

## LAŠELINIO BIOFILTRO AERODINAMINIO PASIPRIEŠINIMO TYRIMAI

Alvydas Zagorskis<sup>1</sup>, Renata Spiečiūtė<sup>2</sup>

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas*

*El. paštas: <sup>1</sup>alvydas@vgtu.lt; <sup>2</sup>renataspieciute@gmail.com*

**Santrauka.** Eksperimentiniams tyrimams atlikti sukonstruotas keturių sekcijų lašelinis biofiltras. Filtras užpildytas dirbtinės kilmės įkrova, sudaryta iš didelį paviršiaus plotą turinčių plastikinių rutuliukų. Naudojant įkrovą, skirtą introdukuotų mikroorganizmų asociacijoms kultivuoti, nustatytos biofilto aerodinaminio pasipriešinimo priklausomybės nuo tiekiamo oro srauto greičio ir sekcijų skaičiaus. Biofilto aerodinaminis pasipriešinimas matuotas dviem atvejais: esant sausai ir sudrėkintai įkrovai. Nustatyta, kad didinant tiekiamo oro srauto greitį nuo 0,043 iki 0,076 m/s, įrenginio aerodinaminis pasipriešinimas išmatavus keturis įkrovos sluoksnius padidėja nuo 30,5 iki 62,5 Pa tuo atveju, kai įkrova sausa, ir nuo 42,1 iki 90,4 Pa, – kai įkrova sudrėkinta.

**Reikšminiai žodžiai:** lašelinis biofiltras, aerodinaminis pasipriešinimas, mikroorganizmai, įkrova.

### Įvadas

Daugelyje pasaulio šalių didėja oro tarša įvairiais organiniais teršalais. Plečiantis stambiajai ir smulkiajai pramonei, nuolat didėja į atmosferą išmetamų organinių junginių apimtis (Paulauskienė *et al.* 2009). Dėl besiplečiančios perdirbamosios, dažų pramonės, statybinių medžiagų gamybos, buitinių paslaugų sektoriaus ir žemės ūkio plėtros sparčiai didėja lakiųjų organinių junginių (LOJ) emisijos į atmosferą.

Šiuo metu vienas iš perspektyviausių oro valymo metodų yra biologinis oro valymas, naudojant tam tikras mikroorganizmų kultūras (Kleinheinz, Bagley 2006; Zagorskis 2009).

Viena efektyviausių, paprasčiausių ir pigiausių technologijų, kurią naudojant iš oro išvalomi lakieji organiniai junginiai, yra oro srauto valymas biofiltru (Žarnauskas, Zigmontienė 2008; Boswell 2010; Chou, Li 2009). Biofiltrais naudojami butanoliumi, acetonui, ksileniui, toluenui ir kitiems lakiesiems organiniams junginiams iš oro valyti (Delhomenie, Heitz 2005; Jeong *et al.* 2010; Gallastegui *et al.* 2010). Įrenginiai gali būti efektyvūs, kai teršalo koncentracija neviršija 500 mg/m<sup>3</sup> (Govind 2009; Ramirez *et al.* 2009; Baltrėnas, Zagorskis 2010a).

Visame pasaulyje, vykdant ūkinę veiklą (dažų, lakų, plastmasių, popieriaus, celiuliozės, maisto pramonėje ir kt.), atmosfera teršiama gausiai išsiskiriančiais, skirtingo cheminio pobūdžio teršalais – butanoliumi, butilacetatu, metanoliumi, formaldehidu, fenoliu, benzeno, toluenu, ksileniu ir kt. Daugelyje šalių (Vokietijoje, Švedijoje, JAV ir kt.) teršalams iš oro valyti taikomi įvairūs metodai (absorbicija, adsorbicija ir kt.), tačiau dažniausiai iš jų pasirenkamas biologinis oro

valymas (Gracy *et al.* 2006; Skaistys, Vaiškūnaitė 2006; Vaiškūnaitė 2008; Ryu *et al.* 2010).

