

# BIOLOGICKÉ ČISTENIE VZDUCHU V KAFILÉRIÁCH

## BIOLOGICAL TREATMENT OF WASTE AIR FROM RENDERING PLANTS

Krajňák, M., Galajda, R.<sup>1</sup>, Ondrašovič, M., Jorge da Silva Alberto

Univerzita veterinárnej medicíny, Komenského 73, 041 81 Košice

<sup>1</sup> Vojenský veterinárny ústav, Kukučínova 2, 040 01 Košice

### Abstract

Rendering plants process materials of animal origin which pose risk to the environment from different points of view. One of the way how to decrease the environmental pollution caused by these plants is the treatment of waste air by biofilters. An example of successfully operated biofilter can be found in Kafileria Senec. The design of the biofilter corresponds to the material processed and allows to make adjustments according to operational parameters and the quantity of material processed.

### Úvod

Z celkového množstva chemických polutantov, spôsobujúcich globálne znečisťovanie atmosféry je 90 % hmotnostných plynných látok, zbytok je disperzný aerosol zahrňujúci kvapalné a tuhé látky. Podľa hrubých odhadov prichádza v súčasnej dobe do atmosféry ročne  $3 \cdot 10^9$  ton chemických znečisťujúcich látok. Znečisťovanie ovzdušia je zvlášť nebezpečné preto, že sa šíri transkontinentálne a podieľa sa priamo na znečisťovaní ďalších zložiek životného prostredia (JAGER, 1988; ŠIŠKA, 1981; PARA a ROSOCHA, 1982).

Doba zotrvania plynných elementov v atmosfére dlhšia ako 1 týždeň je významná z hľadiska globálneho znečistenia atmosféry. Takými polutantami sú napríklad oxid uhličitý, metán, oxid dusný, freóny a iné. Doba zotrvávania plynov v atmosfére značne kolíše. (STANNERS a BORDEAU, 1995). Tab. 1

V komplexe poľnohospodárskej výroby prispieva produkciou plynov k znečisťovaniu ovzdušia najmä živočíšna výroba (HARTUNG a PHILLIPS, 1994).

Živočíšna výroba môže byť zdrojom emisií rôzneho zloženia, najmä vo forme odpadových plynov, ktoré sú emitované núteným alebo prirodzeným vetraním z maštálí, alebo z priestorov pre skladovanie druhotných surovín, maštálnej prevádzky ( hnojiská, nádrže na skladovanie hnojovice a močovky, silážne priestory atď.). Zvlášť pri bezpodstielkovom ustajnení hospodárskych zvierat s produkciou hnojovice v dôsledku prevažne anaeróbných rozkladných procesov vznikajú tzv. zápachové plyny, ktoré sa môžu šíriť do značných vzdialeností, čo súčasnosti so zvyšujúcim sa ekologickým povedomím vyvoláva početné sťažnosti obyvateľstva. Ďalšie zdroje plynných, prašných, a iných nečistôt z poľnohospodárskej výroby môžu vzniknúť pri spracovaní odpadov a druhotných surovín v kafilériách, potravinárskych závodoch, agrochemických centrách a pod. (ZEMAN, 1988) .

Biotechnologické postupy, ktoré sú schopné eliminovať vplyv emisií poľnohospodárskej výroby si preto zasluhujú zvýšenú pozornosť. Predovšetkým sa jedná o biologické čistenie odpadového vzduchu prostredníctvom biofiltrov a biopráčok, enzymatické preparáty pre ustajnenie zvierat na hlbokú podstielku (Envistim), prísady do krmív schopné viazať amoniak a plyny vznikajúce pri trávení (Deodorasa), zakrytie povrchu skladovanej hnojovice biotickou alebo abiotickou krycou vrstvou, prídavok inhibítorov ureázy do hnojovice, zníženie pH hnojovice prídavkom kyselín atď.

Princíp biologického čistenia odpadového vzduchu je založený, podobne ako pri biologickom čistení odpadovej vody na široko rozšírených prírodných procesoch. Pri čistení odpadovej vody v mechanicko - biologických ČOV sa využíva samočistiaca schopnosť

povrchových vôd. Intenzifikácia tohto procesu sa dosiahne optimalizáciou podmienok pre rast a metabolizmus mikroorganizmov zodpovedných za čistenie odpadovej vody, čo je tiež úlohou technológie biologického čistenia odpadového vzduchu prostredníctvom biofiltra. Biologické čistenie odpadového vzduchu je založené na schopnosti mikroorganizmov biochemicky oxidovať organické a tiež niektoré anorganické plynné zlúčeniny, premieňať ich na neškodné, resp. čuchom nevnímateľné látky (VDI 3477, 1991).

