Archive of SID

Environment and Water Engineering
ISSN: 2476-3683

محیط زیست و مهندسی آب
شاپک : ۲۴۷۶-۳۶۸۳

بررسی کاهش عوامل بوزا از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری به روش بیوفیلتراسیون

عبداله سمیعی بیرق، مینا رضائی و محمد مشکینی

دوره ۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، صفحات ۱۰۶- ۹۶

Vol. 6(2), Summer 2020, 96 – 106

DOI: 10.22034/jewe.2020.205055.1333

Investigating the Reduction of Odorous Agents from Municipal Wastewater Treatment Plants by Biofiltration

Samee Bayraghi A., Rezaee M. and Meshkini M.

www.jewe.ir

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله:

سمیعی بیرق ع.، رضائی م. و مشکینی م. (۱۳۹۹). بررسی کاهش عوامل بوزا از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری به روش بیوفیلتراسیون. محیط‌زیست و مهندسی آب، دوره ۶، شماره ۲، صفحات: ۱۰۶-۹۶.

Citing this paper: Samee Bayraghi A., Rezaee M. and Meshkini M. (2020). Investigating the reduction of odorous agents from municipal wastewater treatment plants by biofiltration. Environ. Water Eng., 6(2), 96–106. DOI: 10.22034/jewe.2020.205055.1333.

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی کاهش عوامل بوزا از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری به روش بیوفیلتراسیون

عبداله سمیعی بیرق*[۱]، مینا رضائی[۲] و محمد مشکینی[۳]

[۱]مربی، گروه پژوهشی کانه آرایی و هیدرومتالورژی، پژوهشکده فراوری مواد معدنی، جهاددانشگاهی واحد تربیت مدرس، تهران، ایران

[۲]کارشناس ارشد مهندسی عمران، گروه پژوهشی معدن و محیط‌زیست، جهاد دانشگاهی واحد دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

[۳]دانشجوی دکتری، گروه پژوهشی کنترل و مدل سازی سیستم های فراوری مواد معدنی، پژوهشکده فراوری، مواد معدنی جهاددانشگاهی واحد تربیت مدرس، تهران، ایران

***نویسنده مسئول**: samiee@acecr.ac.ir

مقاله اصلی

تاریخ دریافت: [۱۳۹۸/۰۷/۲۱] **تاریخ بازنگری:** [۱۳۹۹/۰۲/۱۶] **تاریخ پذیرش:** [۱۳۹۹/۰۲/۳۱]

چکیده

بیوفیلترا سیون یک فن‌آوری جدید جهت کنترل آلاینده‌های هوا با قیمت پایین، بازدهی بالا، عملکرد ساده و عدم ایجاد مواد زائد ا ست. هدف از این پژوهش، بررسی قابلیت حذف و یا کاهش عوامل بوزا با سیستم بیوفیلتراسیون جهت افزایش ایمنی و سلامت پرسنل تصفیه‌خانه بود. در این پژوهش، از راکتور بیولوژیکی ستون بیوفیلتر با قطر داخلی ۱۴ و طول ۹۵ cm به مدت ۱۲ month در مجاورت حوضچه تغلیظ لجن در دمای محیط جهت کاهش بو استفاده شد. غلظت گاز سولفید هیدروژن، گاز آمونیاک، غلظت ترکیبات آلی سولفوره و غیره مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. جهت ایجاد شرایط مناسب برای رشد تعداد بیومس در بستر بیوفیلتر از عناصر مغذی استفاده شد. نتایج نشان داد که راندمان حذف هیدروژن سولفید در زمان‌ماند بستر خالی ۳۰ و ۱۵ s بالاتر از ۹۷٪ و برای آمونیاک در زمان‌ماند بستر خالی ۳۰، ۱۵ و ۱۰s بالاتر از ۹۶٪ بود. نتایج آزمایشگاهی نشان داد که عامل انتشار بو در تصفیه‌خانه فاضلاب شهری گازهای H_2S و NH_3 بوده و سیستم بیوفیلتراسیون قابلیت حذف بالغ بر ۹۵٪ ترکیبات مولد بو را دارد. روش بیوفیلتراسیون غلظت H_2S و NH_3 را از هوای تصفیه‌خانه به کم‌تر از حد مجاز و مطابق با استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست رسانده و بنابراین برای ارتقای ایمنی و بهداشت پرسنل مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آمونیاک؛ ایمنی و سلامت پرسنل؛ بیوفیلتراسیون؛ ترکیبات مولد بو؛ هیدروژن سولفید.

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

آلودگی هوا به علت وجود ترکیبات گازی، مایع، جامد و یا مخلوطی از آن‌ها است که بسته به منشأ تولید، ماهیت، غلظت و مدت‌زمان حضور در جو، به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم، سلامتی، بهداشت و ایمنی انسان را به خطر انداخته، و به جانوران، گیاهان، ساختمان‌ها و اجسام آسیب می‌رساند. به‌طورکلی آلودگی هوا امنیت، رفاه و آسایش عمومی و تعادل طبیعی محیط‌زیست و جو را مختل می‌سازد (Lebrero et al. 2013). تولید بو از دیرباز به‌عنوان یکی از دغدغه‌ها و نگرانی‌های صنعت آب و فاضلاب بخصوص در مجاورت جوامع انسانی و مناطق مسکونی مطرح بوده است. با راهبری، مدیریت صحیح و پایش‌های منظم و مکرر، تولید بو در تأسیسات مذکور به حداقل کاهش می‌یابد و به تبع آن امنیت، آرامش و سلامتی نیز بهبود و ارتقا پیدا می‌کند (Elsgaard 2009).

طی انجام فرآیند تصفیه فاضلاب، در اثر تجزیه ترکیبات آلی گوگرددار و نیتروژن‌دار، بوهای نامطبوعی در محوطه تصفیه‌خانه، آشغال‌گیرها، ایستگاه‌های پمپاژ و مکان‌های دیگر تولید می‌شود و شاخص‌ترین آن گاز H_2S است (Morgan-Sagatume and Noyola 2006). علاوه بر گاز H_2S گازهای دیگری نظیر CH_4، CO_2 و N_2 نیز تولید می‌شود (Malhautier et al. 2012)، اما این گازها از نظر شیمیایی خنثی بوده و اثر خفقان‌آور بودن آن‌ها درنتیجه کاهش و ترقیق اکسیژن موجود در هوای تنفسی است، اما گاز H_2S اثر متفاوت و خطرناکی دارد (Koheni et al. 2012; Elsgaard 2009).

