



## ارزیابی عملکرد سیستم تصفیه فاضلاب شهرک صنعتی سمنان (بیوراکتور غشایی) در بازیابی پساب صنعتی

محمد سرمدی<sup>۱</sup>، سهیل مرتضایی فر<sup>۲</sup>، مجید کرمانی<sup>۳</sup>، میترا غلامی<sup>۴</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۳/۰۳

تاریخ ویرایش: ۹۴/۱۱/۰۳

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۹/۱۰

### چکیده

**زمینه و هدف:** در مطالعه حاضر کارایی عملکرد سیستم بیوراکتور غشایی موجود در تصفیه خانه فاضلاب صنعتی شهرک صنعتی سمنان که به منظور بازیابی پساب خروجی از تصفیه خانه احداث شده است، مورد بررسی قرار گرفت.

**روش بررسی:** در این مطالعه، برای تعیین کارایی عملکرد بیوراکتور غشایی در مقیاس کامل (MBR)، پارامترهای TSS، BOD، COD، نیتروژن و فسفر به صورت فصلی از ورودی و خروجی بیوراکتور در نظر گرفته شد. سپس غلظت پارامترهای انتخابی در ورودی و خروجی بیوراکتور غشایی و دیگر واحدها اندازه‌گیری گردید. بیوراکتور غشایی شامل دومدول غشایی صفحه مسطح از جنس پلی اتر سولفون که در داخل دو حوضچه هوادهی به صورت غوطه‌ور قرار گرفته‌اند، می‌باشد.

**یافته‌ها:** نتایج به دست آمده نمایانگر درصد حذف بیش از ۹۸٪ برای BOD، COD و TSS بود که میزان آن در ماه‌های تابستان و گرم سال بیشتر بود. کارایی راکتور MBR در حذف نیترات، آمونیاک و TKN به ترتیب برابر ۳۵٪، بیش از ۹۰٪ و بیش از ۷۹٪ درصد به دست آمد. درصد حذف فسفر موجود در فاضلاب نیز با میانگین ۵۲٪ تعیین شد. کارایی کم سیستم در حذف فسفر ناشی از مقدار کم آن در ورودی می‌باشد.

**نتیجه‌گیری:** باتوجه به نتایج به دست آمده و مقایسه آن با استانداردهای موجود، می‌توان چنین بیان کرد که سیستم‌های پیشرفته موجود در تصفیه خانه شهرک صنعتی سمنان کاملاً "با اهداف تاسیس آن، یعنی استفاده مجدد پساب حاصل از آن برای کشاورزی و صنعت" مطابقت دارد.

**کلیدواژه‌ها:** بیوراکتور غشایی، فاضلاب شهرک صنعتی.

### مقدمه

شهری و صنعتی می‌باشد که از پساب آن‌ها می‌توان به عنوان استفاده مجدد در مصارف مختلف استفاده کرد [۴]. امروزه شمار زیادی از سیستم‌های لاگونی برای تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی در شرایط آب و هوایی مختلف استفاده می‌شود [۵، ۶]. لاگون‌های هوادهی به عنوان یک گزینه موثر و کم هزینه برای حذف میکروارگانیزم‌ها، مواد آلی و غیرآلی در نظر گرفته شده‌اند [۷-۹]. مطالعات انجام شده نشان دهنده کارایی متفاوت این سیستم‌ها برای تصفیه فاضلاب‌های گوناگون می‌باشد. با این حال مقادیر میانگین حذف اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) در محدوده ۹۷-۴۰ درصد نشان داده شده است. در این سیستم‌ها، انرژی مورد نیاز هوادهی بخش عمده‌ای از

تخلیه فاضلاب‌های صنعتی و شهری به بدنه آبی نقش مهمی در مشکلات جهانی و افزایش آلودگی‌های آب دارد. با افزایش رشد جمعیت، صنعتی شدن و شهرسازی، نیاز به منابع آب اهمیت ویژه‌ای یافت. شهرک‌های صنعتی نیز بخش مهمی از اقتصاد یک کشور می‌باشد که نیاز به آبی با کیفیت و کمیت بالا دارد. یکی از راه‌حل‌های افزایش منابع آب و ذخیره آن، استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده می‌باشد [۱-۳]. به منظور رسیدن به این هدف انواع مختلفی از روش‌های تصفیه می‌تواند برای تولید آب با کیفیت بهتر مورد استفاده قرار گیرد. تصفیه بیولوژیکی مانند لاگون‌ها یکی از فرایندهای مهم در تصفیه فاضلاب‌های

۱- مربی هیات علمی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران.

۲- کارشناس ارشد، گروه مهندسی محیط (منابع آبی)، دانشکده محیط و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی.

۳- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

۴- (نویسنده مسئول) استناد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران. [gholamim@iums.ac.ir](mailto:gholamim@iums.ac.ir) [gholamimitra32@gmail.com](mailto:gholamimitra32@gmail.com)

تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک صنعتی سمنان یکی از معدود پروژه‌های عمرانی - زیست محیطی اجراء شده در سطح کشور و دومین پروژه مشابه در کل شهرکهای صنعتی ایران می‌باشد که به منظور استحصال آب خام صنعتی (در حد کیفیت آب خام چاههای منطقه) از پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک صنعتی سمنان بوده و با استفاده از فرآیندهای تصفیه پیشرفته بخشی از کمبودهای آبی صنایع مستقر را تأمین و جبران می‌نماید. کاربرد پساب به عنوان یک منبع دائمی آب در کشاورزی علاوه بر تأمین بخشی از نیازهای آبی این بخش، باعث صرفه جویی و دوام منابع آبی موجود نیز می‌گردد. تصفیه‌خانه فاضلاب سمنان، فاضلاب صنایع کاغذسازی و تولیدات آن، غذا و نوشابه‌سازی، نساجی، دباغی و چرم و... را دریافت کرده و تصفیه می‌نماید. با توجه به این که این تصفیه‌خانه از اولین تصفیه‌خانه‌های اجراء شده در سطح کشور محسوب می‌شود و بازخورد آن متوجه دیگر مناطق کشور نیز خواهد بود، انجام مطالعاتی از این قبیل برای مقایسه سیستم‌های نوین ضروری به نظر می‌رسد. سیستم تصفیه پیشرفته بکارگرفته شده در این تصفیه‌خانه شامل مراحل  $SF \rightarrow MBR \rightarrow AC \rightarrow RO$  می‌باشد.

هدف از این پژوهش بررسی کارایی سیستم تصفیه پیشرفته تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک صنعتی سمنان، در تصفیه پساب لاگون هوادهی با هدف استفاده مجدد پساب حاصل از آن در کشاورزی و صنعت، به عنوان روشی که نیاز به فضای زیادی نداشته و بهره‌برداری آن به عوامل مزاحم مثل بالکینگ وابسته نیست، می‌باشد.

### روش بررسی

**توصیف لاگون و سیستم MBR:** این تحقیق از نوع مطالعات مقطعی می‌باشد که در تصفیه‌خانه فاضلاب صنعتی واقع در شهرک صنعتی شهر سمنان انجام گرفت. نمونه‌ها از خروجی لاگونها و ورودی و خروجی واحد MBR به مدت ۶ ماه جمع‌آوری شد.

هزینه‌ها را شامل می‌شود که با توجه به موقعیت آب و هوایی تغییر می‌کند. لاگونهای هوادهی برای استفاده در سیستم‌های تصفیه پیشرفته مناسب می‌باشند [۱۰-۱۲]. از جمله سیستم‌های پیشرفته که می‌تواند پساب لاگونهای هوادهی را برای استفاده مجدد در شهرک صنعتی تصفیه نماید، سیستم بیوراکتور غشایی می‌باشد. فیلترهای غشایی در محدوده وسیعی از تکنیک‌های جداسازی از فیلتراسیون، اولترافیلتراسیون، نانو فیلتراسیون تا اسمز معکوس قرار دارند که می‌تواند در تصفیه فاضلاب‌های صنعتی مورد استفاده قرار گیرد [۱۳-۱۵]. فرایند لجن فعال همراه با یک غشاء، روشی است که برای تصفیه بیشتر و بهتر فاضلابها و پسابها مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۶-۱۸]. این سیستم‌ها که به سیستم بیوراکتور غشایی (MBR) مشهور است، می‌تواند به تنهایی یا با ترکیب با دیگر سیستم‌های تصفیه استفاده شود [۲، ۱۹]. از مزایای این سیستم می‌توان به جانمایی و حجم کوچک راکتور، کیفیت بالای پساب تولیدی، مقاومت بالا در برابر تغییرات بارهای ورودی و پتانسیل کاهش تولید لجن اشاره نمود [۲۰-۲۲]. در سالهای اخیر بیوراکتور غشایی با غشاهای مستغرق (SMBR) به عنوان یک تکنولوژی موثر در تصفیه فاضلاب‌های صنعتی و شهری محبوبیت زیادی کسب کرده است [۲۳-۲۵]. این سیستم ترکیبی از فیلترهای غشایی با فرایند لجن فعال است که مدول غشایی در داخل بیوراکتور مستغرق شده و برای حذف همزمان کربن، نیتروژن و فسفر از طریق حذف بیولوژیکی بکار می‌رود [۲۶، ۲۷]. طبق مطالعات انجام شده حذف این عناصر در سیستم بیوراکتور غشایی به پارامترهایی مانند غلظت جامدات معلق مایع مخلوط (MLSS) و زمان ماند لجن و هیدرولیکی بستگی دارد [۲۸-۳۰]. در بعضی مطالعات بازده حذف COD تا بیش از ۹۸٪ نیز گزارش شده است. در سیستم‌های ترکیبی همانند MBR با سیستم اسمز معکوس برای تصفیه فاضلاب، راندمان حذف COD در حد بالایی گزارش شده است [۳۱-۳۳]. پروژه سیستم استفاده مجدد (تصفیه پیشرفته) پساب

جدول ۱- پارامترهای طراحی سیستم بیوراکتور غشایی

پارامتر	غشاصفحه مسطح
حجم حوض هوادهی ( $m^3$ )	۸۲/۵
حجم حوضچه قرارگیری غشا ( $m^3$ )	۵۸
جریان ورودی ( $m^3/d$ )	۷۰۰
فلاکس خروجی ( $L/m^2 h$ )	۵۶
فشار عبوری از غشا (bar)	۰/۱-۰/۱۵
زمان ماند لجن (Day)	۳۰-۹۰
غلظت جامدات معلق مایع مخلوط (g/L)	۲/۵-۶