Čistenie odpadového vzduchu prostredníctvom biofiltra je možné využívať všade tam, kde sa nachádzajú zdroje intenzívne zápachajúcich, vzduch znečisťujúcich látok, ktoré sú metabolizovateľné mikroorganizmami. Kontakt medzi plynnými zlúčeninami a filtračným materiálom predstavujúcim aktívnu oblasť biofiltra sa dosiahne prostredníctvom prúdenia znečisteného vzduchu cez filtračné vrstvy. Vo všeobecnosti sa dá konštatovať, že čistiť je možné len taký odpadový vzduch, ktorý obsahuje mikrobiologicky odbúrateľné resp. biochemicky oxidovateľné komponenty, ktoré nepôsobia toxicky na prítomné mikroorganizmy (SABO, 1993).

Rozklad látok obsiahnutých v odpadovom vzduchu nastáva prostredníctvom mikroorganizmov nachádzajúcich sa na filtračnom materiáli. Prúd odpadového vzduchu prechádza cez filtračnú vrstvu, v ktorej dochádza k sorpcii a následnému biochemickému rozkladu znečisťujúcich plynných komponentov (FISCHER, 1990).

## **Materiál a metódy**

### **Sledovanie parametrov biofiltra v Kafilérii a.s. Senec** (Obr. 1)

S cieľom získať praktické poznatky o procesoch prebiehajúcich pri biologickom čistení vzduchu boli počas letného, prechodného a zimného obdobia uskutočnené sledovania parametrov biofiltra v Kafilérii a.s. Senec, ktorý predstavoval prvý a v tom čase tiež jediný biofilter prevádzkovaný na Slovensku. Pri navrhovaní biofiltra boli použité údaje uvedené v norme VDI 3477: Biologische Abluftreinigung- Biofilter, (1991). (Schéma 1)

#### *Popis technológie:*

Vstupná surovina sa skladuje v uzavretých kontajneroch do doby jej ďalšieho spracovania. Spracovávaný živočíšny materiál sa dezintegruje v mlecí zariadení. Rozomletý živočíšny materiál sa následne v deštruktoroch sterilizuje pod tlakom 0,3 Mpa pri teplote 140 °C po dobu minimálne 20 minút.

Po sterilizácii sa produkt v sušiarňi vysuší a následne sa z neho vylisuje tuk. Počas celého popísaného procesu, od skladovania suroviny až po uskladnenie konečných produktov, vzniká výrazné pachové zaťaženie. Pachové látky uvoľňujúce sa z jednotlivých zariadení pri skladovaní surového materiálu a počas výrobného procesu sú odsávané dvoma odsávacími vetvami pričom jedna vedie z priestoru príjmu materiálu určeného na spracovanie a druhá z priestoru výrobných zariadení. Obe vetvy sa spájajú do centrálného potrubia vedúceho do vodnej práčky s kapacitou 40 000 m<sup>3</sup> vzduchu.h<sup>-1</sup>. Odpadový vzduch, zvlhčený na 95 % relatívnu vlhkosť, je privádzaný z práčky do biofiltra. Biofilter je rozdelený na dve sekcie s kapacitou 20 000 m<sup>3</sup> vzduchu . h<sup>-1</sup> a preto sa centrálné potrubie pred vstupom do biofiltra opäť delí na dve vetvy. Biofilter je stavebne riešený vo forme dvoch betónových nádrží o rozmeroch 27,3 x 8,3 x 2 m oddelených od seba chodbou, do ktorej je umožnený vstup šachtami. Na dne nádrží sa nachádza rošt a kanál odvádzajúci prebytočnú vodu strhávanú z vodnej práčky prúdom vzduchu. Na roštoch bola až do výšky 1,5 m navrstvená rašelina a drvená dubová kôra, pričom kôrová drvina predstavovala spodnú vrstvu v hrúbke približne 30 cm.

