مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان/ دوره شانزدهم/ پائیز ۱۳۹۰/ ۵۵-۴۸

بررسی کارایی راکتور لجن فعال دارای بستر ثابت در حذف زیستی متیل‌تری‌بوتیل اتر از فاضلاب سنتتیک

افشین ملکی[۱]، پگاه بهمنی[۲]، اسمعیل قهرمانی[۳]

۱- دانشیار گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران

۲- کارشناس مسؤول تحقیقات و بهره وری شرکت آب و فاضلاب روستایی استان کردستان، سنندج، ایران (مؤلف مسؤول) تلفن: ۰۸۷۱-۲۲۶۰۹۹۹

pegah_bahmani@yahoo.com

۳- مربی گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران

چکیده

زمینه و هدف: متیل‌تری‌بوتیل‌اتر (MTBE) یک ترکیب آلی فرار است که اثرات زیان‌آوری روی محیط، منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی داشته و به دلیل حلالیت بالای آن در آب و فراریت پایین آن منجر به تغییر طعم و مزه آب آشامیدنی می‌شود. هدف از این تحقیق تعیین کارایی راکتور لجن فعال دارای بستر ثابت در حذف زیستی متیل‌تری بوتیل اتر از فاضلاب سنتتیک است.

روش بررسی: این تحقیق از نوع مداخله‌ای - کاربردی بوده که در آن راکتور مورد استفاده از جنس پلاکسی گلاس طراحی و پس از انتقال لجن فعال به آن، به مدت ٤ هفته سیستم به صورت ناپیوسته مورد راهبری قرار گرفت. در طول یک ماه به تدریج از غلظت گلوکز موجود در محلول غذایی کاسته و MTBE افزوده شد. پس از گذشت ۳۲ روز از راه‌اندازی سیستم، کل COD ورودی به سیستم از طریق MTBE تأمین گردید. پارامترهای COD ، TSS، MLSS ، SVI ، دما ، pH و اکسیژن محلول به صورت دوتایی (Duplicate) و با نرم افزار Excel مورد آنالیز قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش بار آلی ورودی راندمان راکتور تا حدودی کاهش پیدا می‌کرد. میانگین راندمان حذف COD در زمان ماندهای هیدرولیکی ٤، ٦، ٨ و ١٠ ساعت به ترتیب ۸۲/۷، ۹۲/۴۵، ۹۵/۹۷ و ۹۶/۱ درصد بود.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد راکتور تلفیقی لجن فعال دارای بستر ثابت تا بارگذاری آلی ۳ $kgCOD/m^3.d$ و ۴/۵ به ترتیب قادر به تأمین استاندارد فاضلاب‌های خانگی و صنعتی بر اساس استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران از لحاظ COD پساب خروجی برای تخلیه به منابع آبی پذیرنده می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که راکتور لجن فعال دارای بستر ثابت، یک تکنولوژی کارآمد، اجرایی و قابل‌اعتماد برای تصفیه فاضلاب‌های قوی می‌باشد.

کلید واژه‌ها: MTBE، بسترثابت، لجن فعال

وصول مقاله: ۸۹/۱۲/۲۵ اصلاحیه نهایی: ۹۰/۲/۱۸ پذیرش مقاله: ۹۰/۶/۱۰

مقدمه

متیل‌تری بوتیل اتر (MTBE) یک ترکیب آلی فرار (VOC) است که از سال ۱۹۷۰ مقادیر انبوهی (بیش از ۲۰ میلیون تن) از آن در سرتاسر دنیا تولید می‌شود؛ ۹۸ درصد از این مقدار به عنوان ترکیبی با درجه اکتان بالا و جایگاه عامل ضد ضربه (تترا اتیل سرب) به بنزین افزوده شده که منجر به بهبود احتراق کامل و در نتیجه کاهش انتشار منوکسید کربن و ترکیبات آلی واکنشگر می‌شود (۳-۱). این ترکیب اثرات زیان‌آوری روی محیط، منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی داشته و به دلیل حلالیت بالای این ترکیب در آب (حدود ۴۸۰۰۰ میکروگرم در لیتر) و فراریت پایین آن به عنوان یک آلاینده مهم

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-20]

