بررسی کارایی رآکتور ناپیوسته متوالی در حذف نیتروژن و فسفر از فاضلاب سنتتیک در مقیاس آزمایشگاهی

نعمت‌اله جعفرزاده حقیقی فرد[1]، سیده مریم موسوی[2]، مریم امیدی نسب[2]، سهند جرفی[3]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: رآکتور ناپیوسته متوالی (Sequencing batch reactor یا SBR) به دلیل سادگی فرایند، بهره‌برداری انعطاف‌پذیر برای حذف مواد مغذی و کاربرد در ابعاد مختلف، جزء پرکاربردترین سیستم‌های تصفیه فاضلاب به شمار می‌رود. هدف از انجام مطالعه حاضر، ارزیابی کارایی سیستم رآکتورهای ناپیوسته متوالی در حذف مواد آلی، نیتروژن و فسفر از فاضلاب سنتتیک در مقیاس آزمایشگاهی بود.

روش‌ها: یک SBR با ظرفیت مفید ۲۴ لیتر، در یک چرخه کاری ۲۴ ساعته با توالی فازهای ۳۰ دقیقه پر کردن، ۱۸۰ دقیقه هوازی، ۱۲۰ دقیقه بی‌هوازی، ۹۰۰ دقیقه هوازی، ۱۸۰ دقیقه بی‌هوازی، ۲۰ دقیقه ته‌نشینی، ۵ دقیقه تخلیه و ۵ دقیقه سکون مورد بهره‌برداری قرار گرفت. غلظت نیتروژن و فسفر ورودی به ترتیب ۴۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر و بار آلی ورودی معادل ۰/۴۱ تا ۰/۸۳ کیلوگرم COD (Chemical oxygen demand) بر مترمکعب در روز بود. نمونه‌برداری‌ها در مرحله هوازی اول و پس از ساعت سوم بی‌هوازی، انجام شد.

یافته‌ها: در این سیستم، متوسط بازده حذف COD در پساب خروجی به ترتیب ۶۵/۳، ۹۲/۹، ۹۵/۲، ۹۳/۳، ۹۶/۰ و ۹۶/۵ درصد بود. بیشترین میزان بازدهی حذف مواد آلی و فسفر فسفاته در مرحله ششم به ترتیب حدود ۹۶/۵ و ۳۳/۰ درصد و برای نیتروژن آمونیاکی در مرحله اول حدود ۳۴/۶ درصد به دست آمد. با افزایش بار آلی، راندمان حذف مواد آلی، نیتروژن و فسفر افزایش یافت.

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه حاضر نشان دهنده کارایی مطلوب SBR در حذف مواد آلی و مغذی (نیتروژن و فسفر) می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: رآکتور ناپیوسته متوالی (SBR)، حذف بیولوژیکی، فسفر و نیتروژن، تصفیه زیستی فاضلاب

ارجاع: جعفرزاده حقیقی فرد نعمت‌اله، موسوی سیده مریم، امیدی نسب مریم، جرفی سهند. **بررسی کارایی رآکتور ناپیوسته متوالی در حذف نیتروژن و فسفر از فاضلاب سنتتیک در مقیاس آزمایشگاهی.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۵؛ ۱۲ (۲): ۱۸۳-۱۷۸

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۲/۶ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۷/۱۱

مقدمه

تخلیه پساب‌های دارای نیتروژن و فسفر، پدیده انباشت خوراکه در دریاچه‌ها و مخازن آب را تسریع کرده است و سبب رشد جلبک‌ها و گیاهان آبی ریشه‌دار در رودخانه‌های کم‌عمق می‌شود. جلبک‌ها و گیاهان آبزی، علاوه بر آسیب رساندن به جنبه‌های زیبایی شناختی آب، می‌توانند باعث مصارف مفید آب به ویژه مصرف خانگی شوند (۲، ۱). همچنین، غلظت بالای نیتروژن در پساب خروجی تصفیه شده، می‌تواند آثار زیانبار دیگری مانند کاهش اکسیژن محلول آب دریافت کننده، تأثیر بر عمل گندزدایی با کلر، ایجاد مخاطرات بهداشت عمومی و نامطلوب ساختن پساب برای استفاده مجدد نیز داشته باشد (۴، ۳). از این‌رو، در مدیریت کیفیت آب و در طراحی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در سراسر جهان، افزایش سطح آگاهی جهت کنترل انتشار مواد مغذی اهمیت روزافزونی یافته است (۶، ۵). فرایندهای بیولوژیک به عنوان فرایندهای اقتصادی و سازگار با محیط زیست، مورد استقبال بیشتری قرار گرفته است (۷، ۲، ۱).

