



## بررسی ارتباط افت فشار و ظرفیت حذف هیدروژن سولفاید با بار ورودی در بیوفیلتراسیون با بستر لجن فعال و مخلوط لجن فعال با سیلیکای شلتوک برنج

نویسندگان: سید محمود مهدی نیا\* فوزیه بینتی عبدالطیف\*\* حسن تقی پور\*\*\*

\* نویسنده مسئول: استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی سمنان

تلفن: ۰۲۳۲-۵۲۵۰۹۲۱ Email: smmehdina@yahoo.com

\*\* استادیار گروه علوم محیط زیست، دانشکده مطالعات محیط زیست، دانشگاه پوترای مالزی (یوپی ام)

\*\*\* استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی تبریز

### چکیده

**سابقه و اهداف:** در سالهای اخیر محققین نشان دادند که افزایش افت فشار و پایین بودن ظرفیت حذف آلاینده ها از محدودیتهای سیستمهای بیوفیلتراسیون می باشند، بنابراین هدف اصلی این مطالعه بررسی ارتباط بین میزان افت فشار و ظرفیت حذف هیدروژن سولفاید ( $H_2S$ ) با میزان بار ورودی در سیستم بیوفیلتراسیون با کاربرد دو بستر لجن فعال خشک و مخلوط لجن فعال با سیلیکای حاصل از شلتوک برنج بوده است.

**روش بررسی:** دو فیلتر از جنس پلی وینیل کلراید به حجم هر فیلتر ۱ لیتر طراحی و ساخته شد. لجن فعال خشک از تصفیه خانه فاضلاب شهری پوتراجای مالزی تهیه گردید. سیلیکای شلتوک برنج پس از اسید شویی و احتراق با حرارت ۸۰۰ درجه سانتی گراد بمدت ۴ ساعت در کوره تهیه شد. سیستم با زمان ماندهای خالی (EBRT) مختلف از ۳۰ تا ۹۰ ثانیه و بارهای ورودی  $H_2S$  از ۱۸/۳۶ تا  $54\text{ gm}^{-3}\text{h}^{-1}$  مورد آزمایش قرار گرفت.

**یافته ها:** این مطالعه نشان داده است که بر اساس آنالیز آماری همبستگی پیرسون بین افزایش بار ورودی  $H_2S$  و میزان ظرفیت حذف در هر دو بستر رابطه مستقیم و قوی وجود دارد ( $p < 0.01$ ). همچنین تحت شرایط  $54\text{ gm}^{-3}\text{h}^{-1}$  بار ورودی  $H_2S$  و EBRT ۳۰ ثانیه، ماکزیمم ظرفیت حذف  $H_2S$  در فیلتر با بستر لجن فعال و بستر مخلوط لجن و سیلیکای شلتوک به ترتیب  $44/33$  و  $52/53\text{ gm}^{-3}\text{h}^{-1}$  بوده است. علاوه بر این بر اساس آنالیز آماری همبستگی پیرسون، در هر دو بستر بین افزایش بار ورودی  $H_2S$  و افت فشار یک رابطه مستقیم و قوی وجود دارد ( $p < 0.01$ ). بطوریکه تحت شرایط با بار ورودی مختلف از ۱۸/۳۶ تا  $54\text{ gm}^{-3}\text{h}^{-1}$  و زمان های مختلف کارکرد فیلتر تا ۵۳ روز، میزان افت فشار در صافی با بستر لجن فعال و بستر مخلوط لجن فعال و سیلیکای برنج به ترتیب  $8/0$  و  $3/0\text{ mm H}_2\text{O}$  بوده است.

**نتیجه گیری:** مطالعه حاضر نشان داده است که هر چند بین افزایش بار ورودی  $H_2S$  و ظرفیت حذف و افت فشار رابطه مستقیم و مثبت وجود دارد اما بستر مخلوط لجن فعال با سیلیکای شلتوک برنج دارای ظرفیت حذف بیشتر و افت فشار کمتری بوده است.