**شرایط بهره‌برداری سیستم بیوراکتور غشایی (MBR):** پس‌اب ذخیره شده در حوضچه ذخیره بعد از پمپاژ به فیلتر ماسه‌ای، به داخل تانک هوادهی بیوراکتور وارد می‌شود. سیستم بیوراکتور بدون هیچ گونه کربن و منابع غذایی اضافی دیگر بهره‌برداری می‌شود. به منظور نگهداری سطح فاضلاب در یک مقدار ثابت، از یک سنسور سطحی استفاده شده است. زمان ماند هیدرولیکی در حدود ۲/۵ ساعت بوده و میزان pH سیستم در محدوده ۶/۵ تا ۸ اندازه‌گیری گردید. هر دو مدول‌های غشایی با ظرفیت ۱۴/۶ مترمکعب بر ساعت طراحی و ساخته شده است. خروجی سیستم بیوراکتور غشایی از طریق یک جمع‌آورنده، با فشار منفی ایجاد شده توسط چند پمپ، در یک حوض ذخیره می‌گردد. فشار مکش در غشاها حدود ۰/۱۵ بار می‌باشد. دمای بهینه بهره‌برداری سیستم بیوراکتور در محدوده ۱۵-۳۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میزان فشار عبوری از غشا (TMP) بین ۰/۰۷ تا ۰/۱ بار تنظیم شده است. در شرایط بهره‌برداری پیوسته، این فشار بین ۰/۲ تا ۰/۲۵ بار می‌باشد. این فشار توسط فشارسنج به طور پیوسته کنترل می‌شود. پاکسازی غشا پس از رسیدن فشار به بالای ۰/۲ بار، توسط آب ذخیره شده در یک منبع در لبه حوض و به صورت معکوس انجام می‌گیرد. این کار به صورت یک دوره روشن-خاموش استفاده می‌شود که در این دوره سیستم به مدت ۹ دقیقه کار کرده، و سپس به مدت یک دقیقه معکوس می‌شود تا از گرفتگی احتمالی غشاء جلوگیری شود. به منظور جلوگیری از گرفتگی غشاها، میزان

لاگونها به صورت دوبخشی که به قسمتهای شمالی و جنوبی تقسیم می‌شدند، قرار داشتند. هرکدام از آنها شامل دوحوضچه هوادهی به صورت موازی هستند. مساحت هرکدام از لاگونها در حدود ۹۰۰ متر مربع و عمق ۲/۸ متر می‌باشد. بعد از هوادهی فاضلاب صنعتی خروجی وارد حوض ته‌نشینی می‌شود و خروجی حوض ته‌نشینی وارد حوضچه ذخیره می‌گردد. این پس‌اب توسط پمپ‌های نصب شده در بالای حوضچه ذخیره به سمت تصفیه پیشرفته هدایت می‌شود. قبل از سیستم بیوراکتور غشایی یک فیلتر ماسه‌ای قرار دارد که مواد معلق درشت را جدا کرده و خروجی آن وارد حوضچه بیوراکتور می‌شود. غشاها از نوع فیلترهای MicroClear® می‌باشند. در این سیستم از دو مدول غشایی صفحه مسطح و از جنس پلی‌اتر سولفون (PES) و با اندازه منافذ ۰/۰۵ میکرومتر در مقیاس کامل استفاده شده است. این مدولها به صورت مستقیم در داخل حوض‌های هوادهی مستغرق هستند. هر کدام از این مدول‌ها حاوی ۷۵ غشاء مسطح با سطح فعال حدود ۵۲۵ مترمربع می‌باشد؛ بنابراین سطح کل فیلتراسیون استفاده شده در حدود ۱۰۵۰ متر مربع است. این سیستم برای تصفیه میزان جریان حدود ۷۰۰ مترمکعب در روز طراحی شده است که می‌تواند باکتریها و ویروسها را تا بیش از ۴log حذف کند. ابعاد کلی حوضچه هوادهی حدود ۸/۵ متر طول، ۵ متر عرض و ۳/۳ متر عمق می‌باشد. جدول ۱ پارامترهای طراحی سیستم بیوراکتور غشایی را نشان می‌دهد.

غلظت کل جامدات معلق، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی، آمونیاک، نیترات، کل نیتروژن کجلدال و کل فسفر در جدول ۲ نشان داده شده است. این تصفیه خانه حدود ۳ سال است که راه اندازی شده است و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. غلظت جامدات مایع مخلوط در حوض هوادهی در حدود ۲/۵ تا ۶ گرم بر لیتر اندازه گیری شد و زمان ماند جامدات لجن در محدوده ۳۰ تا ۹۰ روز محاسبه گردید.

### ارزیابی کارایی سیستم بیوراکتور غشایی در مقیاس کامل

۱- تغییرات جامدات معلق مایع مخلوط (MLSS)، جامدات معلق فرار مایع مخلوط (MLVSS) و کدورت: غلظت کل جامدات معلق ورودی به سیستم بیوراکتور غشایی در محدوده ۲۰۰ تا ۲۴۰۰ میلی گرم در لیتر قرار داشت که محدوده وسیعی می‌باشد. شکل ۱ میانگین غلظت کل جامدات معلق در ورودی و خروجی سیستم بیوراکتور غشایی را نشان می‌دهد. میزان غلظت کل جامدات معلق مایع مخلوط و جامدات معلق فرار در داخل سیستم بیوراکتور در فصل تابستان بیشتر از فصل زمستان است. در مطالعات پارنل و همکاران در سال ۲۰۱۵ بر روی حذف باکتریوفازها از فاضلاب و کرزمینیسکی و

هوای موردنیاز برای هر مدول حدود ۴۰۰ متر مکعب در ساعت می‌باشد.