گاز H_2S که در اثر فعالیت باکتری‌های بی‌هوازی از قبیل دسولفودیبریودسولفوریکانس تولید می‌شود، درنتیجه احیاء سولفات توسط باکتری‌های مذکور است که از سولفات به‌عنوان پذیرنده الکترون استفاده می‌کنند که مهم‌ترین عامل تولید این گاز در فاضلاب است (Koheni et al. 2012; Brown 1997). H_2S یک گاز خطرناک، سمی، بی‌رنگ و قابل اشتعال با بوی تخم‌مرغ گندیده بوده و دارای آستانه بویایی پایین (کم‌تر از ۰/۲ ppm) است. در غلظت‌های بالاتر ۴۰۰-۵۰۰ ppm کشنده بوده و از طریق فلج کردن مرکز تنفسی و سیستم عصبی باعث مرگ می‌شود. بدین ترتیب که در خون اکسیدشده و به ترکیباتی که ازنظر فارموکولوژی بی‌اثر هستند نظیر سولفات و تیوسولفات تبدیل می‌شود در این موارد آثار آن به‌طور عمده روی سلسله اعصاب ظاهرشده و پس از مدت کوتاهی تند شدن تنفس و فلج دستگاه تنفسی اتفاق می‌افتد و درصورتی‌که فرد مسموم به منطقه سالم انتقال داده نشود، مرگ حتمی است. از دیگر عوارض آن در غلظت‌های پایین‌تر می‌توان به سرگیجه، خستگی مفرط، افسردگی، اختلالات روحی، خواب‌آلودگی، افزایش ضربان قلب کاهش قدرت بینایی و فلج اعصاب بویایی اشاره کرد. لازم به ذکر است حداکثر غلظت مجاز برای تماس‌های طولانی با این گاز ۱۰ ppm است (Streese et al. 2005).

از روش‌هایی مانند شوینده‌های مرطوب، سوزاندن و احتراق، جذب سطحی توسط کربن فعال، تماس دهنده‌های ازن و نهایتاً فیلتراسیون بیولوژیکی برای خنثی‌سازی و از بین بردن بوی گاز H_2S استفاده می‌شود (Koheni et al. 2012). روش‌های فیزیکوشیمیایی به علت مصرف زیاد انرژی، مواد شیمیایی و هزینه‌های دفع مواد باقیمانده مناسب نیستند (Jonec et al. 2013). فناوری زیستی (بیوفیلتراسیون) عملی‌ترین، کارآمدترین و مقرون به‌صرفه‌ترین، روش کنترل و حذف بو و آلاینده‌های هوابرد، میست‌ها و بخارات می‌باشد (Streese et al. 2005).

بیوفیلتر شامل مجموعه‌ای از فرآیندهای مختلف نظیر جذب، جذب سطحی، تجزیه و واجذبی است (Keshavarzi Shirazi et al. 2006; Shah Mansouri et al. 2004). قابلیت منحصربه‌فرد بیوفیلترها در پذیرش و تصفیه حجم زیاد هوا با غلظت‌های بالای مواد آلاینده گازی و نهایتاً راندمان مطلوب و قابل‌قبول باعث شده تا کاربرد آن در جهان روزبه‌روز گسترش یابد (Lebrero et al. 2013).

سیستم بیوفیلتراسیون شامل یک محفظه حاوی ترکیبات آلی و جمعیت میکروارگانیسم‌ها است که جریان هوای آلوده از میان بستر عبور می‌کند. هنگام عبور گازهای آلوده از بستر بیوفیلتر، آلاینده‌ها به بیوفیلم انتقال‌یافته و توسط جمعیت میکروبی بستر تجزیه و به کربن و انرژی تبدیل می‌شوند. در حین واکنش‌های اکسیداسیون، ترکیبات آلاینده و بوزا به ترکیبات بدون بو مانند کربن دی‌اکسید، آب و توده بیومس تبدیل می‌شوند (Keshavarzi

www.SID.ir

Archive of SID

(Shirazi et al. 2006; Shah Mansouri et al. 2004).

بنابراین هدف از تحقیق حاضر مطالعه قابلیت حذف و یا کاهش عوامل بوزا با سیستم بیوفیلتراسیون در راستای تأمین ایمنی، بهداشت و سلامت پرسنل تصفیه‌خانه و ساکنین اطراف آن ست.

۲- مواد و روش‌ها

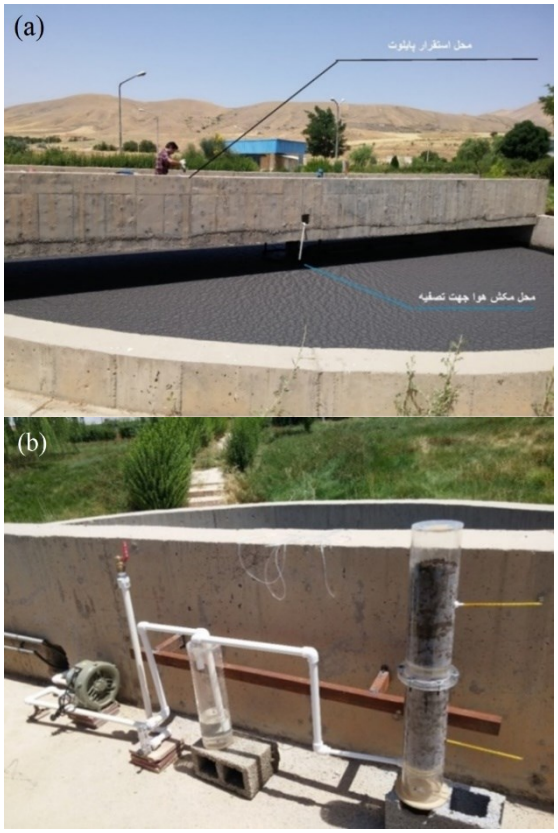
این پژوهش به‌علت استشمام بوی آزاردهنده از حوضچه تغلیظ لجن در تصفیه‌خانه فاضلاب شهری استان کردستان جهت تصفیه آلاینده‌های بوزای خروجی موردبررسی قرار گرفت.