**واژه های کلیدی:** هیدروژن سولفاید، ظرفیت حذف، افت فشار، لجن فعال، سیلیکای شلتوک برنج

## طلوع بهداشت

فصلنامه علمی پژوهشی

دانشکده بهداشت یزد

سال دهم

شماره: سوم و چهارم

بایز و زمستان ۱۳۹۰

شماره مسلسل: ۳۲

تاریخ وصول: ۱۳۹۰/۸/۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۱/۱۰



## مقدمه

در طول دهه های گذشته توسعه های ناپایدار بشر نگرانی های رو به تزایدی را درخصوص آلودگی های زیست محیطی به خصوص آلودگی هوا ایجاد نموده است. بهمین دلیل کنترل و تصفیه آلودگی هوا یکی از مهمترین چالشهای زیست محیطی سال های اخیر بشمار می رود. بنابر این، کنترل و تصفیه آلاینده های هوا یکی از جدی ترین نگرانی های بهداشتی و زیست محیطی امروز بشر محسوب می شود (۱،۲،۳). گاز هیدروژن سولفاید یکی از آلاینده های مهم و اصلی هواست که باعث ایجاد بوی ناخوشایند می شود و یک گاز خورنده و سمی و نیز منبعی برای تشکیل باران های اسیدی است (۴). هیدروژن سولفاید از فرآیندهای مختلف صنعتی نظیر صنایع پتروشیمی، دباغی، داروسازی و تسهیلات تصفیه فاضلاب و غیره تولید می شود. در شرایط واقعی این گاز آلاینده می تواند تا کیلومترها از محل تولید انتشار یابد و ایجاد بوی بد نماید (۵). روشهای متداول حذف این آلاینده ها، مثل استفاده از جاذبهای سطحی نظیر کربن فعال، اکسیداسیون با کاتالیست یا احتراق، سوزاندن و غیره اغلب روشهای پرهزینه ای می باشند (۶). گرانی فناوریهای جاذب-کاتالیست موجب جلب توجه محققین برای معرفی و تولید گزینه های کم هزینه شده است (۷). سیستمهای تصفیه بیولوژیکی یکی از جدیدترین فرآیندهای تصفیه گازهای آلاینده برای رفع این مشکل بشمار می روند (۸).

یکی از شاخصه های مهم ارزیابی عملکرد صافیهای بیولوژیکی تعیین ظرفیت حذف آلاینده ها می باشد (۹،۱۰). افت فشار نیز یکی فاکتورهای مهم دیگر در ارزیابی عملکرد صافی ها

می باشد. همانگونه که روشنی و همکاران (۲۰۰۵) توضیح داده اند، هرگونه افزایش افت فشار باعث افزایش هزینه کارکرد صافی ها خواهد شد زیرا افزایش افت فشار نیاز به فشار برای تامین جریان ثابت را افزایش می دهد (۱۱). شلتوک برنج یک محصول جانبی فرآیند تولید برنج می باشد که هزینه تولید جاذب از آنها تنها به اندازه یک درصد تهیه کربن فعال تجاری است (۱۲). لذا در این تحقیق میزان ظرفیت حذف و افت فشار ناشی از کاربرد دو بستر لجن فعال خشک و مخلوط لجن فعال با سیلیکای شلتوک برنج در حذف هیدروژن سولفاید و ارتباط میزان افت فشار و ظرفیت حذف با میزان بار ورودی مورد بررسی قرار گرفته است.

## روش بررسی

مطالعه حاضر یک مطالعه تجربی و در مقیاس آزمایشگاهی بود که در آزمایشگاه دپارتمان علوم محیط زیست دانشکده مطالعات محیط زیست دانشگاه پوترای مالزی (یو پی ام) در سالهای ۸۹-۱۳۸۸ انجام شد. در این مطالعه لجن فعال خشک و مخلوط لجن فعال و سیلیکای شلتوک برنج، بعنوان بستر فیلترها مورد استفاده قرار گرفتند. لجن فعال خشک با مخلوط جمعیت میکروبی از تصفیه خانه فاضلاب شهری پوتراجایای مالزی تهیه گردید. سیلیکای شلتوک برنج مطابق روش Jamwal و Manti تهیه گردید (۱۳). در این روش ابتدا شلتوک خام با آب لوله کشی شسته و سپس به مدت ۲۴ ساعت در حرارت ۱۱۰ درجه سانتیگراد خشک شد. سپس در فرآیند اسید شویی با اسید کلریدریک ۳ درصد و اسید سولفوریک ۱۰ درصد (حجمی) به نسبت ۵۰ گرم از شلتوک با ۱ لیتر از مخلوط این دو اسید به