### *Fyzikálno - chemické a mikrobiologické vyšetrenia*

V substráte biofiltra v hĺbke 10, 60 a 120 cm boli uskutočnené pomocou digitálneho registračného teplomera so záznamom COMET TZ 2 merania teplôt. Z týchto vrstiev boli tiež odobraté vzorky substrátu a stanovená ich vlhkosť. Vlhkosť bola stanovená odrátaním od celkovej sušiny, ktorá je definovaná ako množstvo látky po odparení a vysušení vzorky pri 105<sup>0</sup>C do konštantnej hmotnosti (SEDLÁČEK, 1978). Teplomerom a psychrometrom TESTOSTOR 171 boli uskutočnené merania vonkajšej atmosferickej teploty, teploty odpadového vzduchu pred prechodom cez vodnú práčku, pred vstupom do biofiltra a relatívna vlhkosť atmosferického vzduchu. Z filtračnej vrstvy boli odobraté dve vzorky rašeliny (z hĺbky 10 a 60 cm) a jedna vzorka drvej kôry (z najspodnejšej vrstvy v hĺbke 1,2m). V týchto vzorkách boli zisťované celkové počty mezofilných, psychrofilných a koliformných zárodkov podľa zásad uvedených v STN 83 053, (1978).

Stanovenia fyzikálno - chemických parametrov vzoriek rašeliny ( hĺbka 60 cm) a drvej kôry ( hĺbka 120 cm) t.j. pH, amoniakálneho dusíka, celkového dusíka a dusičnanového dusíka, boli vykonané podľa STN 83 0540, (1982). Koncentrácia amoniaku vo vzduchu pred vstupom do biofiltra a po výstupe z neho bola stanovovaná metódou odmerného stanovenia podľa pokynov uvedených v STN 83 4728.

Merania pachového zaťaženia boli vykonané v spolupráci s pracovníkmi VUCHZ a.s. Praha olfaktometrom IPT model 1158 podľa postupu uvedeného v norme VDI 3881. Merania boli vykonané pred ventilátorom, pred biofiltrom a priamo nad povrchom substrátu. Olfaktometrické meranie spočíva v riedení páchnúceho vzduchu medicínálnym kyslíkom až do dosiahnutia čuchového prahu, tj. koncentrácia, ktorú merajúce osoby práve začínajú alebo prestávajú vnímať. Odčítaním hodnôt na rotametroch olfaktometra sa potom na základe nastavených podmienok odčítajú príslušné hodnoty pachového zaťaženia vzduchu z tabuliek pôvodnej technickej dokumentácie, vyjadrené v pachových jednotkách (PJ).

### **Výsledky a diskusia**

Hodnoty obsahu amoniaku v odpadovom vzduchu boli získané v časovom úseku 8 hodín meraním v 1 hodinových intervaloch počas prevádzky výrobných zariadení na štandardnej úrovni.

Na základe porovnania nameraných hodnôt obsahu amoniaku vo vzduchu sme určili účinnosť čistiaceho procesu, ktorá predstavovala priemerne 90 %. Merania intenzity pachového zaťaženia odpadového plynu, vyjadreného v pachových jednotkách (PJ), pri porovnaní pred vstupom a po výstupe z biofiltra, potvrdili vysoký olfaktometrický stupeň účinnosti biologického čistenia odpadového vzduchu, ktorá dosahovala až 97 %. Rozdiel medzi účinnosťou odstraňovania amoniaku z odpadového vzduchu a olfaktometrickým stupňom účinnosti bol pravdepodobne spôsobený časovým odstupom medzi meraniami.

Počas našich meraní teplota vzduchu odsávaného z priestoru výrobných zariadení meraná v prívodnom potrubí pred vodnou práčkou sa pohybovala v rozsahu od 20<sup>0</sup>C do 28<sup>0</sup>C a závisela od vonkajšej atmosferickej teploty, ktorá počas merania v zimnom období bola 6<sup>0</sup>C, v prechodnom období 14<sup>0</sup>C a v letnom období 24<sup>0</sup>C. Po prechode odpadového vzduchu vodnou práčkou teplota klesla v priemere o 2<sup>0</sup>C a relatívna vlhkosť sa zvýšila takmer na 100 %. Odpadový vzduch prúdil cez filtračnú vrstvu zdola nahor v dôsledku čoho teplota a vlhkosť filtračného substrátu klesala smerom k povrchu biofiltra. Biochemický rozklad plyných zlúčenín je uskutočňovaný predovšetkým psychrofilnými a mezofilnými mikroorganizmami, ktoré pre svoj rast a metabolizmus vyžadujú teploty v rozsahu 15 - 40<sup>0</sup>C, a vlhkosť substrátu v rozsahu 45 - 70 % (BARDTKE, 1993). Takéto podmienky sú vytvorené najmä v spodných dvoch tretinách filtračnej vrstvy, čo potvrdzoval postupný pokles počtov baktérií smerom zdola nahor.