فرایندهای بیولوژیکی حذف کننده مواد مغذی جهت حذف نیتروژن و فسفر از فاضلاب شامل فرایند لجن فعال متعارف، فرایند بی‌هوازی- غیر هوازی- هوازی (Anaerobic-Anoxic-Oxic یا A2/O)، فرایند غیر هوازی- هوازی (Anoxic/Oxic یا AO)، نهر اکسیداسیون (Oxidation ditch یا OD)، رآکتور ناپیوسته متوالی (Sequencing batch reactor یا SBR)، رآکتور زیستی غشادار (Membrane bioreactor یا MBR)، رآکتور بیوفیلمی و لاگون می‌باشد. SBR به عنوان نسخه اصلاح شده‌ای از فرایند لجن فعال، یکی از موفق‌ترین روش‌ها محسوب می‌گردد (۹، ۸). سیستم‌های SBR به علت مزایای فراوان، به عنوان جایگزین سایر سیستم‌های متعارف جهت تصفیه بیولوژیکی فاضلاب‌های صنعتی و خانگی ارایه شده‌اند. از جمله این مزایا می‌توان به بهینه سازی مصرف انرژی از طریق کنترل فعالیت متابولیک، کوچک بودن فضای مورد نیاز، حذف مواد مغذی نیتروژن و فسفر از طریق مدیریت مناسب اکسیژن‌رسانی و راهبری انعطاف‌پذیر، توانایی سیستم SBR برای از بین بردن رشد بسیاری از میکروارگانیسم‌های رشته‌ای حجیم کننده لجن با کنترل چرخه عملیاتی SBR، توانایی‌های بیولوژیکی فرایند در سیستم SBR برای غلبه بر مشکل شوک‌های بارهای هیدرولیکی و آلی، سادگی فرایند، عدم نیاز به حوضچه ته‌نشینی ثانویه و پمپاژ لجن برگشتی، مواد معلق کم پساب خروجی و

۱- استاد، مرکز تحقیقات فن‌آوری‌های زیست محیطی و گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران
۳- استادیار، مرکز تحقیقات فن‌آوری‌های زیست محیطی و گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران
نویسنده مسؤول: سیده مریم موسوی Email: m.mosavi50@yahoo.com

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]
www.mui.ac.ir

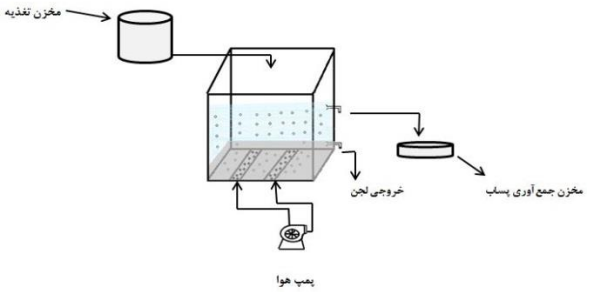
قابلیت استفاده در ابعاد مختلف اشاره کرد که این سیستم را به یکی از پرکاربردترین سیستم‌های تصفیه فاضلاب تبدیل نموده است (۱۳-۱۰).

Kundu و همکاران در مطالعه خود، عملکرد سیستم SBR را در مقیاس آزمایشگاهی برای حذف هم‌زمان کربن آلی و نیتروژن موجود در فاضلاب کشتارگاه مورد بررسی قرار دادند و بازده حذف ۸۶ تا ۹۵ درصد را برای اکسیژن‌خواهی شیمیایی محلول (Soluble chemical oxygen demand یا SCOD) و ۹۶/۶ درصد را برای نیتروژن گزارش نمودند (۸). هدف از انجام مطالعه حاضر، بررسی کارایی سیستم SBR در حذف نیتروژن آمونیاکی و فسفر فسفاته از فاضلاب مصنوعی همراه با تعیین اثر تغییرات بار آلی ورودی بر میزان حذف نیتروژن و فسفر در مقیاس آزمایشگاهی بود.