محسوب شده که منجر به تغییر طعم و مزه آب آشامیدنی می‌شود و همچنین مشکوک به اثرات بهداشتی و سرطان‌زایی می‌باشد (۸-۴). سالانه مقادیر انبوهی MTBE به دلیل عدم کارآمدی سیستم‌های تصفیه فاضلاب صنعتی از طریق پساب‌های خروجی پالایشگاه‌ها و صنایع پتروشیمی به صورت تصفیه نشده وارد اکوسیستم‌های آبی و محیط می‌شود. سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا مقدار ۴۰ –۲۰ میکروگرم بر لیتر را برای جنبه‌های زیبایی شناختی (بو و مزه) و مقدار ۱۵ میکروگرم بر لیتر را به عنوان رهنمود برای جنبه‌های بهداشتی تعریف کرده است (۱۰و۹). نگرانی‌های مربوط به جنبه‌های بهداشت عمومی و سلامتی منجر به ممنوعیت استفاده از MTBE در برخی کشورها شده است (۱۱و۲). به همه دلایل مذکور و وجود این ترکیب در اکثر محیط‌های آبی و نمونه‌های آب در طول دو دهه اخیر، توجه همگانی و بین‌المللی بر رفتار محیطی این ترکیب متمرکز شده است و ضرورت حذف و تصفیه آن پیش از ورود به منابع آبی احساس می‌شود.

برای حذف MTBE روشهای فیزیک و شیمیایی از جمله جذب کربن، تکنولوژی اکسیداسیون پیشرفته مانند $UV/H_2O_2, UV/O_3, H_2O_2/O_3$، فنتون، فتوکاتالیز TiO_4 و ... پیشنهاد شده است. بیشتر این تکنولوژی‌ها علیرغم راندمان بالای حذف، در کاربرد عملی محدود هستند و عیب اصلی این روشها تولید محصولات جانبی حتی با سمیت بیشتر نسبت به آلاینده‌های اولیه است (۱۲و۹). روش‌های زیستی تصفیه مواد زائد آلی در پساب‌های صنعتی دارای مزایای کاربردی و اقتصادی متعددی بر سایر روشهای فیزیک و شیمیایی تصفیه این زائدات می‌باشند. در سالهای اخیر راکتورهای زیستی به شکل موفقیت‌آمیزی برای معدنی سازی ترکیبات سمی و مقاوم در پساب‌های صنعتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۱۳). بکارگیری راکتورهای زیستی تلفیقی دارای رشد چسبیده، یکی از عمده‌ترین روش‌های تأمین اهداف فوق می‌باشد. در مطالعه‌ای که توسط احمدی زاد و همکاران صورت گرفت امکان سنجی تجزیه بیولوژیکی MTBE را به وسیله میکروارگانیزم‌های جداسازی شده از لجن‌های فعال در فاز مائی مورد مطالعه قرار دادند. آزمایش‌ها نشان دادند که MTBE در شرایط هوازی و کومتابولیک تجزیه پذیر است (۱۴). در مطالعه دیگر اکسیداسیون زیستی MTBE در شرایط هوازی بوسیله راکتور زیستی تلفیقی بستر ثابت بررسی شد در این تحقیق نیز مشخص شد که MTBE به روش زیستی تجزیه‌پذیر است (۱۵). فرآیندهای تلفیقی مبتنی بر فیلم میکروبی یکی از انواع فرآیندهای زیستی تصفیه فاضلاب به شمار می‌روند که در آنها علاوه بر میکروارگانیزم‌های معلق، از میکروارگانیزم‌های رشد یافته بر روی یک بستر جهت تصفیه فاضلاب استفاده می‌شود (۱۶). از ویژگیهای این سیستم‌ها می‌توان به غلظت بالای توده میکروبی، امکان استفاده از بسترهای ارزان قیمت، امکان تصفیه میزان جریان بیشتر یا راندمان بالاتر اشاره نمود. خصوصیات عمده این سیستم‌ها قابلیت حذف مواد آلی دارای سرعت تجزیه کم، پایداری در برابر شوک‌های آلی و هیدرولیکی، امکان رشد میکروارگانیسم‌های دارای بازده رشد پایین و تولید پسابی با کیفیت بهتر می‌باشد (۱۷). کاربرد راکتورهای زیستی برای تجزیه بسیاری از آلاینده‌های آلی رو به گسترش است و تاکنون مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده است، به عنوان مثال ملکی و برقعی، از سنگ پامیس به عنوان بستر ثابت رشد بیوفیلم در یک راکتور

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-20]

بیوفیلمی برای تصفیه فاضلاب کارخانه قند استفاده نمودند (۱۸). هدف از این تحقیق تعیین کارایی راکتور لجن فعال دارای بستر ثابت در حذف زیستی متیل تری بوتیل اتر از فاضلاب سنتتیک است.