۲-۱- مشخصات بو

هیدروژن سولفید طبق اندازه‌گیری‌های انجام شده عامل اصلی ایجادکننده بو در حوضچه تغلیظ لجن بود. نمونه‌برداری و سنجش غلظت H_2S در ساعات مختلف روز صورت گرفت. سنجش میزان انتشار آمونیاک همانند سنجش غلظت H_2S انجام گرفت. میانگین غلظت ورودی آمونیاک به بیوفیلتر برابر ۷/۴۷۴ ppm بود. نمونه‌برداری از مرکاپتان‌ها طی چند دوره انجام گرفت و در تمامی دوره‌ها هیچ یک از ترکیبات مرکاپتانی شناسایی نشدند.

۲-۲- تجهیزات

مهمترین وسیله برای انجام این طرح ستون بیوفیلتر است. ستون بیوفیلتر با قطر داخلی cm ۱۴ و طول cm ۹۵ که به‌وسیله فلنج به دو قسمت ۴۰ و cm ۴۵ جدا می‌شوند، طراحی و ساخته شد. در بخش تحتانی بستر در هر لایه، صفحه مشبک با سوراخ‌های نامنظم که مسئولیت جدا کردن و نگه‌داشتن بستر و توزیع مناسب هوا به بستر را دارد، قرار داده شد. نمایی از سیستم بیوفیلتر در شکل (۱) نشان داده شده است. در هر قسمت، محلی برای بازرسی بستر، نمونه‌برداری و نصب دماسنج طراحی و ساخته شد. علاوه بر آن دو محل برای نصب بارومتر، یکی در ابتدای ستون (فضای خالی پایین لایه اول) و دیگری در انتهای ستون پایلوت (فضای خالی بالای لایه دوم) طراحی و نصب گردید. هوای ورودی از قسمت پایین دیواره ستون و از دریچه‌ای به قطر cm ۲ وارد و بعد از گذشت از لایه اول و دوم از بالای سطح مقطع ستون به بیرون هدایت می‌شد. برای خارج کردن شیرابه تولیدی دریچه‌ای به قطر cm ۱ در سطح مقطع پایینی طراحی و ساخته شد که توسط لوله‌ای با همین قطر (که همیشه مسدود بود و در زمان تخلیه شیرابه به مدت چند ثانیه باز می‌شد) به مخزن ذخیره شیرابه متصل گردید. به‌منظور جلوگیری از تأثیرپذیری دمای بستر از دمای محیطی کل ستون به‌وسیله پشم‌شیشه پوشانده شد. جهت اندازه‌گیری دبی هوای ورودی به پایلوت از فلومتر با قابلیت سنجش دبی ۰/۴ تا m^3/h ۴ بر روی پایلوت نصب شد. همچنین پیش از سیستم اصلی یک برج رطوبت‌ساز با جنس پلکسی گلاس با ارتفاع cm ۸۰ و قطر داخلی cm ۱۴ طراحی شد.



شکل ۱- الف- نمای کلی و ب- جانمایی اجزاء پایلوت
Fig. 1- a) Overview and b) location of pilot components

پمپ نمونه‌برداری فردی دارای دبی مکشی ۱ تا l/min ۴ بود که با استفاده از اریفیس تا دبی l/min ۰/۲ نیز قادر به تأمین دبی می‌باشد. پمپ مورد استفاده قبل از نمونه‌برداری با روش حباب صابون کالیبره گردید. سایر تجهیزات شامل

www.SID.ir

Archive of SID

پمپ مکش هوا، مانومتر، فلومتر، اسپکتروفتومتر، ظروف شیشه‌ای و بستر بیوفیلتر بود.

۲-۳- مواد

بستر بیوفیلتر باید علاوه بر تأمین عناصر مغذی دارای قلیایت کافی برای نگه‌داری pH در محدوده مناسب برای رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها داشته باشد. کمپوست مورد استفاده برای این پژوهش از زباله‌های مواد غذایی تهیه گردید. کمپوست تهیه شده دارای قطری کم‌تر از ۴ mm، رطوبت ۳۰٪ و دانسیته خشک ۵۰۰ g/cm^3 بود. برای تسریع در ایجاد جمعیت میکروبی لازم جهت تصفیه هوای آلوده از لجن دفعی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری به‌عنوان ماده تلقیح‌کننده استفاده شد.

۲-۴- نمونه‌برداری و آنالیز ترکیبات مولد بو

غلظت گاز H_2S و NH_3، ترکیبات آلی سولفوری در هوا و همچنین pH، رطوبت، درجه حرارت، افت فشار در طول بستر، زمان تماس و دبی هوای ورودی بررسی شدند. اندازه‌گیری غلظت NH_3 با استفاده از روش ایندوفنل (در طول موج ۶۳۰ nm با اسپکتروفتومتر) و غلظت گاز H_2S از روش متیلن بلو انجام شد. برای سنجش مرکاپتان‌ها از روش تدلاربگ استفاده شد و در نهایت توسط دستگاه GC-MS تعیین مقدار شد. تعیین رطوبت بستر با استفاده از روش وزن سنجی از طریق کوره ۱۰۵ °C انجام گرفت. افت فشار بستر به‌صورت مداوم از طریق مانومتر تعبیه شده به ورودی و خروجی رآکتور اندازه‌گیری شد.

۲-۵- نمونه‌برداری و آنالیز آمونیاک

جهت آنالیز آمونیاک موجود در هوا ابتدا ۲۰ ml محلول جذب در داخل ایمپینجر ریخته شد سپس حجم مشخصی از هوا از داخل ایمپینجر عبور داده شد. در صورت نیاز جهت اطمینان از جذب کامل گاز آمونیاک در محلول جذب گاهی اوقات از ۲ یا ۳ ایمپینجر به‌صورت سری استفاده می شد پس از این مرحله آمونیاک موجود در هوای عبوری جذب محلول شد. به محلول فوق ۴ ml محلول بافر، ۱۰ ml فنل کار، ۵ ml محلول هیپوکلریت سدیم اضافه گردید و طی هر مرحله کاملاً مخلوط می‌گردید. پس از آن محلول حاصل به‌مدت ۳۰ min در داخل اتاق تاریک قرار گرفت، تا واکنش تکمیل گردد پس از آن بلافاصله در ۶۳۰ nm با اسپکتروفتومتر قرائت شد.