روش‌ها

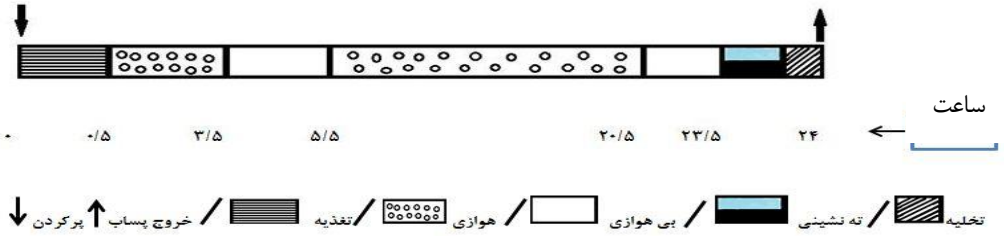
SBR: در این مطالعه از SBR مکعب مستطیل دارای طول و عرض ۳۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر و حجم مفید کاری ۲۴ لیتر از جنس پلاکسی‌گلاس استفاده شد (شکل ۱). برای تأمین شرایط هوازی، از ۳ عدد پمپ هوای پخشان (واتر پمپ مدل ACO-5505 شرکت Hailea، چین) با میزان هوادهی ۵/۵ لیتر در دقیقه و سنگ‌های توزیع هوا در کف مخزن استفاده شد.

راهبری راکتور: از یک چرخه ۲۴ ساعته کاری برای بهره‌برداری از این سیستم استفاده گردید که از ساعت ۱۱:۳۰ صبح هر روز شروع می‌شد و تا ساعت ۱۱:۳۰ صبح روز بعد ادامه داشت. توالی و زمان ماند مراحل این چرخه به ترتیب شامل ۳۰ دقیقه پر کردن، ۱۸۰ دقیقه هوازی، ۱۲۰ دقیقه بی‌هوازی، ۹۰۰ دقیقه هوازی، ۱۸۰ دقیقه بی‌هوازی، ۲۰ دقیقه ته‌نشینی و ۱۰ دقیقه تخلیه و سکون بود (شکل ۲). راهبری از راکتور تا زمان دستیابی به شرایط پایدار ادامه یافت. شرایط پایدار عبارت از «۷-۳ روز راهبری بدون تغییرات بیش از ۶ درصد در شرایط عملکردی سیستم مانند اکسیژن‌خواهی شیمیایی (Chemical oxygen demand یا COD) خروجی» می‌باشد.



شکل ۱. نمای شماتیک SBR (Sequencing batch reactor)

راه‌اندازی راکتور: به منظور راه‌اندازی راکتور، از لجن واحد هوادهی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری استفاده شد. با انتقال این لجن به راکتور، مرحله تغذیه و بهره‌برداری به وسیله فاضلاب ساختگی آغاز گردید. فاضلاب ساختگی نیز با استفاده از مواد شیمیایی شامل گلوکز ($C_6H_{12}O_6$)، متانول (CH_3OH)، نشاسته ($(C_6H_2O)_n$)، مونوپتاسیم فسفات (KH_2PO_4) و کلرور آمونیوم (NH_4Cl) آماده شد. مشخصات فاضلاب ساختگی ورودی به راکتور در جدول ۱ ارایه شده است. برای تغذیه راکتور، فاضلاب ساختگی مشابه با مشخصات فاضلاب خانگی با مقدار COD معادل ۴۰۰، ۴۵۰، ۵۰۰، ۶۰۰ و ۷۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، نیتروژن ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر و فسفر ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر طی شش مرحله مورد استفاده قرار گرفت (۱۴).



شکل ۲. نمای ساده شده توالی و زمان ماند مراحل چرخه کاربردی

جدول ۱. مشخصات فاضلاب ساختگی ورودی به راکتور و پارامترهای بهره‌برداری (میزان نیتروژن و فسفر ورودی ۴۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر)