روش بررسی

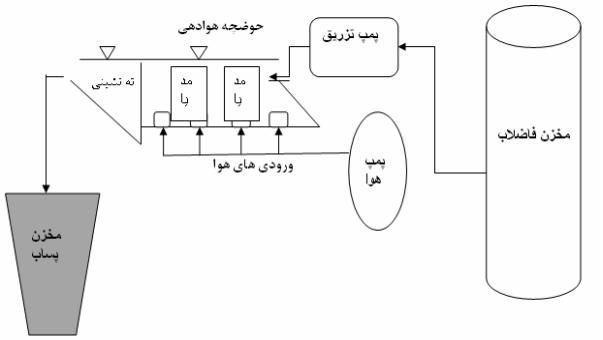
۲-۱- ساختار راکتور لجن فعال:

راکتور ذوزنقه ای شکل لجن فعال دارای بستر ثابت مورد استفاده در این مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.

راکتور مورد استفاده از جنس پلاکسی گلاس به حجم ۱۲ لیتر طراحی و ساخته شد که ۸ لیتر آن به قسمت هوادهی اختصاص داشت. راکتور شامل مخزن ذخیره فاضلاب و حوضچه ته نشینی جداگانه می‌باشد. حوضچه ته نشینی به حجم ۴ لیتر از طریق یک دیواره از قسمت هوادهی جدا شده بود به منظور برگشت پساب لجن ته نشین شده از حوضچه ته نشینی به قسمت هوادهی قسمت پایین این دیواره حدود ۰/۸ سانتی متر از کف فاصله داشت.

حوضچه هوادهی پس از آبندی راکتور و نصب متعلقات، شیرها و پمپ هوادهی و تنظیم جریان فاضلاب و هوای ورودی راکتور آماده راه اندازی به صورت ناپیوسته شد. ۳۰ درصد از حجم حوضچه هوادهی به وسیله یک مدیا تجاری ویژه به نام لانه زنبوری[1] از جنس پلی استایرن با سطح ویژه m^2/m^3 ۵۵۰ پر شد. مدیا مورد استفاده در دو محفظه جداگانه در ابتدا و انتهای حوضچه هوادهی با فاصله ۴ سانتیمتر از دیواره های جانبی جاگذاری گردید تا بستر مناسب جهت رشد میکروبی را تأمین نماید به منظور هوادهی راکتور از پمپ آکواریمی به ظرفیت هوادهی حداکثر ۱۲ لیتر در دقیقه استفاده شد. اختلاط مناسب در این سیستم نیز با کمک جریان هوای ورودی انجام می پذیرفت. فاضلاب سنتیتیک ورودی از مخزن ذخیره فاضلاب از طریق یک پمپ تزریق جریان با ظرفیت ۱۵ لیتر در ساعت به راکتور تزریق شد.

راکتور در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد (در آزمایشگاه) راهبری گردید و pH آن در محدوده ۷ تا ۸ به وسیله بی‌کربنات سدیم تنظیم می‌گردید.



شکل ۱: نمای شماتیک راکتور لجن فعال دارای بستر ثابت رشد میکروب

۲-۲-تغذیه میکروبی راکتور:

به منظور تأمین میکروارگانیزم های مورد نیاز برای تجزیه MTBE ، ٦ لیتر لجن فعال از خط برگشت لجن تصفیه خانه فاضلاب شهرک غرب در تهران به آزمایشگاه منتقل شد. این لجن به مدت ۲ روز هوادهی شده و سپس به راکتور تخلیه شد.