۲-۶- نمونه‌برداری و اندازه‌گیری غلظت H_2S

جهت نمونه‌برداری از H_2S ورودی و خروجی پایلوت، هوای آلوده از داخل یک ایمپینجر که حاوی ۴۵ ml محلول جذب بود، به‌مدت ۵ تا ۳۰ min (بسته به غلظت H_2S در هوا) با دبی ۱ تا ۱/۵ l/min عبور داده شد. سپس مانند روش گفته شده در بخش رسم منحنی کالیبراسیون معرف‌های مربوطه به هر یک از نمونه‌ها اضافه شد باید توجه کرد که با هر بار اضافه کردن معرف اسید سولفوریک آمین کار و کلرید آهن به محلول جاذب باید محلول خوب تکان داده شود. سپس با استفاده از محلول جاذب نمونه به حجم ۵۰ ml رسانده شده و برای کامل شدن واکنش ملزوم به سپری شدن ۳۰ min است. محلول شاهد (که غلظت H_2S صفر است و برای کالیبره کردن دستگاه اسپکتروفتومتری مورد استفاده قرار می‌گیرد) مثل روش بالا تهیه گردید با این تفاوت که هیچ هوایی از داخل محلول عبور داده نشد.

بعد از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه ابتدا با استفاده از محلول شاهد دستگاه اسپکتروفتومتری کالیبره شده سپس میزان جذب نمونه آماده‌سازی شده در طول موج ۶۷۰nm خوانده شد.

۲-۷- تعیین زمان ماند بستر خالی

ورودی و خروجی دبی هوا از سیستم بیوفیلتراسیون به‌وسیله دستگاه فلومتر اندازه‌گیری شد. با توجه به این‌که حجم ستون نیز مشخص است با تقسیم حجم بر دبی زمان ماند محاسبه شد.

۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱- تأثیر زمان ماند در راندمان حذف H_2S

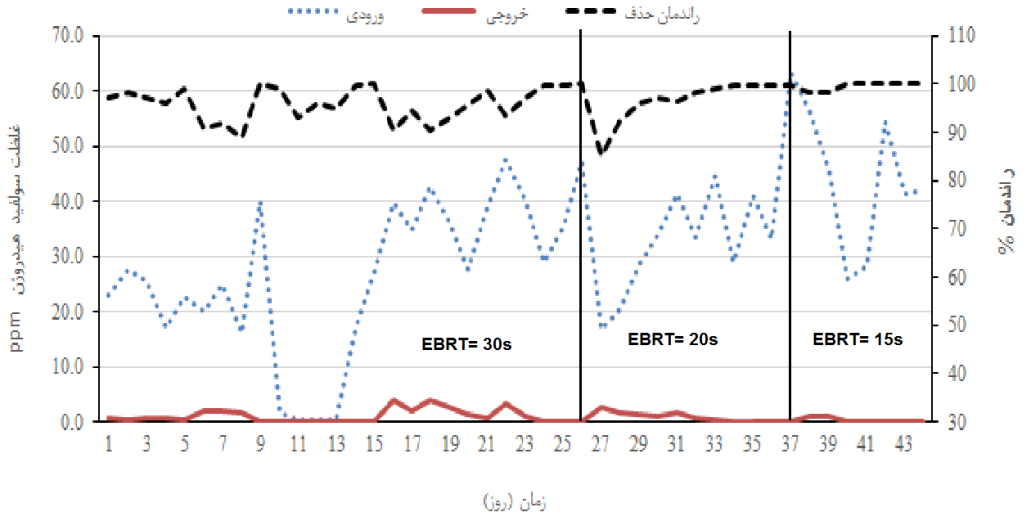
نمونه‌برداری و اندازه‌گیری غلظت H_2S در ساعات مختلف شبانه‌روز انجام می‌گرفت. نمونه‌برداری‌های اولیه که در مدت چند روز انجام شد، نشان داد که بیش‌ترین میزان تولید H_2S از صبح تا ظهر بوده و میانگین غلظت آن ۲۶/۲ ppm است که با یافته‌های دیگران مشابهت داشت (Taheriyoun et al. 2014).

www.SID.ir

Archive of SID

میزان انتشار، مقدار ورودی، خروجی و راندمان حذف H_2S در زمان‌ماندهای مختلف در شکل (۲) نشان شده است. از نمودار شکل (۲) مشخص است که، راندمان حذف در ابتدا افزایش و به‌مرور کاهش و دوباره افزایش می‌یابد و دلیل آن فرایند سازگار کردن میکروارگانیسم‌ها جهت حذف آلاینده است. از دلایل دیگر آن می‌توان به قابلیت جذب بستر بیوفیلتر اشاره کرد که با اشباع شدن، به‌مرور در روند حذف کاهش ایجاد می‌شود آنچه در دوره سازگاری رخ می‌دهد جذب سطحی H_2S است که به‌طور معمول در طی چند روز اولیه ظرفیت جذب سطحی بستر تکمیل می‌شود (Taheriyoun et al. 2014).

یکی از اهداف مهم در این پژوهش تعیین بهترین زمان‌ماند برای بیوفیلتر جهت حذف ترکیبات بوزا بود. H_2S با توجه به این‌که دارای بیش‌ترین غلظت در بین ترکیبات بوزای انتشاری از حوضچه تغلیظ لجن بود و دارای آستانه بویایی پایین‌تر از آمونیاک است به‌عنوان عامل اصلی ایجادکننده بو در این پژوهش است. در دو پژوهش مختلف راندمان حذف H_2S ۹۶/۵ و ۹۸/۴٪ گزارش شد (Malhautier et al. 2012; Pratt et al. 2012). نمونه‌گیری از خروجی بیوفیلتر برای دستیابی به بیش‌ترین راندمان حذف H_2S، در زمانی انجام گرفت که انتشار H_2S از حوضچه تغلیظ لجن و به تبع آن غلظت ورودی به بیوفیلتر در بیش‌ترین حد باشد. میزان راندمان حذف H_2S و میانگین غلظت ورودی و خروجی در زمان‌ماند و دبی‌های مختلف در جدول (۱) آورده شده است. با توجه به نتایج زمان ماند ۱۰ s دارای بیش‌ترین راندمان فوق با میزان ۹۹/۴ ٪ دارا است.