مواد معدنی COD (میلی‌گرم بر لیتر)	گلوکز (گرم بر لیتر)	متانول (میلی‌گرم بر لیتر)	نشاسته (گرم بر لیتر)	مونوپتاسیم فسفات (گرم بر لیتر)	کلرور آمونیوم (گرم بر لیتر)	نسبت C/N/P	بار آلی ورودی (کیلوگرم COD بر مترمکعب در روز)	زمان ماند (روز)
۴۰۰	۵/۶	۱/۱۸	۴/۳۳	۲/۳۸	۴/۲۷	۴۰۰/۴۰/۲۰	۰/۴۱	۷
۴۵۰	۵/۶	۱/۱۸	۵/۷۷	۲/۳۸	۴/۲۷	۴۵۰/۴۰/۲۰	۰/۴۶	۴
۵۰۰	۸/۴	۱/۱۸	۴/۳۳	۲/۳۸	۴/۲۷	۵۰۰/۴۰/۲۰	۰/۵۲	۴
۶۰۰	۶/۰	۰/۸۴	۵/۱۵	۲/۳۸	۴/۲۷	۶۰۰/۴۰/۲۰	۰/۶۲	۴
۷۰۰	۷/۰	۰/۸۴	۶/۱۸	۲/۳۸	۴/۲۷	۷۰۰/۴۰/۲۰	۰/۷۳	۴
۸۰۰	۸/۰	۰/۸۴	۷/۲۱	۲/۳۸	۴/۲۷	۸۰۰/۴۰/۲۰	۰/۸۳	۴

COD: Chemical oxygen demand; C/N/P: COD/Nitrogen/Phosphorus

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

جدول ۲. تناوب نمونه‌برداری پارامترها

پارامتر	تناوب اندازه‌گیری	محل نمونه‌برداری	روش آزمایش	شماره استاندارد	منبع
DO	روزانه	پساب مرحله اول هوازی	دستگاه سنجش DO	-O B۴۵۰۰	۱۵
pH	روزانه	پساب مرحله اول هوازی	دستگاه سنجش pH	-H+ B۴۵۰۰	۱۵
COD	روزانه	پساب مرحله اول هوازی، پساب خروجی	تقطیر برگشتی، غیر خودکار	B۵۲۲۰	۱۵
NH_3	روزانه	پساب خروجی	نسلریزاسیون	۱۴۲۶-۰۸D	۱۶
NO_3	روزانه	پساب خروجی	اسپکتوفتومتری در طول موج ۲۲۰ و ۲۷۵ نانومتر	-B۴۵۰۰	۱۵
PO^{-3}_4	روزانه	پساب خروجی	اسپکتوفتومتر	-P D۴۵۰۰	۱۵

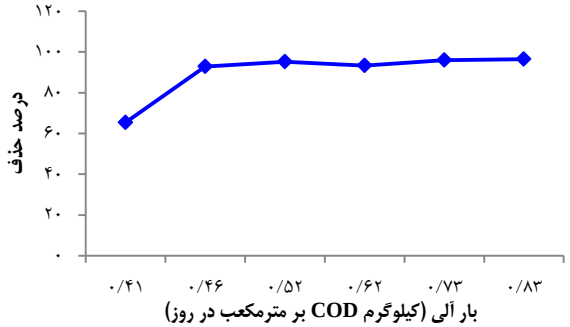
COD: Chemical oxygen demand; DO: Dissolved oxygen

بهره‌برداری از راکتور: در اولین مرحله بهره‌برداری، راکتور با محلول فاضلاب ساختگی حاوی COD، total nitrogen (TN) و total phosphorus (TP)به ترتیب با مقادیر ۴۰۰، ۴۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر تغذیه گردید و پس از ۷ روز بهره‌برداری و انجام آزمایش‌های مورد نیاز بر روی پساب و حصول اطمینان از شرایط پایدار، بهره‌برداری وارد مرحله دوم شد. روند بهره‌برداری مراحل بعدی در جدول ۲ ارایه شده است. شرایط کار سیستم و توالی فرایندهای بهره‌برداری SBR در هر شش مرحله بهره‌برداری یکسان بود.

نمونه‌برداری و آزمایش‌ها: نمونه‌برداری‌ها در دو مقطع زمانی الف) فاضلاب در حال تصفیه در مرحله هوازی اول (پس از ساعت سوم هوادهی و ب) پساب خروجی از رآکتور در زمان تخلیه (پس از ساعت سوم بی‌هوازی) صورت گرفت. آزمایش‌های مورد نظر به منظور نشان دادن پایداری سیستم در تصفیه مواد آلی و نیز بازدهی حذف مواد آلی، نیتروژن و فسفر انجام گرفت (جدول ۲).