Vo vrchnej časti sa teplota substrátu takmer rovnala vonkajšej atmosferickej teplote a vlhkosť bola často nedostatočná a závisela od zrážok. Pri posudzovaní chemických ukazovateľov sme zaznamenali rozdiely medzi obsahom dusičnanového dusíka nameraným v letnom a zimnom období. Analýza filtračného substrátu odobratého v letnom období poukázala na vyšší obsah dusičnanového dusíka oproti vzorke odobratej v zimnom období. Tieto rozdiely boli pravdepodobne zapríčinené vyššími atmosferickými teplotami v letnom období, ktoré podporili vyššiu biochemickú aktivitu vo filtračnom substráte, čomu nasvedčujú aj vyššie celkové počty mikroorganizmov v substráte. (Graf 1, 2, 3)

Určité oblasti povrchu biofiltra sa javili v 10-tich % plochy biofiltra ako nefunkčné. Zaznamenali sme straty tlaku až úplnú absenciu prúdenia cez filtračnú vrstvu, ktorá sa preukázala po odkrytí vrchnej vrstvy filtračného materiálu. Pozorovali sme narušenie homogenity filtračnej vrstvy, ktoré sa prejavilo zhustením filtračného materiálu a výskytom vysušených neaktívnych zón.

Účinnosť biofiltračných metód spočíva v tom, že pri zodpovedajúcom dimenzovaní si biofilter zachová veľkú pufrovaciu kapacitu voči výkyvom v objeme a koncentrácii odpadového vzduchu (SCHIRZ, 1991). Vysvetľuje to skutočnosť, že napriek zisteným nedostatkom sa preukázala vysoká účinnosť čistenia odpadového vzduchu z kafilerickej výroby.

Spomínané nedostatky by bolo možné odstrániť napr. pravidelným kropením povrchu biofiltra, rovnomerným nasypáním filtračnej vrstvy, prípadne výmenou filtračného materiálu, na čo vo svojej práci poukazuje aj SABO (1993).

Za účelom zlepšenia niektorých limitujúcich vlastností filtračného substrátu je vhodné primiešať doň kokosové vlákna predstavujúce ideálny filtračný materiál, ktoré majú oproti tradične používaným (rašelina, vres, kôra) niekoľko predností, ako napr. lepšiu štruktúrnú stabilitu, vyššiu schopnosť viazania vody a trvácnosť (HUGLE D., a MANNEBECK, T., 1993). Vysúšaniu vrchnej časti filtračnej vrstvy možno predísť napríklad zakrytím plochy biofiltra doskami zo spletených kokosových vlákien. Kokosové vlákna sú z finančného hľadiska nevýhodné a preto sme sa zamerali na testovanie ďalších cenovo dostupnejších organických substrátov porovnateľnej kvality.

Prijateľnejšou alternatívou ako predísť zhusteniu filtračného substrátu je podľa GROENESTIJNA a HESSELINKA, (1993) použitie vysušeného borovicového raždia, prípadne polystyrénových guľičiek. Aplikáciou inertných prídavných látok, ako sú napríklad zeolity, bentonity, perlit a pod., je možné tiež do určitej miery optimalizovať čistiaci proces (SABO, 1993; VARGOVÁ, 2000). Prídavné látky prispievajú pri vyššom prietoku k štruktúrnej stabilite, znižujú straty tlaku, dopĺňajú stopové prvky, zlepšujú sorpčnú kapacitu a zvyšujú schopnosť prijať vodu.