۲-۳-راه اندازی راکتور و سازگارسازی میکروارگانیزم‌ها

پس از انتقال لجن فعال به راکتور هوادهی دارای بستر ثابت، سیستم به مدت ٤ هفته به صورت ناپیوسته مورد راهبری قرار گرفت. سیستم در ابتدا بر مبنای COD محلول ۴۰۰ میلی گرم در لیتر راه اندازی شد راه اندازی

1. Bee Cel

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-20]

اولیه با استفاده از گلوکز انجام شد منابع کربن (MTBE)، نیتروژن و فسفر بر مبنای نسبت C:N:P برابر ۱۰۰:۵:۱ تهیه شد به منظور تامین منابع ازت و فسفر به ترتیب از سولفات آمونیوم و فسفات دی هیدروژن پتاسیم استفاده گردید؛ مشخصات فاضلاب مصنوعی در جدول ۱ ارائه شده است. در طول یک ماه به تدریج از غلظت گلوکز موجود در محلول غذایی کاسته و به COD ناشی از MTBE افزوده شد. پس از گذشت ۳۲ روز از راه‌اندازی سیستم، کل COD ورودی به سیستم تنها از طریق MTBE تأمین گردید. پس از حذف کامل گلوکز از محلول غذایی ورودی و اطمینان از قابلیت مطلوب جرم سلولی در حذف MTBE بر مبنای COD ، جریان راکتور پیوسته شد. راهبری پیوسته در ۲ مرحله جداگانه متوالی که هر کدام شامل ۴ بخش است انجام شد.

جدول ۱: مشخصات فاضلاب خام مصنوعی ورودی به راکتور

پارامتر	غلظت (mg/l)
COD	۴۰۰
ازت آمونیاکی	۲۰
فسفر	۴
pH	۷±۰/۵
دما (°C)	۲۰ - ۲۵

در مرحله اول راهبری پیوسته، راکتور طی چهار مرحله با زمانهای ماند ۴ ، ۶، ۸ و ۱۰ ساعت و غلظت COD ورودی ۴۰۰ mg/L مورد بهره برداری قرار گرفت. هر مرحله تا زمان دستیابی به شرایط راهبری پایدار ادامه یافت. شرایط پایدار به صورت عدم تغییر بیش از ۱۰ درصد کمیت متغیرهای راکتور تعریف می شود. پارامترهای مورد بررسی شامل غلظت COD خروجی، MLSS حوض هوادهی، TSS پساب خروجی، SVI، دما، اکسیژن محلول و pH می باشد. در مرحله دوم با توجه به نتایج حاصل از مرحله اول، راکتور در زمان ماند ثابت ۸ ساعت و غلظتهای COD ورودی ۱۰۰۰ ، ۱۵۰۰ ، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی گرم درلیتر مورد بهره برداری قرار گرفت. در این مرحله نیز پارامترهای مورد اشاره تا زمان دستیابی به شرایط پایدار مورد پایش قرار گرفتند. همه داده های آزمایشگاهی ارائه شده در طول مطالعات بر مبنای میانگین حسابی، با حداقل ۲ بارتکرار (Duplicate) آزمایش شدند و با استفاده از نرم افزار Excel مورد آنالیز قرار گرفتند.

۲-۴-روشهای آزمایش

این تحقیق از نوع مداخله ای – کاربردی بوده و در آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران انجام گرفت. غلظت COD به روش رفلاکس بسته، TSS و MLSS بخش معلق به روش وزن سنجی حرارتی، SVI به روش ستون ته نشینی(۱۹)، دما به وسیله ترمومتر وpH و اکسیژن محلول بوسیله pH متر و اکسیژن‌متر دیجیتال با مارک Hach آلمان به طور دائم اندازه‌گیری شد.