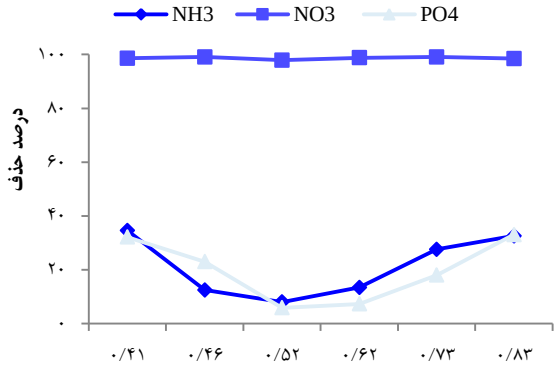
یافته‌ها

بازده حذف COD در بارگذاری آلی مختلف، در شکل ۳ نشان داده شده است. در این سیستم، متوسط بازده حذف COD در اولین بخش هوازی در مراحل اول تا ششم به ترتیب حدود ۴۷/۵، ۷۵/۱، ۹۴/۴، ۹۳/۳، ۹۲/۰ و ۹۶/۰ درصد بود. در تمام مراحل به جز مرحله چهارم، با افزایش بار آلی، بازده رآکتور برای حذف کربن آلی نیز در اولین مرحله هوازی افزایش یافت.



شکل ۳. بازده حذف COD (Chemical oxygen demand) در بارگذاری آلی مختلف

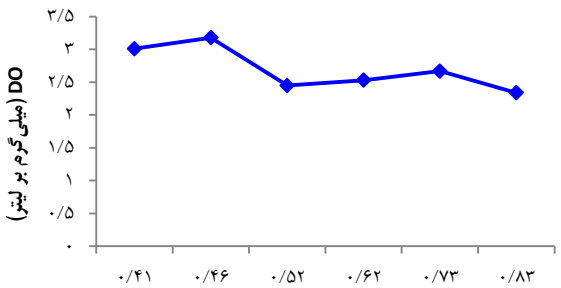
بر اساس یافته‌های به دست آمده، متوسط بازده حذف COD در پساب خروجی در طی این شش مرحله به ترتیب ۶۵/۳، ۹۲/۹، ۹۵/۲، ۹۳/۳، ۹۶/۰ و ۹۶/۵ درصد بود. بازده حذف نیتروژن آمونیاکی و نیترات در بارگذاری آلی مختلف در شکل ۴ ارایه شده است. با دقت در نتایج حاصل راندمان حذف نیتروژن و فسفر، اختلاف مشهودی در بازه زمانی حذف از مرحله اول تا سوم مشاهده گردید. بازدهی حذف در مرحله اول برای نیتروژن آمونیاکی، ۳۴/۶ درصد به دست آمد که با پیش رفتن تا مرحله سوم، به حدود ۸/۰۵ درصد تنزل نمود. مشابه همین اتفاق نیز برای بازدهی حذف فسفر افتاد؛ بدین معنی که راندمان حذف فسفر در مرحله اول حدود ۳۲/۲ درصد بود، اما با رفتن به سمت مرحله سوم، به حدود ۵/۹ درصد کاهش یافت (شکل ۴).



شکل ۴. بازده حذف مواد مغذی در بارگذاری آلی مختلف

به جز مرحله دوم و سوم، در سایر مراحل با افزایش بارآلی (COD)، راندمان حذف نیتروژن و فسفر نیز افزایش یافت؛ به طوری که در مرحله نهایی (مرحله ششم) با COD، TN و TP ورودی به ترتیب ۸۰۰، ۴۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر، متوسط راندمان حذف برای COD، NH_3-N، NO_3 و PO_4 به ترتیب ۹۶/۵، ۳۲/۶، ۹۸/۵ و ۳۳/۱ درصد به دست آمد. روند تغییرات غلظت DO (Dissolved oxygen) در بارگذاری آلی مختلف در شکل ۵ نشان داده شده است. در مراحل اول تا ششم بهره‌برداری، متوسط غلظت DO به ترتیب ۳/۰، ۳/۲، ۲/۵، ۲/۷ و ۲/۳ میلی‌گرم بر لیتر بود.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ۵. روند تغییرات غلظت DO (Dissolved oxygen)