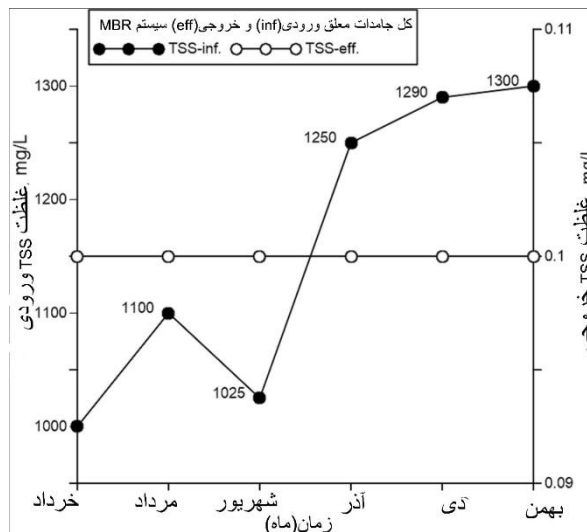
**جمع آوری نمونه‌ها و داده‌ها:** در این مطالعه نمونه‌های فاضلاب خام و لجن فعال از سیستم لاگون‌های هوادهی و بیوراکتور غشایی به مدت ۶ ماه از فصول مختلف سال گرفته شد. در آزمایشگاه تصفیه خانه صنعتی شهرک پارامترهایی که در سیستم بیوراکتور غشایی موردسنجش قرار می‌گیرند، عبارتند از: نرخ جریان، فلاکس جریان، میزان جریان خروجی، فشار عبوری از غشا، pH، دما و جامدات معلق مایع مخلوط است. پارامترهایی که برای ارزیابی کارایی سیستم بیوراکتور غشایی اندازه گیری گردید، شامل کل نیتروژن کجلدال، آمونیاک، نیترات، اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی و شیمیایی و کل فسفر بود که برای سنجش این پارامترها از ورودی و خروجی سیستم نمونه برداری شد. نمونه‌های فاضلاب به صورت ۲۴ ساعته گرفته شد.

### یافته‌ها و بحث

حدود ۳۰ متر مکعب بر ساعت از خروجی پساب ثانویه، برای تصفیه سومین استفاده می‌شود. زمان ماند هیدرولیکی در تانک هوادهی بیوراکتور غشایی در حدود ۲/۵ ساعت می‌باشد.

جدول ۲- مشخصات میکروبی و فیزیکی-شیمیایی خروجی فاضلاب سیستم بیوراکتور غشایی (MBR)

MBR		پارامتر
میانگین	محدوده	pH
۷/۲	۶-۸/۵	هدایت الکتریکی (mS/cm)
۱۲۴۰	۹۰۰-۱۵۴۰	Turbidity (NTU)
۰/۶۲	۰/۵-۰/۷۵	Temperature (°C)
۱۹	۸-۳۰	TSS (mg/L)
۰/۱	۰/۱-۰/۱۲	BOD5 (mg/L)
۸	۴-۱۰	COD (mg/L)
۲۶/۵	۲۱-۳۴	P-total (mg/L)
۲/۹۸	۱/۰۵-۴/۱۶	Amonum (mg/L)
۰/۱۹	۰/۱-۰/۲۶	Nitrate (mg/L)
۴/۹	۴-۶/۳	TKN (mg/L)
۰/۴۶	۰/۱۲-۰/۹۵	



شکل ۱- میانگین غلظت کل جامدات معلق در ورودی و خروجی سیستم بیوراکتور غشایی

جدول ۳- تغییرات MLSS و MLVSS در ماههای مختلف ۱۰۰×

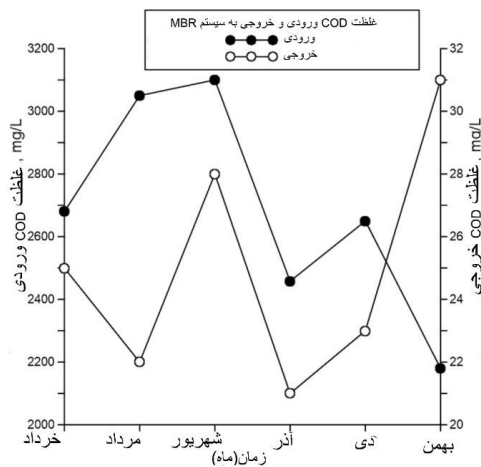
پارامتر	خرداد	مرداد	شهریور	آذر	دی	بهمن
MLSS	۴۵	۵۸	۶۰	۳۶	۳۲	۲۵
MLVSS	۲۹	۴۱	۴۳/۵	۲۰	۱۶/۵	۱۲
MLVSS/ MLSS	۰/۶۴	۰/۷۱	۰/۷۲	۰/۵۶	۰/۵۲	۰/۴۸

متغیر بود که نشان دهنده این واقعیت است که میزان بیومس فعال لجن در حد متوسط به بالا قرار دارد. بیشترین میزان تولید لجن در تابستان مشاهده شد که میزان جامدات معلق مایع مخلوط در حد ۶۰۰۰ میلی گرم در لیتر بود. همچنین میزان کدورت ورودی به سیستم بیوراکتور غشایی بین ۵۰ تا ۳۲۰ NTU متغیر بود، درحالی که این میزان در خروجی از غشا به حدود ۰/۵ تا ۰/۷۵ NTU (۹۹/۳ درصد حذف) رسید.