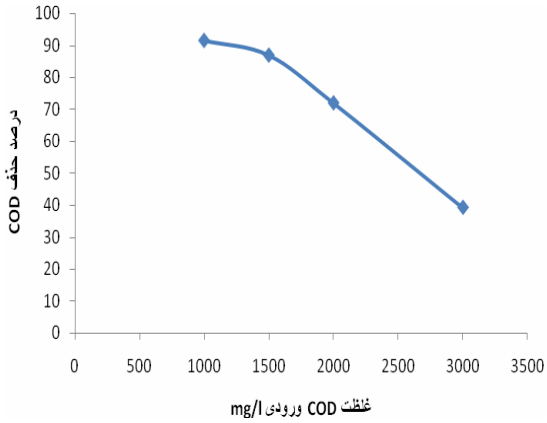
یافته‌ها

۳-۱- اثر زمان ماند هیدرولیکی بر کارایی راکتور لجن فعال با بستر ثابت در حذف MTBE

روند تغییرات راندمان حذف COD در هر یک از زمان ماندهای هیدرولیکی ۴، ۶، ۸ و ۱۰ ساعت در نمودار ۱ نشان داده شده است. در این مرحله از طریق کاهش زمان ماند هیدرولیکی بار آلی ورودی از ۰/۹۶ به kg $COD/m^3.d$ ۲/۴ افزایش داده شد. میانگین راندمان حذف COD در زمان ماندهای هیدرولیکی ۴، ۶ ، ۸ و

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-20]

۱۰ ساعت به ترتیب ۸۲/۷، ۹۲/۴۵، ۹۵/۹۷ و ۹۶/۱ درصد بود. میانگین نتایج سایر متغیرهای بهره‌برداری در شرایط پایداری در جدول ۲ نشان داده شده است.



نمودار ۱: میانگین بازده حذف COD در زمان های ماند ۴، ۶، ۸ و ۱۰ ساعت و غلظت ورودی ۴۰۰ میلی گرم درلیتردر شرایط پایدار

۳-۲- اثر غلظت بر کارایی راکتور لجن فعال با بستر ثابت در حذف MTBE

در این مرحله و بنا بر نتایج مرحله اول، زمان ماند هیدرولیکی ۸ ساعت به عنوان زمان ماند بهینه جهت افزایش غلظت COD ورودی انتخاب گردید. بیشترین راندمان حذف COD در مرحله قبل، به ترتیب مربوط به زمان ماندهای هیدرولیکی ۸ و ۱۰ ساعت با مقادیر ۹۵/۹۷ و ۹۶/۱ بوده است که اختلاف راندمان این دو مقدار ناچیز بوده و از سویی در زمان ماند ۸ ساعت امکان اعمال بار آلی بیشتری به سیستم وجود دارد. لذا، زمان ماند هیدرولیکی ۸ ساعت به عنوان زمان ماند بهینه جهت بررسی اثرات بارگذاری از طریق افزایش غلظت COD ورودی انتخاب گردید. مقادیر میانگین سایر متغییرهای بهره‌برداری در شرایط پایدار در جدول ۲ ارائه شده است.

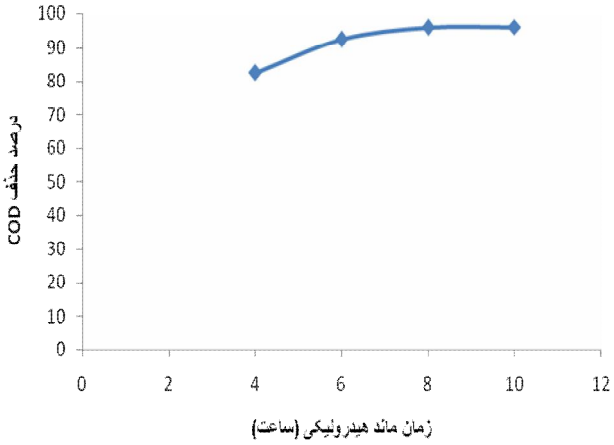
جدول۲: میانگین مقادیر متغیرهای بهره برداری در بارگذاری های های آلی مختلف برای راکتور لجن فعال دارای بستر ثابت

مرحله	بارآلی $kg/COD/m^3/d$	COD ورودی mg/l	زمان ماند هیدرولیکی h	DOmg/l	SIVml/g	MLSS/ در حوض هوادهی mg/l	TSSخروجی پساب mg/l	COD خروجی mg/l
۱	۰/۹۶	۴۰۰	۱۰	۴/۵	۱۱۵/۲	۲۲۵۶	٤/۷	۱۵/٦
۲	۱/۲	۴۰۰	۸	۴/۷	۸۷/۳	۲۲٦۷	۵/٦	۱٦/۱
۳	۱/٦	۴۰۰	٦	۳/۱۵	۱۴۸/۱	۲۱۵۷	۱۹/۲	۳۰/۲
۴	۲/۴	۴۰۰	٤	۴/۶	۱۵۲/۳	۲۰۶۱	۲۳/٤	٦۹/۲
۵	۳	۱۰۰۰	۸	۳/۸	۱۰۳/۴	۲۲۶۱	۳٤/۲	۸۵/۲
۶	۴/۵	۱۵۰۰	۸	۳/۴	۱۱۲/۳	۲۲۰۶	۵٤/۲	۱۹٦/۷
۷	٦	۲۰۰۰	۸	۳/۶	۱۶۲/۲	۲۲۱۷	۹۱/٦	۵۷٦/۲
۸	۹	۳۰۰۰	۸	۲/۵	۲۳۴	۲۳۷۵	۱۸۵/۲	۱۸۲٤/۰٤