بحث

با افزایش بار آلی ورودی، افزایش راندمان میزان بار آلی حذف شده در تمام مراحل به جز مرحله چهارم، در سیستم مشاهده شد. هم در اولین مرحله هوازی و هم در پساب خروجی مرحله چهارم، کاهش حدود ۱ تا ۲ درصدی راندمان وجود داشت. نتایج تحقیق Li و همکاران نشان داد که هرچه شدت آلودگی فاضلاب بیشتر باشد، بازدهی حذف مواد مغذی و COD بیشتر خواهد بود (۱۷). در مطالعه حاضر نیز در مرحله آخر (مرحله ششم)، بازدهی مطلوب‌تری از حذف مواد آلی به دست آمد. از سوی دیگر، با توجه به این که استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران برای COD موجود در پساب‌ها و تخلیه به آب‌های سطحی، ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد (۱۸)، به جز مرحله اول که COD پساب خروجی حدود ۱۳۸ میلی‌گرم بر لیتر بود، COD خروجی در سایر موارد با استانداردهای ملی ایران مغایرت نداشت. منبع کربن شامل گلوکز می‌باشد که به دلیل تحریک تکثیر (GAO) Glycogen-accumulating organisms، اثر نامطلوبی بر فرایندهای بیولوژیکی حذف فسفر دارد (۲۰، ۱۹، ۱۲). Kim و همکاران گزارش کردند که تأثیر COD بر حذف نیتروژن آمونیاکی، به مراتب بیشتر از تأثیر COD کل می‌باشد (۲۱).

راندمان حذف فسفر در مرحله اول حدود ۳۲/۲ درصد بود، اما در مرحله سوم تا حدود ۵/۹ درصد تنزل نمود (شکل ۴). در این تشابه رویکرد حذف، عواملی همچون مشکلات بهره‌برداری در هنگام تخلیه، تخلیه نکردن لجن، شوک ناشی از افزایش بار آلی، عدم هماهنگی سیستم پایلوت با این شوک و بهینه نبودن pH نقش داشته‌اند. باکتری‌های مسؤول نیتریفیکاسیون در شرایط زمان ماند سلولی کم، مغلوب باکترهای هتروتروف می‌شوند (۱۹). pH و DO از شاخص‌های بسیار مهمی هستند که در طول بهره‌برداری به طور مستقیم بر راندمان تأثیرگذار می‌باشند. نتایج پژوهش منجمی و کاظمی نشان داد که راندمان حذف نیتروژن و COD به چگونگی بهره‌برداری از SBR بستگی دارد. همچنین، آن‌ها نتیجه گرفتند که بازده حذف نیتروژن آمونیاکی و نیترات، به زمان اعمال فازها و تعداد دفعات اعمال چرخه بستگی دارد (۲۲). Li و همکاران در پژوهش مشابه دیگری نیز به همین نتیجه دست یافتند (۱۷). در آخرین مرحله بهره‌برداری و به ترتیب با ورودی ۸۰۰، ۴۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر COD، TN و TP، بدترین شرایط یک تصفیه‌خانه واقعی فاضلاب برای این سیستم پایلوت SBR شبیه‌سازی گردید. در این مرحله، متوسط راندمان حذف برای COD، TN و TP به ترتیب ۹۶/۵، ۳۲/۶ و ۳۳/۰۵ درصد بود.

با نزدیک شدن زمان ماند هیدرولیکی به زمان ماند سلولی راندمان حذف نیتروژن و فسفر، کارایی رآکتور افزایش یافت. Kim و همکاران به این نتیجه رسیدند که با افزایش سن، لجن بازدهی حذف TN افزایش و TP کاهش می‌یابد (۲۱). دهقانی در پژوهش خود گزارش کرد که افزایش SRT در افزایش بازدهی حذف فسفر مؤثر است (۲۳).

استاندارد نیترات (NO_3) و فسفر فسفاته در پساب برای تخلیه به آب‌های سطحی، توسط سازمان حفاظت محیط زیست به ترتیب برابر با ۵۰ و ۱ میلی‌گرم بر لیتر پذیرفته شده است و در تمام شش مرحله مطالعه حاضر، غلظت نیترات خروجی در پساب کمتر از ۱ میلی‌گرم بر لیتر بود. همچنین، مقدار فسفر فسفاته در هیچ کدام از شش مرحله مطابق با استاندارد فوق به دست نیامد. لازم به ذکر است که ورودی فسفر کل سیستم SRT در بالاترین مقدار خود و حدود ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر بوده است (۱۸).