شکل ۲ عملکرد بیوفیلتر در دبی‌های ورودی متفاوت برای حذف H_2S

Fig.2 Biofilter operation at different input discharge rates for H_2S removal

جدول ۱- میانگین ورودی و خروجی H_2S در زمان‌ماند و دبی‌های مختلف

Table 1 The average of input and output of H_2S in different retention time and flow

زمان(روز)	EBRT (s)	Q (m^3/h)	C_{in} (ppm)	C_{out} (ppm)	راندمان حذف (٪)
*1-21	30	1.2	22.2	1.10	99
21-26	30	1.2	39.7	0.84	97.9
26-37	15	2.4	35	0.81	97.7
37-44	10	3.6	42.1	0.27	99.4

*بازه زمانی روز اول تا روز ۲۱ام به‌عنوان زمان سازگاری میکروارگانیسم‌ها می‌باشد.

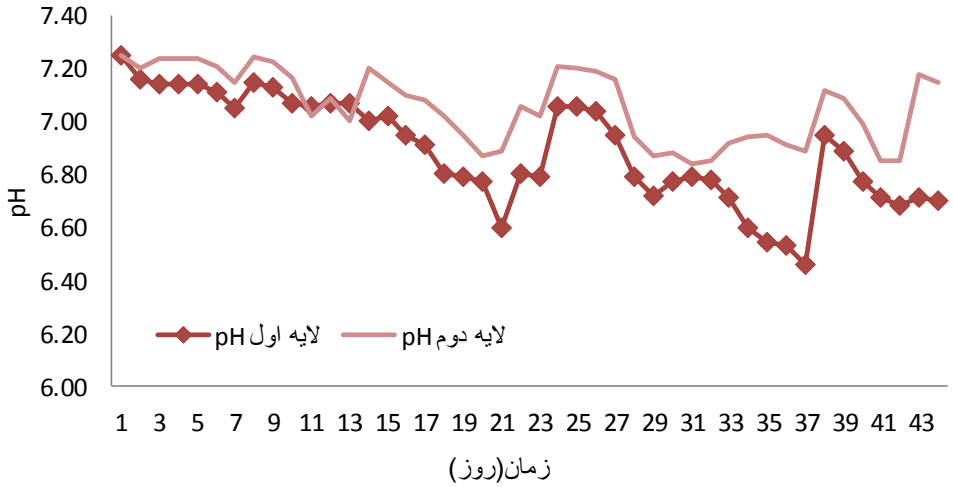
۳-۲- تأثیر pH در راندمان حذف H_2S

به‌دلیل اهمیت و نقش حیاتی pH در فعالیت میکروارگانیسم‌ها ضروری بود که روند تغییرات pH در پایلوت اندازه‌گیری و ثبت شود. نمونه‌گیری و آنالیز pH روزانه از لایه اول و دوم انجام گرفت. در پژوهشی مشخص شد که برای فعالیت مناسب میکروارگانیسم‌ها pH در محدود ۷ تا ۸ می‌تواند مناسب باشد (Zarook and Ajay 2005). شکل (۴) روند تغییرات pH در دولایه بیوفیلتر در طی راهبری

www.SID.ir

Archive of SID

بیوفیلتر را نشان می‌دهد. در روزهای ۲۷ام و ۳۷ام، کاهش pH بستر، به دلیل تولید یون سولفات و اسیدی شدن محیط در اثر تجزیه بیولوژیکی H_2S بوده است.



شکل ۳- تغییرات pH بستر بیوفیلتر در طول بهره‌برداری
Fig. 3 pH changes in the biofilter bed during operation

۳-۳- راندمان حذف NH_3 در زمان‌ماندهای مختلف

میانگین غلظت ورودی آمونیاک به بیوفیلتر ۷/۴۵ ppm بود. روند تغییرات غلظت‌های ورودی به سیستم (انتشار آلاینده) و نیز میزان ورودی و خروجی NH_3 از بیوفیلتر در زمان ماندهای مختلف در شکل (۴) نشان داده شده است. میزان راندمان حذف NH_3 و میانگین غلظت ورودی و خروجی در زمان ماند و دبی‌های مختلف در جدول (۲) آورده شده است. پژوهش‌هایی راندمان حذف را به‌ترتیب ۹۲ و ۹۶٪ گزارش کردند (Jonec et al. 2013; Baltrenas et al. 2015).

در مرحله اول هنگامی که دبی ورودی هوای آلوده l/min ۲۰ بود راه‌اندازی شد. نتایج نشان می‌دهد که بیوفیلتر بعد از طی d ۲۳ به حالت پایدار رسیده است. طی این دوره زمانی راندمان از بالای ۹۸٪ به مرز ۱۰۰٪ رسید. میزان سازگاری برای حذف بیولوژیکی آمونیاک d ۲۳ بود. آمونیاک نیز مانند H_2S طی چند روز اولیه جذب فیزیکی بستر می‌شود و راندمان حذف در روزهای اولیه بیش‌تر به جهت این امر است و تجزیه بیولوژیکی سهم کم‌تری را دارا است. در مرحله دوم با افزایش ناگهانی دبی به l/min ۴۰ راندمان حذف به مقدار ناچیزی کاهش می‌یابد که احتمال داده می‌شود ناشی از شوک افزایش دبی و کنده شدن بیوفیلم از بستر است. راندمان بعد از افزایش دبی دوباره به نزدیک ۱۰۰٪ رسید. در مرحله سوم با افزایش دبی به l/min ۶۰ میزان راندمان مانند مرحله قبل با کمی کاهش به حالت حداکثری خود رسید.