Vienas svarbiausių biofiltrų elementų, užtikrinančių biologinį oro valymo procesą, yra bioįkrova. Bioįkrovos pobūdis, poringumas, drėgnis, pH, temperatūra, adsorbcinės ir absorbcinės savybės lemia mikroorganizmų populiacijos augimą ir vystymąsi, o tai biofiltre užtikrina efektyvų oro srauto valymą (Malhautier *et al.* 2005; Žarnauskas, Zigmontienė 2008; Kim *et al.* 2009; Singh *et al.* 2010).

Pastaruoju metu lakiųjų organinių junginių emisijoms į aplinkos orą mažinti pradėti naudoti lašeliniai biofiltrais. Siekiant padidinti įkrovos paviršiaus plotą ir naudojimo laiką, lašeliniai biofiltrais įkraunami sintetinė neorganinės kilmės įkrova, kuri drėkinama aktyvuotu maistinių medžiagų prisotintu tirpalu (Yang *et al.* 2008; Baltrėnas, Zagorskis 2010b).

Vienas iš pagrindinių reikalavimų, keliamų biologiniams oro valymo įrenginiams, yra mažas įkrovos aerodinaminis pasipriešinimas, kuris priklauso nuo daugelio veiksnių: įkrovos poringumo, formos, frakcijos, drėgnumo. Nuo įkrovos aerodinaminio pasipriešinimo priklauso ir biofilto valymo efektyvumas (Eldon *et al.* 2010). Mažesnis aerodinaminis pasipriešinimas lemia geresnį deguonies, kuris dalyvauja maistinių medžiagų apykaitos procesuose, pasiskirstymą įkrovoje. Nuolat ieškoma būdų, kaip pagerinti įkrovoje vykstančius aerodinaminis procesus, nemažinant valymo efektyvumo (Baltrėnas, Zagorskis 2009).

Tyrimais siekiama nustatyti, ar biologinio valymo procese vyraujantys mikroorganizmai gali daugintis neor-

ganinės kilmės įkrovose, sudarytose iš plastiko rutuliukų. Tyrimų tikslas – naudojant dirbtinės kilmės įkrovą, nustatyti biofilto aerodinaminio pasipriešinimo priklausomybę nuo tiekiamo oro srauto greičio.

## Metodika

Pagrindinis biologinių oro valymo įrenginių elementas yra filtravimo terpė – įkrova, kurią gali sudaryti organinės ar neorganinės medžiagos (1 pav.). Įkrova aktyvinama, kai drėkinama biogeninių elementų prisotintu vandeniu (Zagorskis 2009). Oro valymo metu teršalo molekulės lėtai leidžiamos per įkrovą. Molekules, iš dujinės fazės perneštas į skystąją, ant įkrovos susidariusioje bioplėvelėje fermentacijos procesų metu suskaidomi mikroorganizmai.



**1 pav.** Dirbtinės kilmės biofilto įkrova – didelį filtravimo paviršiaus plotą turintys plastikiniai rutuliukai

**Fig. 1.** Biofilter packing material of artificial origin – plastic balls having a large surface area

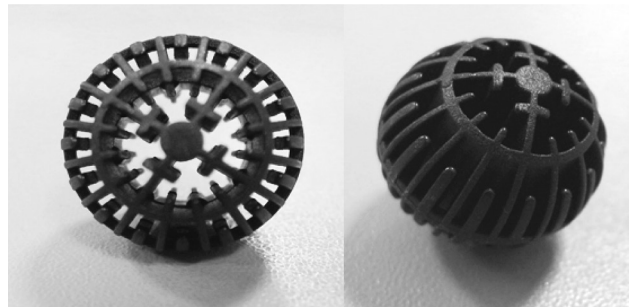
Biologinio oro valymo metu įkrovoje esantys mikroorganizmai pirmiausia absorbuoja su oru patekusius organinius teršalus, kurie vėliau, mikroorganizmams sintetinant fermentus, t. y. vykstant teršalų biodegradacijai, suskaidomi vandens fazėje.