(USA) که مجهز به دتکتور با دقت بسیار بالا در حد ppb بود اندازه گیری شد. ظرفیت حذف (EC) گاز H<sub>2</sub>S مطابق رابطه زیر محاسبه گردید.

$$EC [g/m^3 \cdot hr] = (CG_i - CG_o) \times Q / Vf$$

که Q میزان دبی جریان (m<sup>3</sup>/h)، Vf حجم بستر فیلتر (m<sup>3</sup>)، CG<sub>o</sub> و CG<sub>i</sub> غلظت‌های هیدروژن سولفاید در ورودی و خروجی فیلتر (ppm) (۹،۱۰،۱۴).

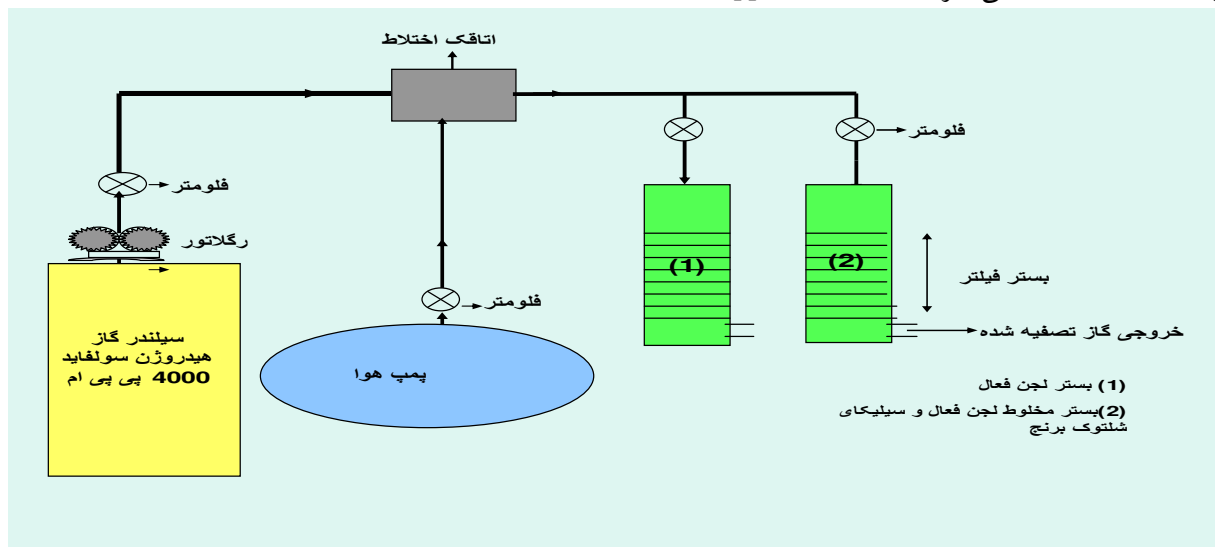
برای اندازه گیری میزان افت فشار در بستر صافی ها بعنوان شاخص مهم در عملکرد فیلتر نیز مطابق مطالعه Abumaizar از مانومتر یو شکل استفاده شده است (۱۵).

برای آنالیز داده ها از آمار توصیفی برای نشان دادن میزان ظرفیت حذف H<sub>2</sub>S و افت فشار بستر صافی استفاده شده است. همچنین برای بررسی ارتباط بین میزان افت فشار و ظرفیت حذف H<sub>2</sub>S با میزان بار ورودی در سیستم، آنالیز آماری همبستگی پیرسون (Pearson Correlation) مورد استفاده قرار گرفته است.

مدت ۲ ساعت قرار گرفت. پس از آن با آب مقطر شسته شده و در آون با حرارت ۱۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴ ساعت خشک شد. در مرحله آخر در کوره با حرارت ۸۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴ ساعت سیلیکای شلتوک برنج تهیه شد.