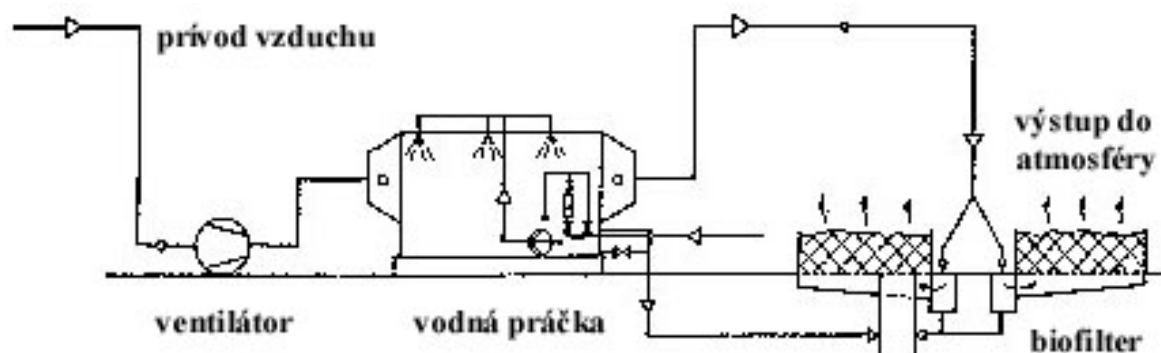
## **Záver**

Sledovaním parametrov biofiltra v Kafilerii a.s. Senec sme si v praxi overili poznatky získané štúdiom problematiky týkajúcej sa biologického čistenia odpadového vzduchu. Pozorovali sme narušenie homogenity filtračnej vrstvy, zhustenie filtračného materiálu a výskyt vysušených neaktívnych zón v rozsahu asi 10 % filtračnej plochy. Boli navrhnuté viaceré opatrenia smerujúce k odstráneniu uvedených nedostatkov, t.j. pravidelné kropenie povrchu biofiltra, rovnomerné nasypanie filtračnej vrstvy, zakrytie povrchu filtračnej náplne rohožami z kokosových vlákien, prídanie látok zabráňujúcich zhusteniu filtračnej vrstvy (raždie, kôra) príp. výmena filtračného materiálu.

Obr. 1



Schéma 1



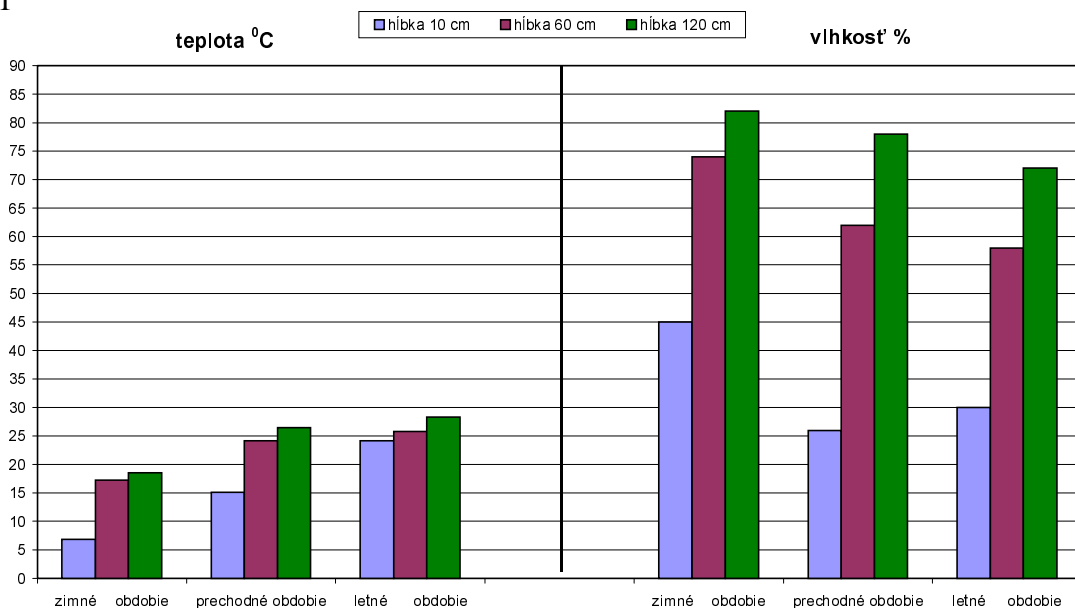
**Schéma biofiltra, kombinovaného s vodnou práčkou  
v Kafilerii a.s. Senec**