Eksperimentiniai tyrimai atliekami naudojant biologinį oro valymo įrenginį – lašelinį biofiltrą. Įrenginio aukštis yra 1 m, skersmuo – 140 mm. Pagrindinis uždaro konstrukcijos filtro elementas yra aktyvuotoji filtravimo įkrova, sudaryta iš didelį paviršiaus plotą turinčių plastikinių rutuliukų (2 pav.). Vieno rutuliuko skersmuo yra 23 mm, o filtravimo paviršiaus plotas – 62 cm<sup>2</sup>.

Siekiant išlaikyti tolygų oro srauto ir drėgmės pasiskirstymą per visą įkrovos sluoksnį bei mažinti įkrovos aerodinaminį pasipriešinimą, filtre įrengtos keturios sekcijos, viena nuo kitos atskirtos metaliniais sieteliais.

Kiekviena biofilto sekcija užpildyta 10 cm storio įkrovos sluoksniu (3 pav.). Po kiekvienos sekcijos fiziniams parametrams matuoti ir mėginiams imti įrengtos angos, užsandarintos ištraukiamais guminiiais kamščiais.

Norint įvertinti biofiltre naudojamos įkrovos aerodinaminį pasipriešinimą, tyrimai buvo atlikti neintrodukuojant mikroorganizmų. Tolesniais tyrimais, skirtais



**2 pav.** Didelį filtravimo paviršiaus plotą turintys plastikiniai rutuliukai

**Fig. 2.** Plastic balls having a large filtrating surface area



**3 pav.** Lašelinis biofiltras, užpildytas dirbtinės kilmės įkrova

**Fig. 3.** A trickling biofilter filled with the packing material of artificial origin

mikroorganizmų aktyvumui palaikyti, numatoma įkrovą nuolat drėkinti, purškiant aktyviaisiais vandens lašeliais. Aktyvųjų tirpalą į įrenginį tiekia cirkuliacinis siurblys. Lakieji organiniai junginiai absorbuosis ant įkrovos paviršiaus susidarančioje bioplėvelėje, kurioje bus suskaidomi mikroorganizmų. Pratekėjęs pro įkrovą išvalytas oras bus pašalinamas iš biofiltra.

Ekspimentinių tyrimų metu, užpildžius biofiltrą dirbtinės kilmės įkrova, matuojant įrenginio aerodinaminį pasipriešinimą, oras buvo traukiamas dviem prie įrenginio prijungtais aspiratoriais „MIGUNOV 822“, kuriais buvo reguliuojamas ir per įkrovą traukiamo oro srauto greitis. Slėgis matuotas diferenciniu slėgio matuokliu „DSM-1“ (matavimo ribos 0–20 000 kPa, paklaida ±5 Pa).

Leidžiant oro srautą per biofiltrą, esant sausai ir drėgnai jo įkrovai, aerodinaminis įrenginio pasipriešinimas skyrėsi. Siekiant palyginti matavimai atlikti dviem atvejais: pirmuoju atveju įrenginio aerodinaminis pasipriešinimas matuotas orą traukiant per sausą įkrovą; antruoju atveju filtro įkrova buvo sudrėkinta ir matavimai pakartoti.

Skirtingais greičiais traukiant orą per biofiltra įkrovą, siekiant įvertinti aerodinaminį įkrovos pasipriešinimą, prieš kiekvieną sluoksnį diferenciniu slėgio matuokliu „DSM-1“ atlikti dinaminio slėgio matavimai, kurių kiekvienas pakartotas 3 kartus. Iš gautų rezultatų, atsižvelgiant į per įrenginį traukiamo oro srauto greičius, nustatytos biofiltra aerodinaminio pasipriešinimo priklausomybės nuo įrenginio sekcijų skaičiaus.