دو فیلتر از جنس پلی وینیل کلراید (پی وی سی) به حجم ۱ لیتر از بسترهای تهیه شده مورد آزمایش قرار گرفت. سیلندر گاز H<sub>2</sub>S با غلظت استاندارد ۴۰۰۰ قسمت در میلیون (پی پی ام) بعنوان مخزن گاز آلاینده مورد استفاده قرار گرفت. از یک پمپ هوا بمنظور رقیق کردن گاز و تولید غلظتهای مختلف مورد نیاز گاز H<sub>2</sub>S در اتاقک اختلاط استفاده شده است. گاز H<sub>2</sub>S بصورت جریان رو به پایین از فیلتر عبور داده شده است. شماتیک فلودباگرام طرح اجرا شده در شکل ۱ نشان داده شده است. سیستم تحت شرایط با زمان ماندهای خالی از ۳۰ تا ۶۰ ثانیه و بارهای ورودی مختلف گاز H<sub>2</sub>S از ۱۸/۳۶ تا ۵۴ gm<sup>-3</sup>h<sup>-1</sup> مورد آزمایش قرار گرفت.

غلظتهای هیدروژن سولفاید در ورودی و خروجی فیلتر هر روز توسط دستگاه وی او سی متر (model ppb RAE 3000



شکل ۱. شماتیک فلودباگرام طرح اجرا شده

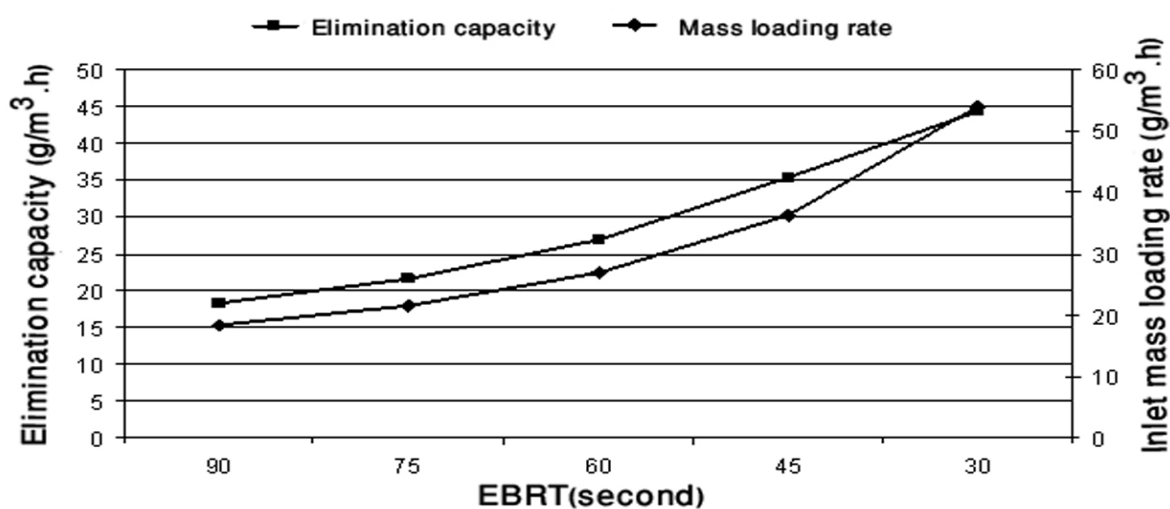


## یافته ها

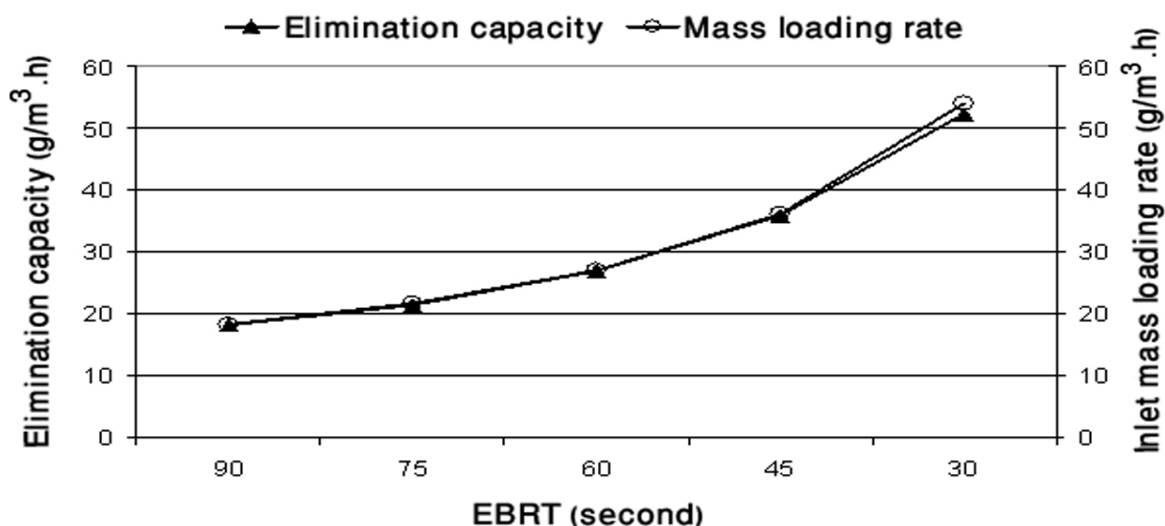
(نمودار ۱ و ۲). همچنین آنالیز آماری همبستگی پیرسون نشان داده