جدول ۲ میانگین ورودی و خروجی NH_3 در زمان ماند و دبی‌های مختلف
Table 2 Mean input and output of NH_3 at different detention times and discharge rates

زمان(روز)	EBRT (s)	Q (m3/h)	Cin (ppm)	Cout (ppm)	راندمان حذف (٪)
*1-21	30	1.2	8.42	0.77	90.0
21-26	30	1.2	7.11	0.21	97.0
26-37	15	2.4	8.45	.13	98.8
37-44	10	3.6	12.12	0.44	96.4

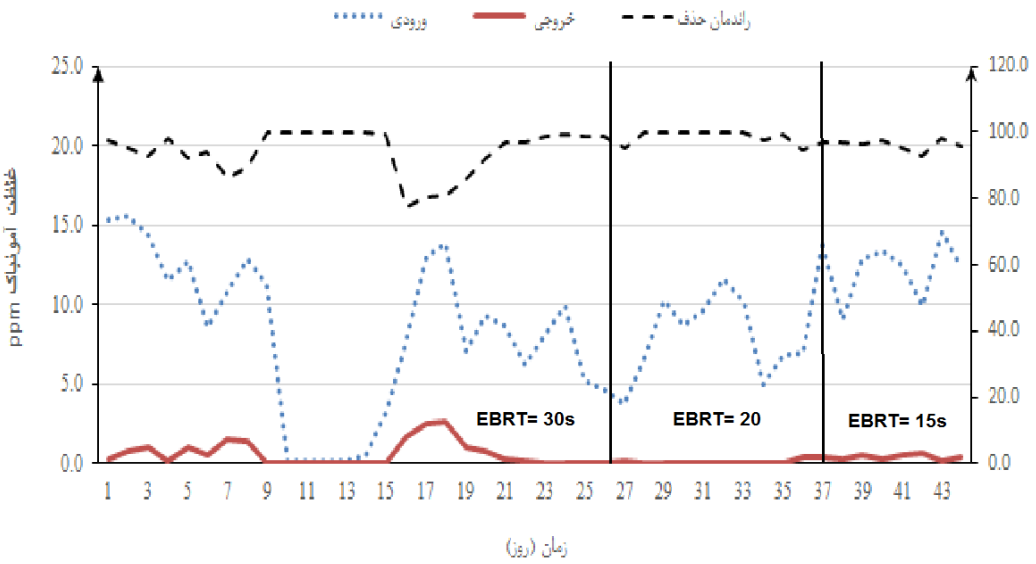
*بازه زمانی روز اول تا روز ۲۳ام به‌عنوان زمان سازگاری میکروارگانیسم‌ها می‌باشد.

۳-۴- غلظت مرکاپتان‌های انتشاریافته

نمونه‌برداری از مرکاپتان‌ها طی چند دوره انجام گرفت. در تمامی دوره‌ها هیچ‌یک از ترکیبات مرکاپتانی شناسایی نشدند. یک نمونه از گراف‌های آنالیز مرکاپتان‌ها در شکل (۵) نشان داده‌شده است.

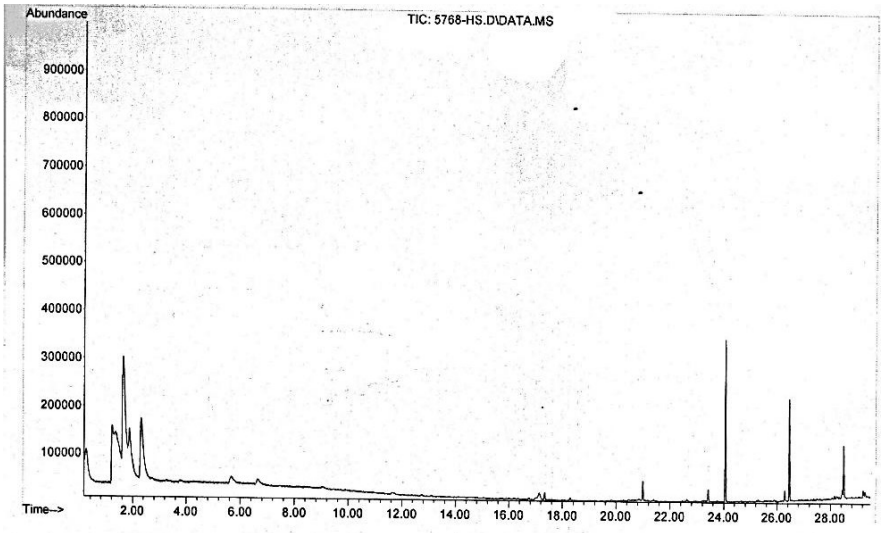
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴ عملکرد بیوفیلتر در دبی‌های ورودی متفاوت برای حذف آمونیاک