Biofiltra aerodinaminiam pasipriešinimui nustatyti gauti duomenys buvo susisteminti ir vertinti statistiniais metodais. Kiekvienas matavimas pakartotas po 3 kartus. Gavus tam tikro parametro (dinaminio slėgio; oro srauto greičio) tyrimų rezultatus, apskaičiuotas jo įvertis, t. y. atskirų matavimų aritmetinis vidurkis  $\bar{x}$ . Žinant parametro aritmetinį vidurkį, apskaičiuota atskirų matavimų  $x_i$  tikimybių pasiskirstymą atitinkanti eksperimentinė dispersija  $s^2(x_i)$ :

$$s^2(x_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2, \quad (1)$$

čia  $n$  – matavimų skaičius;  $x_i$  – vieno matavimo rezultatas;  $\bar{x}$  – atskirų matavimų aritmetinis vidurkis.

Apskaičiavus  $s^2(x_i)$  nustatytas geriausias aritmetinio vidurkio  $\bar{x}$  sklaidos įvertis, kuris yra vidurkio eksperimentinė aritmetinė dispersija  $s^2(\bar{x})$ , lygi (normaliam pasiskirstymui):

$$s^2(\bar{x}) = \frac{s^2(x_i)}{n}, \quad (2)$$

čia  $s^2(x_i)$  – atskirų matavimų  $x_i$  tikimybių pasiskirstymą atitinkanti eksperimentinė dispersija;  $n$  – matavimų skaičius.

Gavus aritmetinio vidurkio sklaidos įvertį, skaičiuotas eksperimentinis standartinis aritmetinio vidurkio nuokrypis:

$$s(\bar{x}) = \frac{s(x_i)}{\sqrt{n}}, \quad (3)$$

čia  $s(x_i)$  – eksperimentinis standartinis nuokrypis;  $n$  – matavimų skaičius.

Statistiniams skaičiavimams naudota *Microsoft Office Excel 2003* programa. Matavimų aritmetiniai vidurkiai, eksperimentinės aritmetinės dispersijos, standartiniai aritmetinio vidurkio nuokrypiai apskaičiuoti naudojant *Microsoft Office Excel 2003* statistikos (*Statistical*) funkcijas: AVERAGE (vidurkis), VARP (dispersija), STDEV (standartinis nuokrypis) (Vakrina 2007).

Rezultatų sklaidai patikrinti apskaičiuotas variacijos koeficientas  $v$ :

$$v = \frac{s(x_i)}{\bar{x}} \cdot 100 \% . \quad (4)$$

Jei gautoji variacijos koeficiento reikšmė mažesnė kaip 5–10 %, laikoma, kad rezultatų sklaida yra nedidelė, rezultatai patikimi, todėl matavimų kartoti nereikėjo. Tada buvo apskaičiuotos atsitiktinės matavimo rezultatų paklaidos, taip pat santykinė atsitiktinė ir sisteminė paklaidos. Apskaičiavus santykinę atsitiktinę ir sisteminę paklaidas, nustatyta bendroji matavimo rezultato santykinė paklaida  $\delta_b$ :

$$\delta_b = \sqrt{\delta_{ats}^2 + \delta}, \quad (5)$$

čia  $\delta_{ats}$  – santykinė atsitiktinė paklaida;  $\delta$  – santykinė sisteminė paklaida.

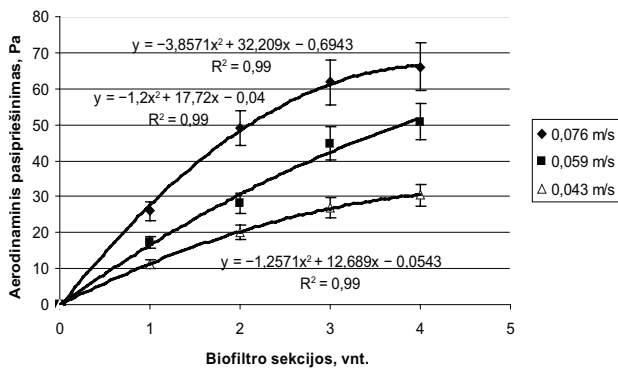
Nustatytos santykinės paklaidos buvo mažesnės negu 5 %, todėl galima teigti, kad rezultatai yra patikimi.