است که بین افزایش بار ورودی هیدروژن سولفاید و میزان ظرفیت حذف در فیلتر با بستر لجن فعال رابطه مستقیم و قوی وجود دارد ( $r = 0.98$ ,  $p = 0.002$ ) بطوریکه این رابطه در فیلتر با بستر مخلوط لجن فعال و سیلیکای شلتوک برنج بصورت رابطه مستقیم و کامل می باشد ( $r = 1.000$ ,  $p = 0.001$ ).

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داده است که تحت شرایط  $54 \text{ gm}^{-3}\text{h}^{-1}$  بار ورودی هیدروژن سولفاید و زمان ماند خالی (EBRT) ۳۰ ثانیه، ماکزیمم ظرفیت حذف هیدروژن سولفاید در فیلتر با بستر لجن فعال و بستر مخلوط لجن با سیلیکای شلتوک برنج به ترتیب ۳۳ و  $44/53 \text{ gm}^{-3}\text{h}^{-1}$  بوده است



نمودار ۱. میزان ظرفیت حذف در مقابل زمان ماند خالی بستر و بارهای مختلف ورودی در صافی با بستر لجن فعال

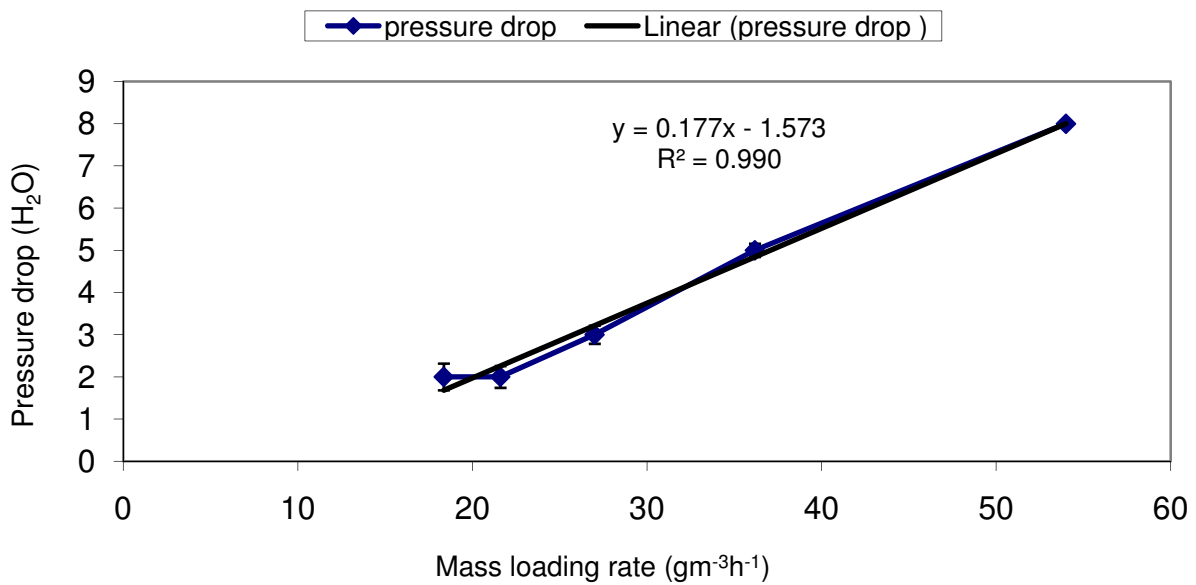


نمودار ۲. میزان ظرفیت حذف در مقابل زمان ماند خالی بستر و بارهای مختلف ورودی در صافی با بستر مخلوط لجن فعال و سیلیکای شلتوک برنج