**Tab.1 Doba zotrávania plynných zložiek v atmosfére  
(STANNERS a BORDEAU, 1995).**

Zložka atmosféry	Stredný čas zotrvania	Objemové % (priemer)
Dusík (N <sub>2</sub> )	10 <sup>6</sup> rokov	78
Kyslík (O <sub>2</sub> )	10 <sup>3</sup> rokov	21
Vodné pary (H <sub>2</sub> O)	8 - 10 dní	0 - 3
Oxid uhličitý (CO <sub>2</sub> )	50 - 200 rokov	0,035
Metán (CH <sub>4</sub> )	7 - 10 rokov	0,00017
Oxid dusný (N <sub>2</sub> O)	130 rokov	0,000033
Ozón (O <sub>3</sub> )		
- troposferický	týždne - mesiace	10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-5</sup>
- stratosferický	mesiace	10 <sup>-5</sup> - 5 · 10 <sup>-5</sup>
Amoniak (NH <sub>3</sub> )	3 dni	10 <sup>-8</sup> - 10 <sup>-6</sup>
Oxid siričitý (SO <sub>2</sub> )	3 dni	10 <sup>-7</sup> - 5 · 10 <sup>-5</sup>
Oxidy dusíka (NO <sub>x</sub> )	3 dni	10 <sup>-8</sup> - 5 · 10 <sup>-7</sup>
Freóny	50 - 150 rokov	10 <sup>-7</sup>

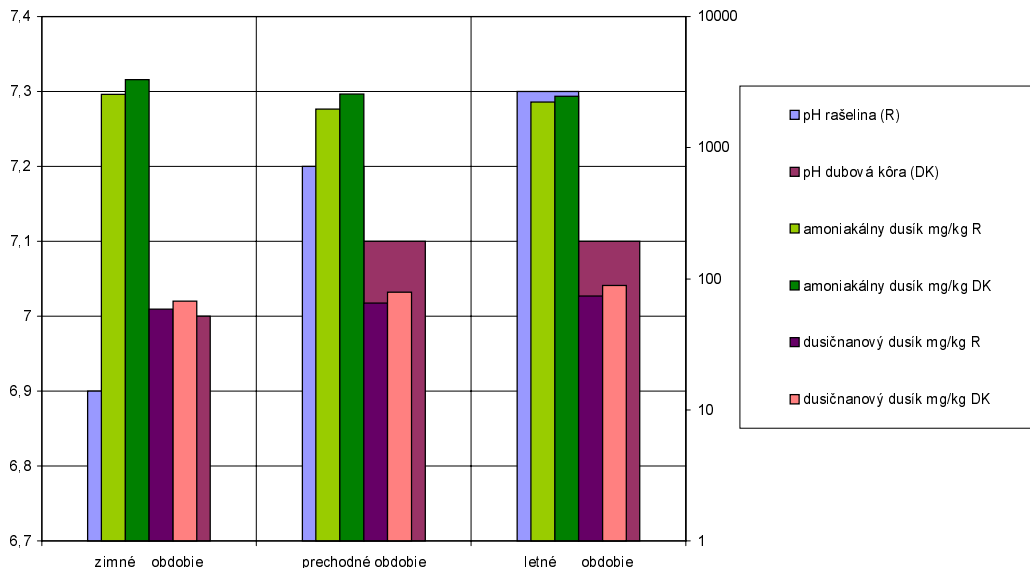
Graf 1

Hodnoty vlhkosti a teploty vo filtračnom materiáli biofiltra Kafilérie a.s. Senec