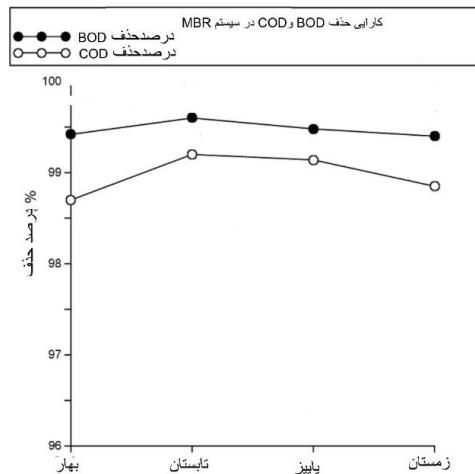
بر طبق استانداردهای کیفی آب تدوین شده برای استفاده مجدد فاضلاب، از آب های با کدورت بین ۱ و ۱۰ NTU می توان در صنعت و مصارف تفریحی استفاده کرد [۳۵]. این نتایج نشان می دهد که خروجی بیوراکتور غشایی از نظر کدورت در سطح بسیار خوبی قرار دارد.

**۲- تغییرات غلظت COD و BOD: غلظت COD ورودی به بیوراکتور غشایی، در محدوده ۲۱۸۰**

همکاران بر روی مقایسه چند سیستم بیوراکتور غشایی به صورت تنها و ترکیبی در سال ۲۰۱۲ در مقیاس کامل نتایج این تحقیقات نشان دهنده این واقعیت بود که کارایی سیستم در حذف میکروارگانیسمها در سطح بالایی قرار داشت و در فصل تابستان بیشتر از فصل زمستان بود و با نتایج تحقیق ما مطابقت داشت [۱۳، ۳۴]. دمای کم در طول فصل سرد باعث افزایش زمان ماند لجن می شود. با این حال حذف کل جامدات معلق در سیستم بیوراکتور غشایی بیش از ۹۹ درصد در تمام فصول بدست آمد. جدول ۳ تغییرات جامدات معلق مایع مخلوط و جامدات معلق فرار مایع مخلوط را در ماههای مختلف نشان می دهد. هنگامی که زمان ماند جامدات در راکتور افزایش یافت، کاهش قابل ملاحظه ای در تولید لجن و میزان جامدات فرار لجن مشاهده شد. نسبت جامدات معلق فرار مایع مخلوط به جامدات معلق مایع مخلوط در محدوده ۰/۴۸ تا ۰/۷۲



شکل ۲- غلظت COD ورودی و خروجی در سیستم بیوراکتور غشایی



شکل ۳- درصد حذف پارامترهای BOD و COD سیستم بیوراکتور غشایی

به آبهای سطحی تخلیه کرد و پساب با میزان فسفات کمتر از ۶ میلی گرم بر لیتر را می‌توان به آبهای سطحی تخلیه نمود اما استاندارد این پارامترها برای استفاده در کشاورزی بیان نشده است [۳۶].

میانگین درصد حذف نیتروژن کج‌لدال، آمونیاک، نیترات به ترتیب برابر با ۸۸/۶، ۹۲/۳ و ۳۴/۳ درصد بود. این نتایج نشان دهنده کارایی بالای سیستم بیوراکتور غشایی نسبت به سیستم‌های متعارف در حذف اشکال مختلف نیتروژن می‌باشد. چن و همکاران در

تا ۳۱۰۰ میلی گرم بر لیتر قرار داشت. روند تغییرات میانگین COD ورودی و خروجی از غشاهای سیستم بیوراکتور در برابر زمان در شکل ۲ نشان داده شده است. میانگین حذف COD در بیوراکتور در فصل تابستان ۹۹ درصد و در فصل زمستان کم‌تر از این مقدار است. همان‌طور که مشاهده می‌شود غلظت COD در خروجی سیستم بیوراکتور غشایی در محدوده ۲۲-۲۸ میلی گرم بر لیتر در زمستان و ۲۳-۳۱ میلی گرم بر لیتر در تابستان بود. در تابستان غلظت COD خروجی از بیوراکتور، به دلیل بالا بودن جامدات معلق مایع مخلوط و شرایط مناسب برای تجزیه مواد آلی، پایین‌تر می‌باشد. از طرف دیگر غلظت BOD خروجی سیستم بیوراکتور غشایی در تمام نمونه‌ها کم‌تر از ۷ میلی گرم بر لیتر به دست آمد (شکل ۳). شایان ذکر است که کارایی این سیستم با توجه به بالا بودن میزان مواد آلی ورودی بسیار بالا است. پساب با میزان BOD کمتر از ۱۰۰ را می‌توان در کشاورزی استفاده کرد. با توجه به استانداردهای استفاده مجدد فاضلاب در کشاورزی می‌توان از پساب این سیستم در آبیاری تصفیه‌خانه استفاده کرد [۳۶]. حذف بالای مواد آلی و معلق در این سیستم ناشی از فیلتراسیون این مواد توسط غشاها می‌باشد.