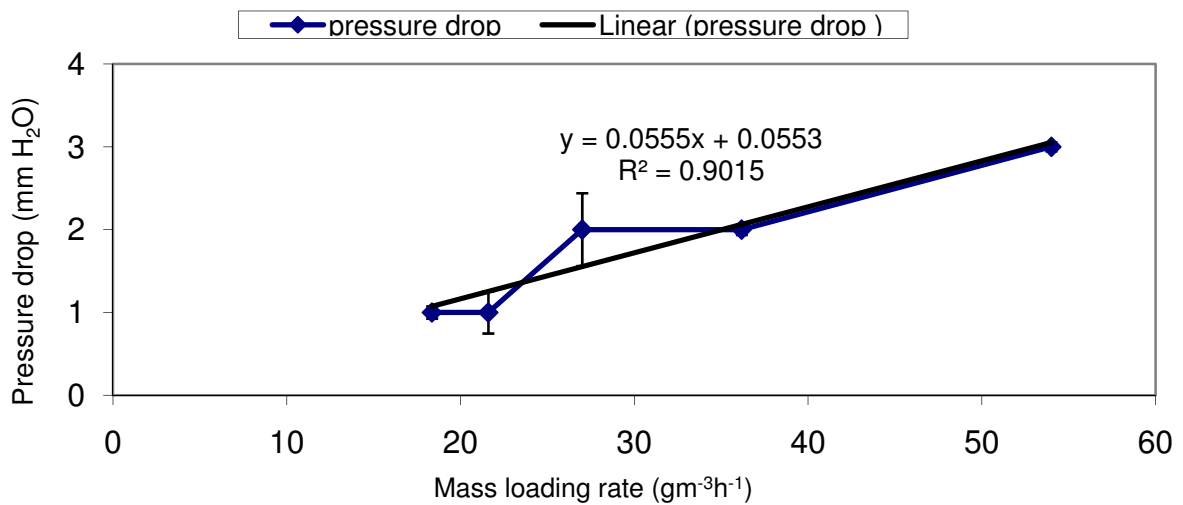


فشار یک رابطه مستقیم و قوی وجود دارد ( $r = 0.98$ ,  $p = 0.002$ ) (نمودار ۳). همچنین نتایج این مطالعه نشان داده است که رابطه مستقیم و معنی داری نیز بین افزایش بار ورودی  $H_2S$  و افزایش افت فشار در صافی با بستر مخلوط لجن فعال و سیلیکای شلتوک برنج وجود دارد ( $r = 0.96$ ,  $p = 0.002$ ) (نمودار ۴).

تحقیق حاضر نشان داده است که تحت شرایط با بار ورودی مختلف از ۱۸/۳۶ تا  $54 \text{ gm}^{-3}\text{h}^{-1}$  و زمان های مختلف کارکرد فیلتر تا ۵۳ روز، میزان افت فشار در صافی با بستر لجن فعال و بستر مخلوط لجن فعال و سیلیکای برنج به ترتیب ۸/۰ و ۳/۰  $\text{mm H}_2\text{O}$  بوده است. بر اساس آنالیز آماری همبستگی پیرسون، در صافی با بستر لجن فعال بین افزایش بار ورودی  $H_2S$  و افت



نمودار ۳. ارتباط بین میزان افت فشار و بارهای مختلف ورودی در صافی با بستر لجن فعال



نمودار ۴. ارتباط بین میزان افت فشار و بارهای مختلف ورودی در صافی با بستر مخلوط لجن فعال و سیلیکای شلتوک برنج



