická sebestačnosť ČOV¹

ČOV	Súčasná sebestačnosť [%]	Sebestačnosť pri využití potenciálu BP ³ [%]
BB	58,26 (z toho 86% EE ² , 14% tepla)	78,05
LC	46,18 (z toho 40% EE, 60% tepla)	57,41
ZH	0	71,22
BR	51,27	77
DT	0	86
ZV	100 (z toho 33% EE, 67% tepla)	+27
RS	0	82,4

¹ zahŕňa elektrickú energiu aj teplo spolu

² elektrická energia

³ bioplyn

Ostatné ČOV bioplyn neprodukujú. Ak by sa to zmenilo, tak ČOV Žiar nad Hronom by bola schopná pokryť 71,22 % svojej spotrebovanej energie, ČOV Detva 86 % a ČOV Rimavská Sobota 82,4 %. Vo finančnom vyjadrení to znamená vyššie než polovičné úspory.

Záver

Záverom možno konštatovať, že kumulácia ťažkých kovov v kale závisí od typu stabilizácie kalu, kde sa porovnávala distribúcia kovov. Vo všetkých prípadoch kovov sledovaných v ČOV Banská Bystrica sa zaznamenali vyššie hodnoty koncentrácií kovov v kale stabilizovanom anaeróbne ako v kale aeróbnom a naopak, supernatant, resp. kalová voda získaná z kalu aeróbne stabilizovaného obsahovala vyššie koncentrácie kovov oproti supernatantu získanom z anaeróbne stabilizácie kalu.

Vplyv polyelektrolytu na množstvá kovu v čistiarenskom kale je preukázateľný. Prídavok flokulantu najviac pôsobil na koncentráciu medi (Cu) v kale, pričom dochádza k jej uvoľňovaniu z kalu. Opačne sa správa železo (Fe), ktoré bolo po prídavku flokulantu do kalu viazané.

Ďalej sme zistili, že pri súčasnom stave využívania a výroby elektrickej energie z bioplynu sú čistiarne schopné pokryť približne polovicu energií, napr. v sledovanom období ČOV Banská Bystrica z celkovej spotreby tepla a elektrickej energie dokázala z vyprodukovaného bioplynu pokryť 58,26 %. Ak by bola schopná zvýšiť produkciu bioplynu a získať o 3 910 GJ viac, pokryla by až 78,05 % svojej energetickej spotreby. ČOV Lučenec Produkuje bioplyn, ktorý energeticky zastrešuje 46,18 % z celkovej spotreby energií. V prípade využitia celého potenciálu by to bolo o 11,23 % viac. ČOV Zvolen dokáže celkovú spotrebu energií pokryť súčasnou produkciou bioplynu. Ak by sa táto produkcia zvýšila, vzniknutý prebytok môže byť predávaný do siete, resp. sa môže uskladňovať do plynových fliaš. Produkcia bioplynu v ČOV Brezno stačí pokryť 51,27 % spotreby energií. Ak by sa podarilo získať 3 054,97 GJ energie, sebestačnosť by bola 77 %-ná. Na čistiarňach bez vlastného plynového hospodárstva by v prípade produkcie bioplynu získaná energia pokryla priemerne 80 % z celkovej energetickej spotreby.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

Drtíl, m. A m. Hutňan, 2007. Technologický projekt - časť Procesy a technológie čistenia odpadových vôd. Bratislava: NOI. ISBN 978-80-89088-57-7.

Ďuricová, A.: Výskum nakladania s odpadovým kalom v čistiarňach odpadových vôd. Zvolen: FEE TU vo Zvolene, 2010, s. 82-88.

Gray, N. B. F.: Water Technology. UK: Elsevier Ltd., 2005, 579 p.

MŽP SR a VÚVH: Situačná správa o zneškodňovaní komunálnych odpadových vôd a čistiarenských kalov v Slovenskej republike za roky 2009 a 2010. Bratislava: MŽP SR a VÚVH, 2011, s. 23-24.

MŽP SR: Správa o stave životného prostredia Slovenskej republiky v roku 2013. Dostupné na internete:

<http://www.enviroportal.sk/uploads/spravy/2013-01-2-voda.pdf>.

Szabová, T. a kol.: Kumulácia ťažkých kovov v pôdach po aplikácii čistiarenských kalov. Acta Montanistica Slovaca, 1998, 3, 4, s. 473 – 477.

ADRESY AUTOROV

doc. Ing. Dagmar SAMEŠOVÁ, PhD., Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Katedra environmentálneho inžinierstva, Masarykova 24, 96053 Zvolen, e-mail: samesova@tuzvo.sk

Ing. Anna ĎURICOVÁ, PhD., Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Katedra environmentálneho inžinierstva, Masarykova 24, 96053 Zvolen, e-mail: anna.duricova@tuzvo.sk

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.