## Rezultatai ir jų analizė

Atlikus eksperimentinius tyrimus, nustatyta viena svarbiausių biofiltra charakteristikų – tai įkrovos aerodinaminio pasipriešinimo kaita oro valymo procese. Nustatytos filtro aerodinaminio pasipriešinimo priklausomybės nuo tiekiamo oro srauto greičio ir įrenginio sekcijų skaičiaus.

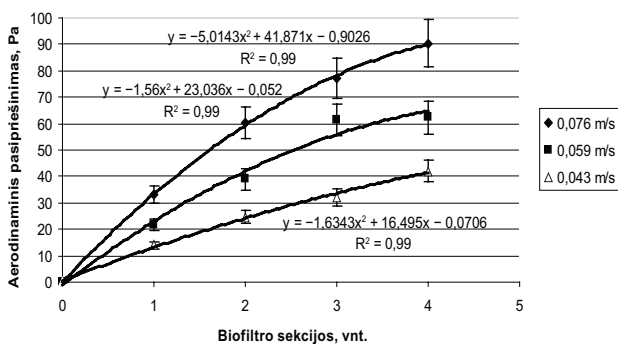
Atlikti tyrimai, naudojant dirbtinės kilmės įkrovą – plastikinius rutuliukus parodė, kad sausos įkrovos aerodinaminio pasipriešinimo pasiskirstymo intervalas yra 11,3–62,5 Pa (4 pav.), o drėgnos – 14,0–90,4 Pa (5 pav.). Didžiausias aerodinaminis pasipriešinimas tenka pirmajam biofiltra įkrovos sluoksniui.

Užpildžius kiekvieną filtro sekciją 10 cm storio plastikinių rutuliukų sluoksniu, pirmuoju atveju įrenginio aerodinaminis pasipriešinimas matuotas, esant sausai įkrovai. Ties kiekviena sekcija matuota po 3 kartus.



4 pav. Biofiltro aerodinaminio pasipriešinimo priklausomybė nuo įkrovos sekcijų skaičiaus, esant sausai įkrovai

Fig. 4. The dependence of biofilter aerodynamic resistance on the number of the sections of dry packing material



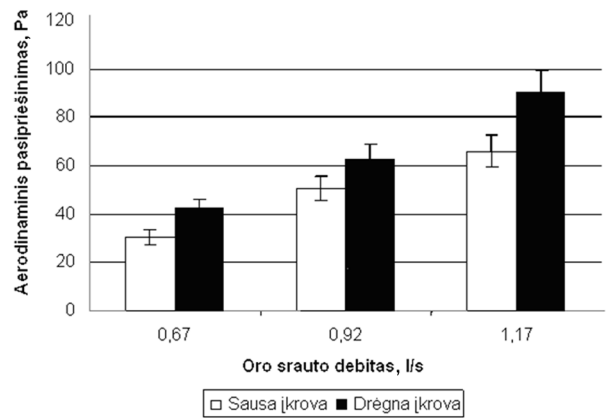
5 pav. Biofiltro aerodinaminio pasipriešinimo priklausomybė nuo įkrovos sekcijų skaičiaus, esant drėgnai įkrovai

Fig. 5. Dependence of biofilter aerodynamic resistance on the number of the sections of wet packing material

Kai oro srauto greitis biofiltre buvo 0,043 m/s, pirmosios biofiltro sekcijos aerodinaminis pasipriešinimas siekė 11,3 Pa. Padidinus oro srauto greitį iki 0,076 m/s, įkrovos aerodinaminis pasipriešinimas padidėjo iki 26,0 Pa. Taigi, didžiausia apkrova tenka pirmajam įkrovos sluoksniui. Didinant plastikinius rutuliukais užkrautų sekcijų skaičių, biofiltro aerodinaminis pasipriešinimas didėja lėčiau. Išmatavus keturis įkrovos sluoksnius įrenginio aerodinaminis pasipriešinimas siekė 30,5 Pa.