Fig. 4 Biofilter operation during different discharge rates for NH3 removal



شکل ۵ -گراف‌های به‌دست‌آمده از آنالیز ترکیبات آلی سولفور

Fig. 5 Graphs obtained from the analysis of sulfur organic compounds

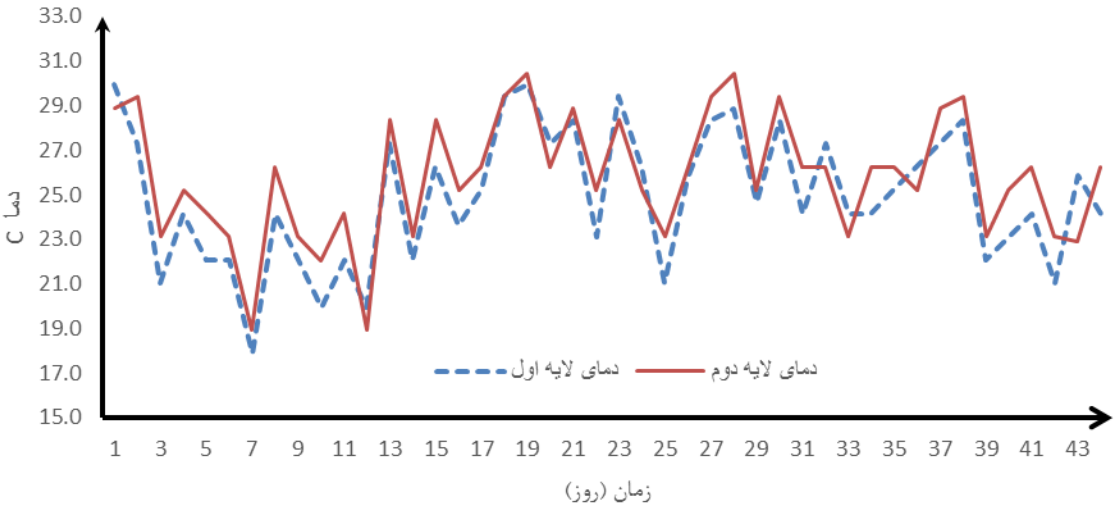
۳-۵- تغییرات دما در بستر بیوفیلتر

مناسب بودن دما لازمه فعالیت میکروارگانیسم‌ها برای نیل به تصفیه بیولوژیکی است. کنترل و ثبت دما در طول بهره‌برداری از اهمیت بالایی برخوردار است. فعالیت میکروارگانیسم‌ها و عملکرد بیوفیلتر به‌طور بالقوه‌ای تحت تأثیر دما است. به‌طوری که با افزایش ده درجه‌ای دما میزان فعالیت میکروارگانیسم‌ها دو برابر می‌شود. راهبری بیوفیلتر در دمای مناسب باعث بهبود عملکرد و افزایش کارایی بیوفیلتر می‌شود. در این پروژه دمای بیوفیلتر تحت تأثیر دمای محیط و دمای ورودی هوای آلوده بود. برای جلوگیری از تأثیر تغییرات دمای محیطی اقدام به عایق‌بندی حرارتی ستون بیوفیلتر شد که برای این کار، سطح خارجی بیوفیلتر توسط پشم‌شیشه پوشانده شد. برای کنترل تغییرات دمای هوای ورودی هیچ‌گونه پیش‌بینی صورت نگرفت. با توجه به تغییرات دمای بستر و راندمان به دست آمده نیازی به کنترل دمای گاز ورودی به سیستم نمی‌باشد (Baltrenas et al. 2015). تغییرات دما در دولایه تقریباً یکسان بود. تغییرات دما در طی انجام

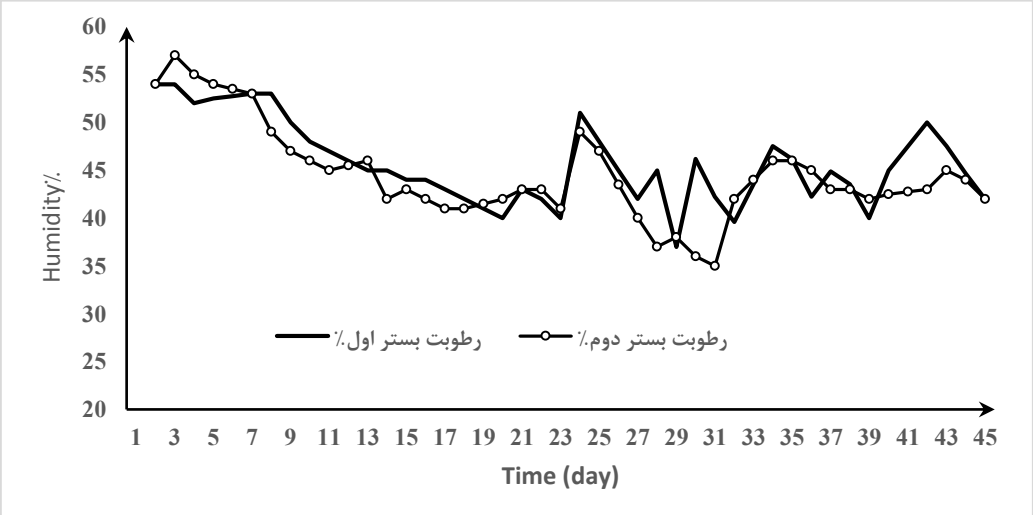
www.SID.ir

Archive of SID

پژوهش در شکل (۶) نشان داده شده است میانگین دمای ستون بیوفیلتر °C ۲۵ بود. Giri et al. 2015 نیز بیان کردند دمای بهینه ۲۵ تا °C ۳۵ می‌باشد.



شکل ۶ تغییرات دما در ستون بیوفیلتر در طول بهره‌برداری
Fig. 6 Temperature changes of biofilter medium during operation



شکل ۷- تغییرات رطوبت بستر بیوفیلتر در طول بهره‌برداری
Fig. 7 Humidity changes of biofilter medium during operation

۳-۵- رطوبت بستر طی دوره بهره‌برداری بیوفیلتر

یکی دیگر از متغیرهای تأثیرگذار بر حذف ترکیبات بوزا به‌وسیله بیوفیلتر رطوبت بستر است. رطوبت علاوه بر تأمین محیطی مناسب برای رشد میکروارگانیسم‌ها و جذب آلاینده‌ها در افت فشار نیز تأثیرگذار است (Frutos et al. 2016). رطوبت بهینه در بیوفیلتر در حدود ۴۰ تا ۸۰% است و اگر رطوبت بستر بیش‌تر و یا کم‌تر از این مقدار باشد می‌تواند سبب فشردگی، افت فشار، کانالیزه شدن جریان هوا و در نتیجه عدم تصفیه کامل آلاینده ورودی و همچنین ایجاد شرایط بی‌هوازی و مجدداً کاهش کارایی سیستم در حذف آلاینده گردد.

بررسی‌ها نشان داده است به‌منظور حفظ رطوبت لازم در بستر در حد بهینه لازم است هوا قبل از ورود به داخل بیوفیلتر توسط رطوبت‌ساز مرطوب شود. هوای عبوری از رطوبت‌ساز دارای رطوبتی نزدیک به حد اشباع می‌باشد همان‌گونه که در شکل (۷) نشان داده شده است، کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

رطوبت اولیه بستر در طی بهره‌برداری نشان می‌دهد میزان تبخیر رطوبت بستر بیش‌تر از مقدار رطوبتی است که توسط رطوبت ساز تأمین می‌گردد لذا در روزهایی که کاهش رطوبت مشاهده شد، اقدام به آب‌پاشی بستر شد و آب توسط آبفشان از بالای بستر به بیوفیلتر اضافه شد. افزایش تعداد دفعات آب‌پاشی نشان از تأمین نشدن رطوبت بستر توسط رطوبت‌ساز می‌باشد این امر باید در طراحی سیستم و اجرا در مقیاس واقعی مدنظر قرار گیرد. در طراحی بیوفیلتر، امکانات و تجهیزات فنی لازم برای اضافه کردن آب به داخل بستر در نظر گرفته شود. نمونه‌برداری و سنجش رطوبت بستر روزانه از دولایه بیوفیلتر انجام می‌گرفت.

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعات و نتایج آنالیزهای آزمایشگاهی در این پژوهش نتایج زیر قابل بیان است.

۱- عامل انتشار بو در تصفیه‌خانه فاضلاب شهری مورد بررسی گازهای H_2S و NH_3 بودند که به‌عنوان آلاینده‌های سمی هوا شناخته می‌شوند.

۲- سیستم بیوفیلتراسیون دارای میانگین راندمان حذفی بالغ بر ۹۵ ٪ ترکیبات مولد بو را داشته و غلظت H_2S و NH_3 را به کم‌تر از حد مجاز و مطابق با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست کاهش داد.