### ۳- تغییرات غلظت فسفر و نیتروژن:

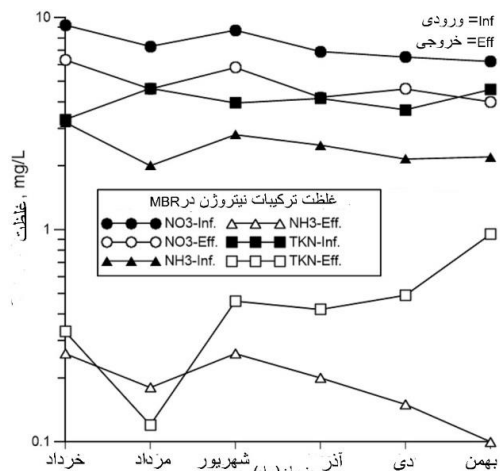
فاضلاب‌های صنعتی با توجه به میزان آلاینده بسیار زیاد موجود در آن‌ها شناخته می‌شوند که از جمله این آلاینده‌ها می‌توان به فسفر و نیتروژن اشاره کرد که عامل اصلی پدیده اتریفیکاسیون می‌باشند. گرچه بیوراکتور غشایی ممکن است نتواند به آسانی به دینتریفیکاسیون دست یابد، اما با این حال ارزیابی کارایی سیستم و تشخیص شکل‌های مختلف نیتروژن در خروجی سیستم، در استفاده مجدد از پساب حاصل از آن، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. شکل ۴ غلظت اشکال مختلف نیتروژن را در ورودی و خروجی از سیستم بیوراکتور غشایی نشان می‌دهد. با توجه به استانداردهای محیط زیست ایران استفاده از پساب با میزان نیترات کم‌تر از ۵۰ میلی گرم بر لیتر را می‌توان

دنیتریفیکاسیون بیشتر در فصل تابستان رخ داد. به طور میانگین میزان آمونیاک و نیترات در فصل تابستان به ترتیب برابر با ۰/۲۲ و ۵/۲ میلی گرم بر لیتر و در فصل زمستان برابر با ۰/۱۲ و ۴/۳ میلی گرم بر لیتر بود. یکی از دلایل حذف نیتروژن در سیستم بیوراکتور غشایی را می‌توان حذف آن توسط لجن فاضلاب بیان کرد که سبب جذب زیستی این ترکیبات در داخل فلاک‌های لجن شده و در نتیجه بخش کمی از آن از غشاهای سیستم عبور می‌کند. حذف نیتروژن از جنبه‌های مختلفی بررسی شده است که در آن درصدهای حذف متفاوتی مشاهده شده است [۳۸-۴۰]. همچنین غلظت کل فسفر سیستم بیوراکتور نیز مورد مطالعه قرار گرفت که نتایج آن در شکل ۵ نشان داده شده است.

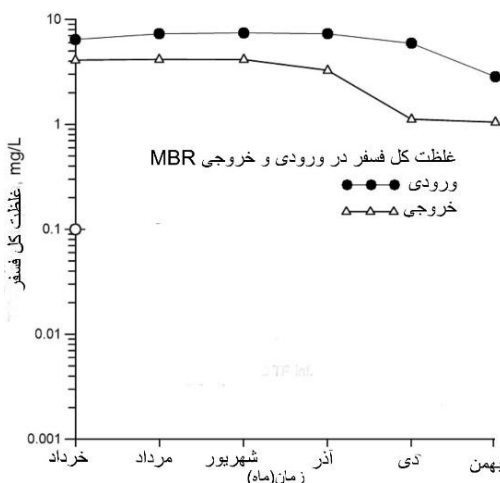
میزان حذف کل فسفر موجود در فاضلاب ۵۲ درصد به دست آمد که این درصد حذف ناشی از مقدار کم فسفر ورودی و جامدات معلق مخلوط بالا در راکتور بود.

### نتیجه‌گیری

به منظور کاهش خطرات انسانی مرتبط با استفاده مجدد از فاضلاب، تاسیسات تصفیه فاضلاب صنعتی می‌بایست حذف پارامترهای مختلفی از جمله فسفر، نیتروژن و مواد آلی و جامدات معلق را مدنظر قرار دهد. نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر که در آن سیستم تصفیه پیشرفته شهرک صنعتی سمنان مورد بررسی قرار گرفته است، نشان داد که میزان حذف این پارامترها توسط بیوراکتور غشایی در سطح بالایی قابل دستیابی است. استفاده از سیستم بیوراکتور غشایی برای تصفیه فاضلاب‌های صنعتی از نظر پارامترهای COD و BOD با راندمان بالای ۹۹ درصد همراه بود. همچنین کارایی سیستم تصفیه در حذف اشکال مختلف نیتروژن و فسفر نیز در حد بالایی به دست آمد؛ بنابراین می‌توان چنین بیان کرد که سیستم تصفیه پیشرفته MBR در تصفیه خانه مذکور قادر به تصفیه فاضلاب تا حد رسیدن به استانداردهای موجود استفاده مجدد پساب در کشاورزی و صنعت می‌باشد. به طور



شکل ۴- میزان حذف اشکال مختلف نیتروژن در سیستم بیوراکتور غشایی



شکل ۵- غلظت فسفر کل در ورودی و خروجی سیستم بیوراکتور غشایی

مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۴ بر روی فاضلاب صنعتی با سیستم بیوراکتور غشایی و اسمز معکوس انجام دادند که نتایج این تحقیق نشان داد کارایی سیستم در حد بسیار خوبی قرار داشت و با نتایج تحقیق ما مطابقت داشت [۳۷]. مقادیر کم آمونیاک موجود در سیستم نمایانگر آن است که دنیتریفیکاسیون به طور کامل انجام نشده است. به دلیل وجود شرایط مناسب برای میکروارگانیسم‌ها، فرایندهای نیتریفیکاسیون و

pharmaceuticals in wastewaters from urban tertiary and rural aerated lagoon treatments. *Water research*. 2010;44(2):533-44.

10. Ewing T, Babauta JT, Atci E, Tang N, Orellana J, Heo D, et al. Self-powered wastewater treatment for the enhanced operation of a facultative lagoon. *Journal of Power Sources*. 2014;269:284-92.

11. Houweling D, Kharoune L, Escalas A, Comeau Y. Dynamic modelling of nitrification in an aerated facultative lagoon. *Water research*. 2008;42(1):424-32.