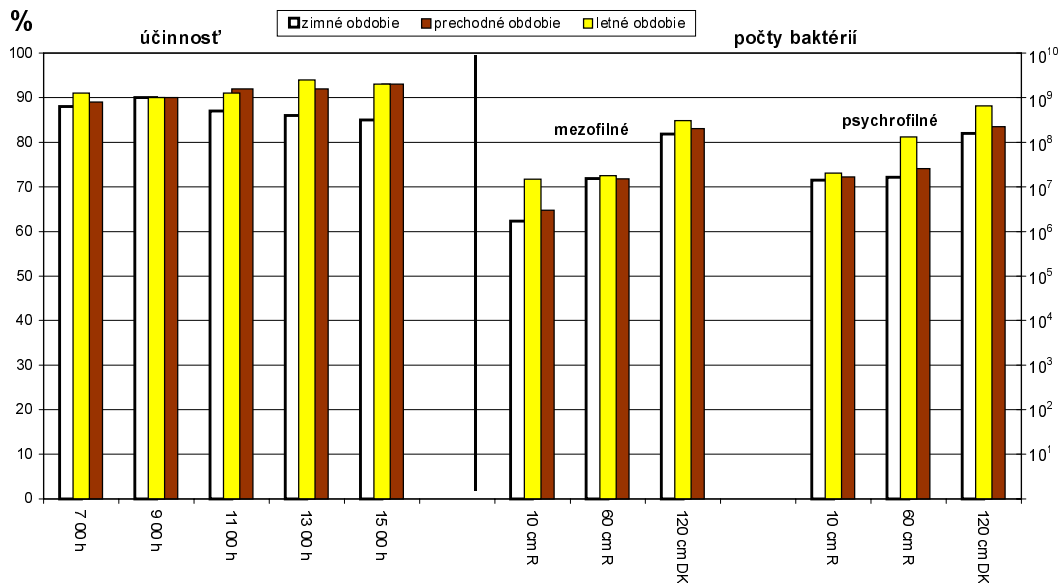
Graf 2

Chemické ukazovatele filtračného materiálu biofiltra Kafilérie a.s. Senec



Graf 3

Účinnosť biofiltra a počty mikroorganizmov vo filtračnom materiáli biofiltra Kafilérie a.s. Senec



## LITERATÚRA

1. BARDTKE, D. Mikrobiologische Voraussetzungen für die biologische Abluftreinigung , Prvo mednarodno posvetovanje, Problemi in reševanje emisij smradu., Zbornik referatov, Ljubljana , 29.april 1993: 109 - 121.
2. FISCHER, K. : Biologische Abluftreinigung. Kontakt und Studium, Band 212, Ehningen, 1990: 53.
3. GROENESTIJN, J.W. - HESSELINK, P.G.M.: Biotechniques for air pollution control., Kluwer Academic Publishers, Biodegradation 4,1993: 283.
4. HARTUNG, J. - PHILLIPS, V.R. : Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure stores. J. agric.Engng.Res., 57, 1994: 173 - 189.
5. HUGLE, T. - MANNEBECK, D. : Biofilter - stoffliche Umsetzungen und Probleme, Emissionen und Immissionschutz , Landtechnik 11/ 1993: 569 - 571.
6. JAGER, J. : Povaha a chemismus znečištěného ovzduší. In: Symon, K., Bencko, V. : Znečištění ovzduší a zdraví, Vyd.1., Avicenum,1988: 22.
7. PARA, E., ROSOCHA, J.: The study influence of housing technology on the quality of the microclimate and the productivity of layers. Collected reports IVth Int. congress of Animal Hygiene High Tatras, 1982.
8. SABO, F.: Biofilter: Verfahrertechnische Grundlagen Planung und Dimensionierung, Problemi in reševanje emisij smradu, Zbornik referatov, Ljubljana, 29. april 1993: 123 - 139.
9. SEDLÁČEK, M: Metódy rozboru kalov a pevných odpadov, Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 1978: 406 - 407.
10. SCHIRZ, S. : Practical applications of bioscrubbing technique to reduce odour and ammonia. In : Nielsen V.C. et al. "Odour and ammonia emissions from livestock farming ", Elsevier Applied Science, London, 1991: 82 - 91.
11. SCHIRZ, S.: Stand der Technik bei der biologischen Abluftreinigung in der Intensivtierhaltung. In: Dragt and HamJ van (Eds), Biotechniques for Air Pollution Abatement and Odour Control Policies, Proceeding of an International Symposium, Maastricht, Netherland, Elsevier Amsterdam, 27 - 29. October 1991: 237 - 244.
12. STANNERS, D. - BORDEAU, P.: Europe`s environment, The Dobříš Assessment, EEA, Copenhagen, 1995: 712
13. STN 83 0531 : Mikrobiologický rozbor povrchovej vody, časť 3 - 5, 1978
14. STN 83 0540 : Chemický a fyzikálny rozbor odpadových vôd, 1982.
15. STN 83 4728 :Meranie emisií amoniaku zo zdrojov znečisťovania ovzdušia., časť 3.
16. ŠIŠKA, F. : Ochrana ovzdušia., Vydavateľstvo Alfa Bratislava, 1981: 152.
17. VARGOVÁ, M.: Možnosti využitia prírodného zeolitu klinoptilolitu v procese čistenia hnojovice ošpaných, Dizertačná práca, Košice, 2000.
18. VDI 3881: Olfaktometrie, Geruchsschwellebestimmung, Grundlagen,Blatt 1., Berlin, Beuth Verlag, 1986.
19. ZEMAN, J. : Účinky znečištění ovzduší na hospodárska zvierata. In: Symon, K., Bencko, V. : Znečištění ovzduší a zdraví, vydanie1., Avicenum, 1988: 108.