همانطور که در نمودار ۲ نشان داده شده است، در این مرحله غلظت COD ورودی پارامتر تعیین کننده بوده و به موازات افزایش غلظت ورودی، راندمان حذف کاهش یافته است. غلظت‌های ورودی در این مرحله به

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-20]

ترتیب ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰ و۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بوده است که راندمان حذف در غلظت‌های مذکور به ترتیب ۹۱/۴۸، ۸۶/۸۸، ۷۱/۹۲، ۳۹/۱۹ درصد می‌باشد. کیفیت پساب خروجی در بارگذاری‌های آلی مختلف در جدول ۲ ارائه شده است.



نمودار ۲: میانگین بازده حذف COD در غلظت های ورودی ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی‌گرم درلیتر و زمان ماند هیدرولیکی ۸ ساعت در شرایط پایدار

بحث

با آغاز بارگذاریهای فرآیند در غلظت COD معادل ٤۰۰ میلی‌گرم‌درلیتر و زمان ماندهای مختلف مشاهده شد که در هر مرحله و با افزایش بار آلی ورودی راندمان رآکتور ابتدا تا حدودی کاهش یافته ولی پس از گذشت چند روز سریعاً به یک مقدار پایدار نزدیک می شد. راندمان حذف COD در فاز اول به موازات کاهش زمان ماند هیدرولیکی از ۱۰ به ۴ ساعت کاهش می یافت. در زمان ماند هیدرولیکی ۴ ساعت، راندمان راکتور به شکل ناگهانی افت کرده و به ۸۲ درصد رسید. COD پساب خروجی در این شرایط در حدود ۶۹/۲ میلی‌گرم در لیتر بود که با توجه به غلظت ورودی معادل ۴۰۰ میلی‌گرم درلیتر قابل قبول نبوده و قادر به تأمین استانداردهای پساب خروجی نبود. با این وجود این راکتور حتی در زمان ماند ٤ ساعت و غلظت COD ورودی ۴۰۰ میلی-گرم در لیتر قادر به حذف بیش از ۸۲/۷ درصد آلاینده ورودی می‌باشد که یک چنین زمان ماند کوتاهی از لحاظ اقتصادی به دلیل کوچکتر شدن حجم حوضچه و از طرفی امکان تصفیه حجم بیشتری از فاضلاب در زمان کوتاه بسیار حائز اهمیت است. زمان ماند هیدرولیکی یکی از پارامترهای مهم بهره‌برداری سیستم‌های زیستی است که ضمن تأمین زمان تماس مناسب بین جرم میکروبی فعال و ماده آلی تصفیه شونده، مانع از شسته شدن جرم سلولی فعال می‌شود. نتایج این پژوهش نشان داد که میانگین MLSS بخش هوادهی راکتور به موازات کاهش زمان ماند هیدرولیکی از ۲۲۵۶ به ۲۰۶۱ میلی‌گرم در لیتر کاهش یافته و در نتیجه کاهش میکروارگانیسم‌های تجزیه‌کننده MTBE، راندمان حذف به تدریج کاهش یافته است. از سویی دیگر با کاهش زمان ماند هیدرولیکی زمان تماس کافی بین MTBE و میکروارگانیسم‌ها وجود نداشته و بخشی از MTBE ورودی به صورت تجزیه نشده از راکتور هوادهی خارج شده است. بنابراین زمان ماند هیدرولیکی در غلظت COD ورودی ثابت، به عنوان پارامتر تعیین کننده تعریف می‌شود.