Per biofiltrą traukiamo oro srauto greitį padidinus iki 0,059 m/s, matavimai vėl atlikti ties kiekviena biofiltro sekcija. Išmatavus pirmąjį įkrovos sluoksnį aerodinaminis pasipriešinimas siekė 17,2 Pa, o išmatavus keturis sluoksnius – 50,8 Pa. Toliau didinant oro srauto greitį, biofiltro aerodinaminis pasipriešinimas didėja. Kai srauto greitis lygus 0,076 m/s, filtre esančių keturių įkrovos sluoksnių aerodinaminis pasipriešinimas padidėjo iki 62,5 Pa.

Pirmuoju atveju matavimai atlikti esant sausai biofiltro įkrovai. Antruoju atveju matavimai pakartoti, įkrovą su-



6 pav. Sausos ir drėgnos įkrovos aerodinaminio pasipriešinimo palyginimas, esant skirtingam oro srauto debitui

Fig. 6. A comparison of the aerodynamic resistance of dry and wet packing material at different air flow

drėkinus (6 pav.). Ties kiekviena įrenginio sekcija matuota po 3 kartus. Gauti rezultatai rodo, kad drėgnas užpildas lemia iki 30 % didesnę biofiltro aerodinaminį pasipriešinimą. Didžiausia apkrova tenka pirmajam įrenginio įkrovos sluoksniui. Kai oro srauto greitis buvo 0,043 m/s, išmatavus pirmosios sekcijos biofiltrą aerodinaminis pasipriešinimas siekė 14,0 Pa, o išmatavus keturis įkrovos sluoksnius – padidėjo iki 42,1 Pa (5 pav.). Toliau oro srauto greitis vėl buvo didinamas.

Didinant oro srauto greitį iki 0,059 m/s, išmatuotas pirmosios ir ketvirtosios įrenginio sekcijų aerodinaminis pasipriešinimas siekė atitinkamai 21,7 ir 62,5 Pa. Didžiausias biofiltro aerodinaminis pasipriešinimas išmatavus vieną sluoksnį – 33,0 Pa ir išmatavus keturis sluoksnius – 90,4 Pa pasiektas oro srauto greitį padidinus iki 0,076 m/s.

Eksperimentinių tyrimų metu lašelinio biofiltro aerodinaminis pasipriešinimas buvo matuotas dviem atvejais. Pirmuoju atveju – dviem aspiratoriais traukiant orą per biofiltrą, kai keturiose įrenginio sekcijose esantis dirbtinės kilmės užpildas buvo sausas, antruoju atveju – kai užpildas sudrėkintas vandeniu.

Gauti rezultatai rodo, kad sudrėkinus užpildą, įrenginio aerodinaminis pasipriešinimas gerokai padidėjo. Matavimai atlikti per įrenginį traukiant skirtingus oro kiekius. Pirmuoju atveju oro srauto debitas buvo 40, antruoju – 55, trečiuoju – 70 l/min, t. y. atitinkamai 0,67, 0,92 ir 1,17 l/s.

Oro srauto debitui esant 0,67 l/s, sausos ir drėgnos įkrovų aerodinaminis pasipriešinimas skyrėsi 27,6 %. Oro srauto debitą padidinus iki 0,92 l/s, aerodinaminio pasipriešinimo skirtumas tarp sausos ir sudrėkintos įkrovos buvo 20 %. Debitą padidinus iki 1,17 l/s, drėgnos įkrovos aerodinaminis pasipriešinimas buvo 28 % didesnis negu sausos.