## بحث و نتیجه گیری

در سیستمهای بیوفیلتراسیون بتدریج افزایش توده های سلولی باعث گرفتگی خلل و فرج بستر فیلترها شده و موجب کاهش جریان گاز عبوری خواهد شد (۱۶) که این امر باعث افزایش افت فشار در بیوفیلترها می شود (۱۷). مطالعه حاضر نشان داده است که تغییرات افت فشار تحت شرایط با بار ورودی مختلف، ناگهانی و شدید نبوده است که این نتیجه با نتایج مطالعه Sheridan همسو می باشد (۱۸). در این تحقیق ماکزیمم افت فشار در بیوفیلترها با بستر لجن فعال ۸ و با بستر مخلوط لجن فعال و سیلیکای شلتوک برنج ۳ میلیمتر آب بوده است که در مقایسه با مطالعه روشنی و همکاران با افت فشار ۱۸ میلیمتر آب، کمتر بوده است (۱۱). مطالعه حاضر نشان داده است که با کاربرد سیستم بیوفیلتراسیون

با دو بستر: (۱) مخلوط لجن فعال با سیلیکای شلتوک برنج و (۲) لجن فعال، هر چند بین افزایش بار ورودی هیدروژن سولفاید و ظرفیت حذف و افت فشار رابطه مستقیم و مثبت وجود دارد اما بستر مخلوط لجن فعال با سیلیکای شلتوک برنج دارای ظرفیت حذف بیشتر و افت فشار کمتری نسبت به بستر لجن فعال بوده لذا می تواند بعنوان یک بستر مناسبتر در تصفیه و حذف هیدروژن سولفاید مورد توجه قرار گیرد.

## تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی مصوب به شماره ۹۱۸۰۶ در دانشگاه پوترای مالزی (UPM) می باشد لذا نویسندگان مقاله از مسئولین دانشگاه مربوطه بخاطر حمایتهای مالی این تحقیق قدردانی بعمل می آورند.

## Reference

- 1- Mehdinia SM, AbdulLatif P, MakmomAbdullah A, et al. Synthesize and characterization of rice husk silica to remove the hydrogen sulfide through the physical filtration system. *Asian J Sci Res* 2011; 4(3): 246-254.
- 2- Seyyednejad SM, Majdian K, Koochak H, et al. Air pollution tolerance indices of some plants around industrial zone in South of Iran. *Asian J Biol Sci* 2011; 4: 300-305.
- 3- Moosavi G R, Naddafi K, Mesdaghinia A, et al. H<sub>2</sub>S removal in an oxidative packed bed scrubber using different chemical oxidants. *J Applied Sci* 2005; 5 (4): 651-654.
- 4- Stepova KV, Maquarrie DJ, Krip I M. Modified bentonites as adsorbents of hydrogen sulfide gases. *Applied Clay Sci* 2009; 42: 625-628.
- 5- Jeong GT, Lee GY, Cha JM, et al. Comparison of packing materials in biofilter system for the biological removal of hydrogen sulfide: polypropylene fibrils and volcanic stone. *Korean J Chem Eng* 2008; 25(1): 118-123.
- 6- Massoudinejad M R, Manshouri M, Khatibi M, et al. Hydrogen sulfide removal by *Thiobacillus thioparus* bacteria on seashell bed biofilters. *Pak J Biol Sci* 2008; 11: 920-924.