12. Mehmood M, Adetutu E, Nedwell DB, Ball AS. In situ microbial treatment of landfill leachate using aerated lagoons. *Bioresource technology*. 2009;100(10):2741-4.

13. Purnell S, Ebdon J, Buck A, Tupper M, Taylor H. Bacteriophage removal in a full-scale membrane bioreactor (MBR)–Implications for wastewater reuse. *Water research*. 2015;73:109-17.

14. Kumar M, Lee PY, Fukusihma T, Whang LM, Lin JG. Effect of supplementary carbon addition in the treatment of low C/N high-technology industrial wastewater by MBR. *Bioresource technology*. 2012;113:148-53.

15. Roberts JA, Sutton PM, Mishra PN. Application of the membrane biological reactor system for combined sanitary and industrial wastewater treatment. *International biodeterioration & biodegradation*. 2000; 46(1):37-42.

16. Ma D, Gao B, Hou D, Wang Y, Yue Q, Li Q. Evaluation of a submerged membrane bioreactor (SMBR) coupled with chlorine disinfection for municipal wastewater treatment and reuse. *Desalination*. 2013;313:134-9.

17. Delrue F, Stricker A, Mietton-Peuchot M, Racault Y. Relationships between mixed liquor properties, operating conditions and fouling on two full-scale MBR plants. *Desalination*. 2011;272(1):9-19.

18. Krzeminski P, Iglesias-Obelleiro A, Madebo G, Garrido J, Van Der Graaf J, Van Lier J. Impact of temperature on raw wastewater composition and activated sludge filterability in full-scale MBR systems for municipal sewage treatment. *Journal of Membrane Science*. 2012;423:348-61.

19. Kent FC, Farahbakhsh K, Mahendran B, Jaklewicz M, Liss SN, Zhou H. Water reclamation using reverse osmosis: Analysis of fouling propagation given tertiary membrane

مثال از نظر کدورت و BOD با توجه به استاندارد های گفته شده می توان از این پساب در مصارف آبیاری و آبهای سطحی استفاده کرد.

## منابع

1. Jin P, Jin X, Wang XC, Shi X. An analysis of the chemical safety of secondary effluent for reuse purposes and the requirement for advanced treatment. *Chemosphere*. 2013;91(4):558-62.

2. Cartagena P, El Kaddouri M, Cases V, Trapote A, Prats D. Reduction of emerging micropollutants, organic matter, nutrients and salinity from real wastewater by combined MBR–NF/RO treatment. *Separation and Purification Technology*. 2013;110(0):132-43.

3. Petala M, Tsiridis V, Samaras P, Zouboulis A, Sakellaropoulos G. Wastewater reclamation by advanced treatment of secondary effluents. *Desalination*. 2006;195(1):109-18.

4. Xing CH, Qian Y, Wen XH, Wu WZ, Sun D. Physical and biological characteristics of a tangential-flow MBR for municipal wastewater treatment. *Journal of Membrane Science*. 2001;191(1):31-42.

5. Li X, Zheng W, Kelly WR. Occurrence and removal of pharmaceutical and hormone contaminants in rural wastewater treatment lagoons. *Science of the Total Environment*. 2013;445:22-8.

6. Escalas-Cañellas A, Ábrego-Góngora CJ, Barajas-López MG, Houweling D, Comeau Y. A time series model for influent temperature estimation: application to dynamic temperature modelling of an aerated lagoon. *Water research*. 2008;42(10):2551-62.

7. Chandra R, Bharagava RN, Kapley A, Purohit HJ. Bacterial diversity, organic pollutants and their metabolites in two aeration lagoons of common effluent treatment plant (CETP) during the degradation and detoxification of tannery wastewater. *Bioresource technology*. 2011;102(3):2333-41.

8. Montalvo S, Guerrero L, Rivera E, Borja R, Chica A, Martín A. Kinetic evaluation and performance of pilot-scale fed-batch aerated lagoons treating winery wastewaters. *Bioresource technology*. 2010;101(10):3452-6.

9. MacLeod SL, Wong CS. Loadings, trends, comparisons, and fate of achiral and chiral



styrene as volatile organic compound (VOC): Effect of hydraulic retention time (HRT). *Journal of hazardous materials*. 2010;178(1):718-24.

31. Tambosi JL, de Sena RF, Favier M, Gebhardt W, José HJ, Schröder HF, et al. Removal of pharmaceutical compounds in membrane bioreactors (MBR) applying submerged membranes. *Desalination*. 2010; 261(1):148-56.

32. Artiga P, García-Toriello G, Méndez R, Garrido J. Use of a hybrid membrane bioreactor for the treatment of saline wastewater from a fish canning factory. *Desalination*. 2008;221(1):518-25.

33. Johir M, Vigneswaran S, Kandasamy J, BenAim R, Grasmick A. Effect of salt concentration on membrane bioreactor (MBR) performances: detailed organic characterization. *Desalination*. 2013;322:13-20.

34. Krzeminski P, Langhorst W, Schyns P, De Vente D, Van den Broeck R, Smets I, et al. The optimal MBR configuration: Hybrid versus stand-alone—Comparison between three full-scale MBRs treating municipal wastewater. *Desalination*. 2012;284:341-8.

35. Iglesias R, Ortega E, Batanero G, Quintas L. Water reuse in Spain: data overview and costs estimation of suitable treatment trains. *Desalination*. 2010;263(1):1-10.