## Išvados

1. Atlikus eksperimentinius tyrimus, nustatytas lašelinio biofilto, įkrauto dirbtinės kilmės įkrova, aerodinaminis pasipriešinimas. Tuo atveju, kai įkrova drėgna, įrenginio aerodinaminis pasipriešinimas buvo 20–30 % didesnis, negu kai įkrova sausa.
2. Kai per sausą įkrovą leidžiamo oro srauto greitis buvo 0,043 m/s, išmatavus keturių sekcijų biofiltrą aerodinaminis pasipriešinimas buvo 30,5 Pa; kai oro srauto greitis padidintas iki 0,076 m/s, įrenginio aerodinaminis pasipriešinimas padidėjo iki 62,5 Pa.
3. Per drėgną įkrovą traukiamo oro srauto greičiui esant 0,043 m/s, biofilto aerodinaminis pasipriešinimas išmatavus keturis sluoksnius buvo 42,1 Pa; oro srauto greitį padidinus iki 0,076 m/s, aerodinaminis filtro pasipriešinimas padidėjo iki 90,4 Pa.
4. Įkrovos drėgmė turi didelės įtakos įrenginio aerodinaminiam pasipriešinimui – sudrėkinus įkrovą, biofilto aerodinaminis pasipriešinimas gerokai padidėjo. Oro srauto debitui esant 0,67 l/s, sausos ir drėgnos įkrovų aerodinaminis pasipriešinimas skyrėsi 27,6 %. Debitą padidinus iki 1,17 l/s, drėgnos įkrovos aerodinaminis pasipriešinimas tapo 28,0 % didesnis negu sausos.