- 7- Ros A, Montes-Moran M A, Fuente E, et al. Dried sludge and sludge-based chars for H<sub>2</sub>S removal at low temperatur: Influence of sewage sludge characteristic. *Environ Sci Technol* 2006; 40: 302-309.
- 8- Hort C, Gracy S, Platel V, et al. Evaluation of sewage sludge and yard waste compost as a biofilter media for the removal of ammonia and volatile organic sulfur compounds (VOSCs). *Chemical Engineering Journal* 2009; 152: 44-53.
- 9- Taghipour H, Shahmansoury MR, Bina B, et al. Comparison of the biological NH<sub>3</sub> removal characteristics of a three stage biofilter with a one stage biofilter. *Int J Environ Sci Technol* 2006; 3: 417-424.
- 10- Oyarzun P, Arancibia F, Canales C, et al. Biofiltration of high concentration of hydrogen sulphide using *Thiobacillus thioparus*. *Process Biochemistry* 2003; 39(2): 165-170.
- 11- Roshani B, Torkian A, Dehghanzaheh R, et al. Performance evaluation of biofiltration in the removal of hydrogen sulfide from gas flue. *Proceedings of the International Congress on Biotechniques for Air Pollution Control*, La Coruna, Spain, 2005.[Persian]
- 12- Balalai F, Jafarian M, Soloki M. Using rice husk as a cheap solution for wastewater treatment. *J. Water Environ* 2000; 41: 441-453. [Persian]
- 13- Jamwal RS, Mantri S. Utilisation of rice husk for derivation chemicals. Nandini Consultancy, global information Source for Chemical, Pharmaceutical and Allied Industries. Available from: URL: <http://www.nandinichemical.com/2007febjournal.html>.
- 14- Kun E. Development of a foamed emulsion bioreactor for air pollution control [Ph.D Thesis]. California Riverside, Univ: 2005.
- 15- Abumaizar RJ, Kocher W, Smith EH. Biofiltration of BTEX contaminated air streams using compost-activated carbon filter media. *Journal of Hazardous Materials* 1998; 60: 111-126.
- 16- Baquerizo G, Masetre J P, Sakuma T, et al. A detailed model of a biofilter for ammonia removal: Model parameters analysis and model validation. *Chemical Engineering Journal* 2005; 113: 1-10.
- 17- Malhautier L, Gracian C, Roux J-C, et al. Biological treatment process of air loaded with an ammonia and hydrogen sulfide mixture. *Chemosphere* 2003; 50(1): 145-153.
- 18- Sheridan B, Curran T, Dodd V, et al. Biofiltration of odour and ammonia from a pig unit- a pilot-scale study. *Biosystem Engineering* 2002; 82 (4): 441-453.



## Relationship between Pressure Drop and H<sub>2</sub>S Elimination Capacity and Mass Loading Rates in Bifiltration Using Activated Sludge and Mixed Activated Sludge and Rice Husk Silica

Mehdinia S M\* (Ph.D) Abdul Latif P\*\* (Ph.D) Taghipour H \*\*\*(Ph.D)

\*Corresponding author: Assistant Professor, Department of Environmental Health, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran.

\*\* Assistant Professor, Department of Environmental Sciences, University Putra Malaysia, 43400 Serdang, Selangor Darul Ehsan, Malaysia.

\*\*\* Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran.

### Abstract

**Background:** In recent years researchers have shown that increasing in pressure drop and low amount of elimination capacity are two main limitations of biofiltration systems in pollutants treatment. Therefore, the main goal of this study was to investigate the relationship between pressure drop and hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S) elimination capacity with different mass loading rates in biofiltration system using activated sludge and mixed activated sludge and rice husk silica as packing materials.

**Methods:** Two poly vinyl chloride (PVC) filters with one liter of prepared bed were tested for each filter. Dried activated sludge was collected from Putrajaya sewage treatment plant in Malaysia. The system was tested from different empty bed residence time (EBRT) from 30 to 90 sec and different H<sub>2</sub>S mass loading rate from 18.36 to 54 gm<sup>-3</sup>h<sup>-1</sup>.

**Results:** Based on the statistical analysis of Pearson correlation, there was a direct and very high relationship between the increasing hydrogen sulfide mass loading rate and the amount of pressure drop in the both packed filters (p<0.01). Also, with the H<sub>2</sub>S mass loading rate of 54 gm<sup>-3</sup>h<sup>-1</sup> and EBRT of 30 s, the maximum elimination capacity was obtained in the activated sludge and mixed rice husk silica with dried activated sludge packed filters up to 52.32 and 44.33, respectively. Moreover, based on the statistical analysis of the Pearson correlation, there was a direct and very high correlator between the increasing H<sub>2</sub>S mass loading rate and the amount of pressure drop in the both filters (p<0.01). After 53 days of operating time and 54 gm<sup>-3</sup>h<sup>-1</sup> of mass loading rates, the maximum pressure drop reached to 3.0 and 8.0 (mm H<sub>2</sub>O) for the mixed rice husk silica with dried activated sludge packed and dried activated sludge packed filters, respectively.

**Conclusion:** Based on the results of the study, there is a direct and positive relationship between the increasing H<sub>2</sub>S mass loading rate and the amount of pressure drop and elimination capacity in both filters, but mixed rice husk silica with dried activated sludge showed higher elimination capacity and lower pressure drop.

**Keywords:** Hydrogen sulfide, Elimination capacity, Pressure drop, Activated sludge, Rice