36. Shaeri A, Rahmati A. *Human's Environmental Laws, Regulations, Criteria and Standards*. Department of Environment (DOE), Tehran, Iran: Hak Publishing Co. 2012.

37. Chen T, Chen J. Combined membrane bioreactor (MBR) and reverse osmosis (RO) system for thin-film transistor- Liquid crystal display TFT-LCD, industrial wastewater recycling. *Wastewater Reclamation and Reuse IV*. 2004;50(2):99-106.

38. Ding A, Qu F, Liang H, Ma J, Han Z, Yu H, et al. A novel integrated vertical membrane bioreactor (IVMBR) for removal of nitrogen from synthetic wastewater/domestic sewage. *Chemical engineering journal*. 2013;223:908-14.

39. Riera FA, Suárez A, Muro C. Nanofiltration of UHT flash cooler condensates from a dairy factory: Characterisation and water reuse potential. *Desalination*. 2013;309:52-63.

40. Santana RS, Figueiredo MS, Pozzi EG, Sakamoto IK, Balieiro JC, Melo MP, et al. Long-Term Operation of an ASBBR Used to Treat Dairy Effluent: Effect of the Recirculation Rate on System Monitoring, Kinetics, and Key

filtration and MBR pretreatments. *Journal of Membrane Science*. 2011;382(1):328-38.

20. Wang Z, Wu Z, Mai S, Yang C, Wang X, An Y, et al. Research and applications of membrane bioreactors in China: progress and prospect. *Separation and Purification Technology*. 2008;62(2):249-63.

21. Nywening JP, Zhou H. Influence of filtration conditions on membrane fouling and scouring aeration effectiveness in submerged membrane bioreactors to treat municipal wastewater. *Water Research*. 2009;43(14):3548-58.

22. Chang IS, Bag SO, Lee CH. Effects of membrane fouling on solute rejection during membrane filtration of activated sludge. *Process Biochemistry*. 2001;36(8):855-60.

23. Mohammadi H, Sabzali A, Gholami M, Dehghanifard E, Mirzaei R. Comparative study of SBR and extended aeration activated sludge processes in the treatment of high-strength wastewaters. *Desalination*. 2012;287:109-15.

24. Katsou E, Malamis S, Loizidou M. Performance of a membrane bioreactor used for the treatment of wastewater contaminated with heavy metals. *Bioresource technology*. 2011;102(6):4325-32.

25. Wu Z, Wang Q, Wang Z, Ma Y, Zhou Q, Yang D. Membrane fouling properties under different filtration modes in a submerged membrane bioreactor. *Process Biochemistry*. 2010;45(10):1699-706.

26. Ma D, Gao B, Hou D, Wang Y, Yue Q, Li Q. Evaluation of a submerged membrane bioreactor (SMBR) coupled with chlorine disinfection for municipal wastewater treatment and reuse. *Desalination*. 2013;313(0):134-9.

27. Li F, Wichmann K, Otterpohl R. Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. *Science of the Total Environment*. 2009;407(11):3439-49.

28. Chen W, Liu J, Xie F. Identification of the moderate SRT for reliable operation in MBR. *Desalination*. 2012;286:263-7.

29. Meng F, Yang F, Shi B, Zhang H. A comprehensive study on membrane fouling in submerged membrane bioreactors operated under different aeration intensities. *Separation and Purification Technology*. 2008;59(1):91-100.

30. Fallah N, Bonakdarpour B, Nasernejad B, Moghadam MA. Long-term operation of submerged membrane bioreactor (MBR) for the treatment of synthetic wastewater containing



Microorganisms. Water, Air, & Soil Pollution.  
2014;225(11):1-13.

## Performance evaluation of wastewater treatment plant system (MBR) of Semnan Industry Park in industrial effluent recovery

Mohammad Sarmadi<sup>1</sup>, Soheil Mortezaeifar<sup>2</sup>, Majid Kermani<sup>3</sup>, Mitra Gholami<sup>4</sup>

Received: 2015/02/01

Revised: 2016/01/23

Accepted: 2016/05/23

### Abstract

**Background and aims:** In the present study, the performance of membrane bioreactor (MBR) advanced treatment system of Semnan Industry Park was evaluated for industrial effluent reusing.

**Methods:** To determine the performance efficiency of full-scale MBR with submerged polyether sulfone flat sheet modules (MA04-150, pore size of 0.05  $\mu\text{m}$ ) into an aeration tank, the potential removal of nitrogen, phosphorous, BOD, COD and TSS for industrial effluent reuse were investigated by seasonal sampling from MBR influent and effluent.

**Results:** The results showed that the obtained removal efficiency of system for BOD, COD and TSS were more than 98%, which increased in summer. Furthermore, MBR reactor efficiency for the removal of nitrate, ammonia and TKN were 35%, more than 90% and 79% percent, respectively. The MBR removal efficiency for phosphorus was determined by an average of 52%. Low efficiency is due to low levels of phosphorous in the reactor.

**Conclusion:** According to the results and to compare it with existing standards, it can be stated that the advanced wastewater treatment system of Semnan Industrial Park meets its founding objectives and can be used in agricultural and industrial operation.

**Keywords:** Membrane Bioreactor (MBR), Industrial Park effluent.

1. Department of Environmental Engineering, Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences, Torbat Heydariyeh, Iran.

2. Environmental Engineering (Water Resources) Department, Science and Research Branch, Faculty of Environment and Energy (FEE), Islamic Azad University.

3. Department of Environmental Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran.

4. (**Corresponding author**) Department of Environmental Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences. gholamim@iums.ac.ir, gholamimitra32@gmail.com