## Literatūra

- Baltrėnas, P.; Zagorskis, A. 2009. Investigation of cleaning efficiency of a biofilter with an aeration chamber, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 17(1): 12–19. doi:10.3846/1648-6897.2009.17.12-19
- Baltrėnas, P.; Zagorskis, A. 2010a. Air treatment efficiency of biofilter with adsorbing zeolite layer, *Ekologija* 56(1–2): 72–78.
- Baltrėnas, P.; Zagorskis, A. 2010b. Investigation into the air treatment efficiency of biofilters of different structures, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 18(1): 23–31. doi:10.3846/jeelm.2010.03
- Boswell, J. 2010. Understanding biofilters, *Pollution Engineering* 42(2): 14–18.
- Chou, M.; Li, S. 2009. Treatment VOC mixtures in air streams by a biofilter packed with fern chips, *Journal of Environmental Engineering and Management* 19(4): 203–211.
- Delhomenie, M.; Heitz, M. 2005. Biofiltration of air: a review, *Critical Reviews in Biotechnology* 25: 53–72. doi:10.1080/07388550590935814
- Eldon, R.; Murthy, D. V. S.; Swaminathan, T. 2010. Effect of flow rate, concentration and transient-state operations on the performance of a biofilter treating xylene vapors, *Water, Air and Soil Pollution* 211(1–4): 79–93. doi:10.1007/s11270-009-0282-7
- Gallastegui, G.; Muñoz, R.; Barona, A.; Ibarra-Berastegi, G.; Rojo, N. 2010. Evaluating the impact of water supply strategies on P-xylene biodegradation performance in an organic media-based biofilter, *Journal of Hazardous Materials* 185(2/3): 1019–1026.
- Govind, R. 2009. Biofiltration odors and VOC treatment technology of the future, *Pollution Equipment News* 42(1): 10–11.
- Gracy, S.; Hort, C.; Platel, V.; Gidas, M. B. 2006. Volatile organic compounds biofiltration with two packing materials, *Environmental Technology* 27(9): 1053–1061. doi:10.1080/09593332708618719
- Yang, C.; Makram, T.; Xueqing, Z.; Byung J.; Guangming, Z. 2008. Effect of gas empty bed contact time on performances of various types of rotating drum biofilters for removal of VOCs, *Water Research* 42(14): 3641–3650. doi:10.1016/j.watres.2008.05.012
- Jeong, D.; Jeongsik, O.; Yum, I.; Yongtaek, L. 2010. Removal of VOCs from their aqueous solution by pervaporation with PDMS-zeolite composite membrane, *Desalination and Water Treatment* 17: 242–247. doi:10.5004/dwt.2010.1724
- Kim, J.; Kam, S.; Lee, M. 2009. Characteristics of benzene, toluene and xylene gas removal by a biofilter using scoria, *International Journal of Environment and Pollution* 39(3/4): 264–278. doi:10.1504/IJEP.2009.028690
- Kleinheinz, G. T.; Bagley, S. T. 2006. Biofiltration for the removal and detoxification of a complex mixture of volatile organic compounds, *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 20(2): 101. doi:10.1038/sj.jim.2900493
- Malhautier, L.; Khammar, N.; Bayle, S.; Fanlo, J. 2005. Biofiltration of volatile organic compounds, *Microbiology and Biotechnology* 68(1): 16–22. doi:10.1007/s00253-005-1960-z
- Paulauskienė, T.; Zabukas, P.; Vaitiekūnas, P. 2009. Investigation of volatile organic compound (VOC) emission in oil terminal storage tank parks, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 17(2): 81–88. doi:10.3846/1648-6897.2009.17.81-88
- Ramirez, A.; Deschamps, J.; Jones, P.; Heitz, M. 2009. Experimental determination of kinetic parameters of methanol biodegradation in biofilters packed with inert and organic materials, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 85(3): 404–409. doi:10.1002/jctb.2286
- Ryu, H.; Kim, S.; Cho, K. 2010. Comparative studies on toluene removal and pressure drop in biofilters using different packing materials, *Journal of Environmental Biology* 31(3): 315–318.
- Singh, R. S.; Rai, B. N.; Upadhyay, S. N. 2010. Removal of toluene vapour from air stream using a biofilter packed with polyurethane foam, *Process Safety and Environmental Protection: Transactions of the Institution of Chemical Engineers Part B* 88(5): 366–371. doi:10.1016/j.psep.2010.06.001
- Skaistys, A.; Vaiškūnaitė, R. 2006. Biologinio oro valymo efektyvumo priklausomybė nuo temperatūros, iš *Aplinkos apsaugos inžinerija: 9-osios Lietuvos jaunujų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“*, įvykusios Vilniuje 2006 m. kovo 30 d., pranešimų medžiaga. Vilnius: Technika, 390–397.
- Vaiškūnaitė, R. 2008. Mathematical modelling of biofilter's temperature regimes, in *The 7th International Conference "Environmental Engineering"*: Selected papers, vol. 1. May 22–23, 2008, Vilnius, Lithuania. Vilnius: Technika, 433–441.
- Vakrina, E. 2007. *Matematinės statistikos pradmenys. Statistinių duomenų analizė, naudojant MS EXCEL*: metodiniai nurodymai neakivaizdininkams. Vilnius. 50 p.
- Zagorskis, A. 2009. *Mažo našumo oro valymo biofiltrų tyrimai ir kūrimas*. Vilnius: Technika. 145 p.
- Žarnauskas, L.; Zigmontienė, A. 2008. Basic characteristics analysis of biocharge in air cleaning biofilters, iš *Aplinkos apsaugos inžinerija 10-osios Lietuvos jaunujų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“*, įvykusios Vilniuje 2008 m. balandžio 3 d., pranešimų medžiaga. Vilnius: Technika, 456–462.

## RESEARCH ON THE AERODYNAMIC RESISTANCE OF TRICKLE BIOFILTER

A. Zagorskis, R. Spiečiūtė

Abstract

A four – section trickle biofilter was constructed for experimental research. The filter was filled with the packing material of artificial origin. The material consists of plastic balls having a large surface area. The dependence of biofilter aerodynamic resistance on supply air flow rate and the number of filter sections was determined. The aerodynamic resistance of the biofilter was measured in two cases. In the first case, the packing material of the filter was dry, whereas in the second case it was wet. The experimental research determined that an increase in the air flow rate from 0.043 m/s to 0.076 m/s causes an increase in biofilter aerodynamic resistance from 30.5 to 62.5 Pa after measuring four layers of dry packing material. In case of wet packing material, biofilter aerodynamic resistance after measuring four layers of plastic balls increases from 42.1 to 90.4 Pa.

**Keywords:** trickle biofilter, aerodynamic resistance, microorganisms, packing material.