۳- زمان سازگاری برای بستر بیوفیلم در این مطالعه برای هیدروژن سولفید و آمونیاک با دبی ۲۰ l/min و زمان ماند بستر خالی ۳۰ s به‌ترتیب ۲۱ و ۲۳ d است.

۴- بیوفیلتر در زمان ماند بستر خالی ۳۰ و ۱۵ s دارای درصد حذف بالاتر از ۹۷٪ برای H_2S بود.

۵- افت فشار در بیوفیلتر در طول بهره‌برداری بین ۴ تا ۶ mm آب بود که قابل چشم‌پوشی است.

References

Baltrenas P., Misevicious A., Macaitis K. and Tekoriene R. (2015). Experimental research of odours arising during the process of biofiltration. Energy Procedia, 72,.64-70.

Brown N. J. (1997). Health hazard manual: wastewater treatment plant and sewer workers, Cornell University ILR School.

Elsgaard, L. (2009). Ethylen removal by a biofilter with immobilized bacteria. Microbiol., 2(3), 4168-4173.

Frutos O. D., Quijano G., Pérez R. and Muñoz R. (2016). Simultaneous biological nitrous oxide abatement and wastewater treatment in a denitrifying off-gasbioscrubber. Chem. Eng., 288, 28-37.

Giri B. S., Goswwami M., Pandey R. A. and Kim K. H. (2015). Kinetics and biofiltration of dimethyl sulfide emitted from P&P industry. Biochem. Eng., 102, 108-114.

Jonec K. D., Martinez A., Maroo K., Deshpande S. and Boswell J. (2013). Kinetic evaluation of H_2S and NH3 biofiltration for two media used for wastewater lift station emissions. J. Air Waste Manage. Assoc., 54(1), 24-35.

Keshavarzi Shirazi, Turkian A. and Azimi A. A. (2006). Study of biofiltration application for removal of triethylamine from air. 11th National Congress of Iranian Chemical Engineering, Tarbiat Modares University [In Persian]

Koheni M., Bid Hendi G. and Hoveydi H. (2012). Elimination of bad odor from hydrogen sulfide in wastewater treatment plant. 6th National Conference on Environmental Engineering, Iran [In Persian]

Lebrero R., Rangel M. G. L. and Muñoz R. (2013). Characterization and biofiltration of a real odorous emission from wastewater treatment plant sludge. Environ. Manage., 1(2), 2127-2131.

Malhautier L., Gracian C., Roux J. C., Fanlo J. L. and Cloirec P. L. (2012). Biological treatment process of loaded with an ammonia and hydrogen sulfid mixture. Chemos., 50(1), 145-153.

Morgan-Sagatume J. M. and Noyola A. (2006). Hydrogen sulfide removal by compost biofilteration: effect of mixing the filter

www.SID.ir

Archive of SID

media on operation factors. Bioresour. Technol., 97, 1546-1553.

Pratt C., Walcroft A. S., Tate K. R., Ross D. J., Roy R., Reid M. H. and Weiga P. W. (2012). Biofiltration of methane emissions from a dairy farm effluent pond. Agri. Ecosys. Environ., 152(1), 33-39.

Shah Mansouri M. R., Dehghanzadeh R. and Roshani B. (2004). Control of boolean generating compounds in industrial units using biological systems. 4th National Conference on Occupational Health in Iran, Hamedan [In Persian].

Streese J., Schlegelmilch M., Heining K. and Stegmann R. (2005). A acrokinetic model for dimensioning of biofilters for VOC and odour treatment. Waste Manage., 25, 965-974.

Taheriyoun M., Salehi Ziri M., Assadollah Fardi G. and Fazeli Phisheh H. (2014). Evaluation of a biofilter system for removal of hydrogen sulfide gas (case study: wastewater pump station of Khoramabad). Water Wastewater, 25(4), 35-43.

Zarook S. and Ajay S. (2005). Biotechnology for odor and air pollution control. Springer Sci. Business Media, 3(1), 20-24.

www.SID.ir

Archive of SID

Investigating the Reduction of Odorous Agents from Municipal Wastewater Treatment Plants by Biofiltration

Abdoullah Samiee Bayragh[1*], Mina Razaei[2] and Mohammad Meshkini[3]

[1]Lecturer, Research Department of Mining and hydrometallurgy, Mineral Processing Research Institute, Academic Center for Education, Culture & Research, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

[2] M. Tech., of Civil Engineering, Department of Mine and Environment, Academic Center for Education, Culture & Research, Amirkabir University of Technology Research, Tehran, Iran

[3]PhD Scholar, Research Department of Control and Modeling of Mineral Processing Systems, Mineral Processing Research Institute, Academic Center for Education, Culture & Research, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

*Corresponding author: samiee@acecr.ac.ir

Original Paper

Received: March 14, 2020 **Revised:** April 07, 2020 **Accepted:** April 13, 2020

Abstract

Biofilteration is one of the modern technologies in use for controlling the air pollutants because of its cost-effectiveness, high efficiency, simple operation, and lack of generating waste material. The purpose of the present study was to assess the removal or reduction feasibility of odourous compounds through biofilteration system in order to increase the safety and health of the treatment stuffs. A biological reactor having internal diameter of 14 and length of 95 cm was used for 12 months at ambient temperature in the vicinity of the sludge thickner tank. The concentration of compounds such as hydrogen sulfide, ammonia, orgoanosulforo compounds were measured. In order to maintain the suitable conditions for the growth of biomass at the biofilter bed, nutrients were used. The results showed that the removal efficiency of biofilter at an empty bed retention time of 30 and 15 s was more than 97% for hydrogen sulfide. Almost the same result (96%) was achieved for ammonia. According to the laboratory analysis, it was found that origin of odor was emissions of hydrogen sulfide and ammonia gases in the municipal wastewater treatment plant, where the biofilteration system could remove more than 95% of the odourous compounds. Biofilteration could bring the concentration of H_2S and NH_3 to less than the permitted level as recommended by the National Department of Environment. Therefore, this method is proposed to clean up contaminants in order to control the health and safety of the stuffs working in such environments.

Keywords: Ammonia; Biofiltration; Employee Health and Safety; Hydrogen Sulfide; Odorous Compounds.

www.SID.ir