در مرحله دوم راهبری، راکتور لجن فعال دارای بستر ثابت تا غلظت COD ورودی ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر دارای راندمان بالای ۸۶/۸۸ درصد بود. با فراتر رفتن غلظت COD ورودی راندمان سیستم به سرعت افت کرده و در غلظت COD ورودی ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ۳۹/۱۹ درصد می‌رسد. به عبارتی، غلظت COD پساب خروجی ۱۸۲۴/۰۴ میلی‌گرم در لیتر بوده که قابل

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-20]

قبول نبوده و می‌توان اظهار کرد که سیستم دچار اختلال شدید شده و کارایی خود را از دست داده است. نتایج پایش راکتور نشان داد که به موازات افزایش بار آلی ورودی، غلظت اکسیژن محلول به کمتر از ۳ میلی‌گرم در لیتر افت کرده و در نتیجه افزایش هوای ورودی به راکتور ضروری بود. مطالعات انجام گرفته توسط محققان نشان داد که MTBE در غلظت‌های بالا برای رشد میکروارگانیسم‌ها یک عامل بازدارنده بوده و رشد میکروب‌ها به کندی صورت می‌گیرد (۲۰). بنابراین در شرایطی که سایر پارامترهای مؤثر در راهبری نظیر دما، pH، اکسیژن محلول و غلظت ازت و فسفر در حد بهینه تنظیم شده باشند، تنها عامل محدودکننده رشد بهینه باکتری‌ها غلظت بالای MTBE ورودی است. خارون و همکاران (۲۰۰۱) تجزیه زیستی هوازی MTBE را در یک راکتور زیستی تلفیقی بستر ثابت بررسی کردند، نتایج، حاکی از کارایی بالای این راکتور در حذف MTBE از فاضلاب بود؛ بیشترین بازده حذف MTBE به میزان ۹۹ درصد در غلظت ورودی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر در زمان ماند هیدرولیکی ۲۴ ساعت بدست آمد (۱۵). لین و همکاران در سال ۲۰۰۷ کنیتیک‌های تجزیه زیستی و جمعیت‌های میکروبی دخیل را در حذف MTBE از صافی چکنده زیستی را مورد مطالعه قرار دادند. بازده حذف MTBE در محدوده ۵۷/۳ تا ۹۸/۶ درصد در بارگذاری های $g/m^3.h$ ۵۰/۷۶ – ۲/۶۷ به دست آمد (۹).

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد راکتور تلفیقی لجن فعال دارای بستر ثابت تا بارگذاری آلی $kgCOD/m^3.d$ ۳ و ۴/۵ به ترتیب قادر به تأمین استانداردهای فاضلاب‌های خانگی و استانداردهای فاضلاب‌های صنعتی بر اساس استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران به لحاظ COD پساب خروجی برای تخلیه به منابع آبی پذیرنده می‌باشد و تا بارگذاری $kgCOD/m^3.d$ ٦ به طور مستقیم قادر به تأمین استانداردهای فاضلاب‌های صنعتی بر اساس استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران به لحاظ TSS پساب خروجی برای تخلیه به منابع آبی پذیرنده می‌باشد. همچنین در این بارگذاری قادر به حذف بیش از ۷۰ درصد بار آلی ورودی است که حاکی از کارایی این راکتور در کاهش بار آلی برای تصفیه فاضلاب‌های قوی می باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد، راکتور تلفیقی لجن فعال دارای بسترثابت به دلیل مزایایی از جمله قابلیت حذف مواد آلی دارای سرعت تجزیه کم، پایداری در برابر شوک‌های آلی و هیدرولیکی و تولید پسابی با کیفیت بالا یک تکنولوژی کارآمد، اجرایی و قابل اعتماد برای تصفیه فاضلاب‌ها می‌باشد و این راکتور قادر به تامین استانداردهای فاضلاب‌های خانگی و صنعتی بر اساس استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران به لحاظ COD و TSS پساب خروجی برای تخلیه به منابع آبی پذیرنده می‌باشد و می توان این نوع راکتور را به عنوان مرحله اول بخشی از یک زنجیره فرآیندی تصفیه برای تصفیه فاضلاب‌های قوی مد نظر قرار داد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله به این وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از همکاری اعضای هیئت علمی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران و کردستان و کارشناسان

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-20]

آزمایشگاه شیمی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی
تهران اعلام می‌دارند.

References

1. Squillace PJ, Pankow JF, Korte NE, Zogorski GS, Review of the environmental behavior and fate of methyl tert-butyl ether. J Enviro toxico and Chem 1997; 16: 1836-1844.
2. Lien HL, Zhang WX. Removal of methyl tert-butyl ether (MTBE) with Nafion. J Hazardous Materials 2007; 144: 194–9.
3. Moussavi Gh, Bahadori MB, Farzadkia M, Yazdanbakhsh A, Mohseni M. Performance evaluation of a thermophilic biofilter for the removal of MTBE from waste air steam: Effect of inlet oncentration and EBRT. J Biohem Engin 2009; 45: 152-6.
4. Benedict C, Wlliam T, Frankenberger Jr. Biodegradation of methyl tertiary butyl ether (MTBE)by a bacterial enrichment consortia and its monoculture. J Microbial Res 2008; 99-106
5. Liu ShJ, Jiang B, Huang GQ, Li XG. Laboratory column study for remediation of MTBE-contaminated groundwater using a biologic two-layer permeable barrier Water Research. 2006; 40: 3401-8.
6. Squillace PG, Zogorski GS, Wilber WG, Price CV. Preliminary assessment of the occurrence and possible sources of MTBE in groundwater in the United States. 1993-1994, Environ Sci Technol 1996; 30: 1721-30.
7. An YJ, Kampbell DH, Cook ML, Co-occurrence of MTBE and benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene compounds at Marinas in large reservoir. J Environ Eng 2002; 128: 902-6.
8. Kuburovic N, Todorovic M, Raicevic V, Orlovic A, Jovanovic L, Nikolic T, and et al. Removal of methyl tertiary butyl ether from wastewaters using photolytic, photo catalytic and microbiological degradation processes. J Desalination 2007; 213: 123-8.
9. Lin ChW, Lin NCh, Liu MCh. Oxidation kinetics and microbial communities associated methyl tert-butyl ether removal in a biotrickling filter. J Chemial Engineering 2007; 127: 143-9.
10. Stocking AJ, Suffet IH, McGuire MJ, Kavanaugh MC. Am J, Water Works Association 2001; 93-5.
11-Chen D, Chen J Zhong W. Enhancement of methyl tert-butyl ether degradation by the addition of readily metabolizable organic substrates. J Hazardous Materials 2009; 15: 167-9.
12. Liu ShJ, Jiang B, Huang GQ, Li XG. Laboratory column study for remediation of MTBE-contaminated groundwater using a biological two-layer permeable barrier. J Water Research 2006; 40: 3401-8.
13. Bajaj M, Gallert C, Winter J. Biodegradation of high phenol containing synthetic wastewater by an aerobic fixed bed reactor. J Bioresource Technology 2008; 99: 8376-81.
14. Ahmadizad S, Khavanin A, Farokhi M, Investigation and Feasibility of biodegradation of methyl tert-butyl ether by isolated microorganism from activated sludge in the liquid phase and stimulating Compounds effect on the degradability. J Medical Faculty of Gillan. 2008; 66: 76-84.
15. Kharoune M, Pauss A, Lebeault JM. Aerobic biodegradation of an oxygenates mixture: ETBE, MTBE and TAME in an up flow fixed bed reactor. J Water Research 2001; 35: 1665-1674.
16. Yen-Hui L. Kinetics of nitrogen and carbon removal in a moving-fixed bed biofilm reactor. J Applied Mathematical Modeling. 2008; 32: 2360-2377.
17. Xin Z, Yanming W and Zhengfang Y. Oil field wastewater treatment in biological aerated filter by immobilized microorganisms. J Process Biochemistry 2006; 41: 1475-1483.
18. Sharbat maleki MA. Barghaei M, Function of pumice stone as a fixed bed biofilm in aerobic biofilm reactor. J water and wastewater of Isfahan. 2005; 56: 62-70.
19. (USA). APHA Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater. 21Th Edition. New York: American Public Health Association, 2005.
20. Isfahani MM, Kaveh AR. Investigation and compare the performance of granular activated carbon in MTBE removal from Wells contaminated with two laboratory methods RSSCT and semi-industrial. J. Oil research. 2008; 58: 71-78.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-20]