نتایج تحقیق Mulkerrins و همکاران حاکی از آن بود که با افزایش بار آلی، راندمان حذف نیتروژن و فسفر نیز افزایش یافت (۲). برای غلظت‌های کمتر بار آلی در مراحل ابتدایی، نتایجی پایین‌تر از راندمان حذف برای تمام موارد مذکور مشاهده شد. با افزایش کربن آلی در مطالعه حاضر، باکتری‌های ذخیره کننده فسفر نیز بیشتر شد و این امر، بازدهی حذف فسفر را افزایش داد، اما با قرار گرفتن در مرحله بی‌هوازی، این فسفر دوباره در رآکتور رها گردید. با نزدیک شدن زمان ماند هیدرولیکی به زمان ماند سلولی، بازدهی حذف نیتروژن و فسفر نیز افزایش یافت؛ به طوری که در مرحله آخر، با وجود اعمال بار آلی شدید حدود ۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، راندمان حذف نیتروژن و فسفر به ترتیب ۳۲/۶ و ۳۳/۱ درصد بوده است (شکل ۴). کیفیت فاضلاب ورودی بر میزان راندمان حذف COD، $TN(NH_4^+ - N)$ و $TP(PO_4^{3-})$ مؤثر بوده است. به جز مرحله دوم و سوم، در سایر مراحل با افزایش مواد آلی COD، راندمان حذف نیتروژن و فسفر نیز افزایش یافت.

حداقل DO لازم برای حذف کربن آلی و TN حدود ۲ میلی‌گرم بر لیتر و برای حذف TP حدود ۱ میلی‌گرم بر لیتر بود (۱۱). مقادیر DO اندازه‌گیری شده طی شش مرحله، در همین محدوده قرار داشت (شکل ۵). DO پیشنهاد شده مطالعه Thongtha و همکاران در شرایط هوازی، ۳ تا ۴ میلی‌گرم بر لیتر است (۴). در مطالعه حاضر، مدت زمان مرحله بی‌هوازی ۱۲۰دقیقه بود که برای رسیدن به شرایط عاری از اکسیژن کافی نمی‌باشد.

در مرحله بهره‌برداری، رآکتور با محلول فاضلاب سنتتیکی حاوی COD، TN و TP به ترتیب با مقادیر ۵۰۰، ۴۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر تغذیه گردید. پس از گذشت حدود یک هفته از بهره‌برداری، رآکتور توانایی تصفیه مواد آلی و مغذی را نداشت. در واقع، کم بودن DO بر روی تصفیه زیستی مواد آلی و مغذی اختلال ایجاد نمود.

با اعمال یک چرخه و توالی متناسب، بازدهی مطلوب حذف مواد آلی و مغذی در بدترین شرایط بهره‌برداری حاصل شد و با گنجاندن یک چرخه غیر هوازی در زمان مناسب، این روند بسیار مطلوب‌تر گردید. برخی محققان استفاده از فاز غیر هوازی را توصیه کرده‌اند (۲۱، ۹، ۷، ۶). از سوی دیگر، Kundu و همکاران، جذب کمتر فسفر در شرایط غیر هوازی را نسبت به شرایط هوازی گزارش نمودند (۸). در مطالعه حاضر، با اضافه کردن مرحله بی‌هوازی در انتهای سیستم، نیترات به صورت آمونیاک احیا شد و همین امر منجر به کاهش راندمان حذف نیتروژن آمونیاکی گردید. همچنین، فسفر ذخیره شده در مراحل بی‌هوازی- هوازی در فاز بی‌هوازی به صورت ارتو فسفات در رآکتور رها گردید.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]
www.mui.ac.ir

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر حاکی از آن بود که پارامترهای بهره‌برداری و بازدهی حذف سیستم در سه مرحله اول با افزایش روزهای بهره‌برداری و افزایش بار ورودی کاهش یافت، اما در سه مرحله آخر، با افزایش روزهای بهره‌برداری و افزایش بار آلی ورودی، بازدهی حذف سیستم افزایش پیدا کرد و غلظت خروجی COD، PO^2_4، NO3 و NH_4 در پساب روند کاهشی را نشان داد. همچنین، با افزایش SRT، بازدهی حذف TN و TP به ترتیب افزایش و کاهش یافت. به نظر می‌رسد که انجام اکسیداسیون مواد آلی، نیتریفکاسیون، دنتیریفکاسیون و حذف فسفر فسفاته با موفقیت انجام شده است و در مرحله ششم با حداکثر بار آلی ورودی، TN و TP با شیب معادل ۴۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر به سیستم تزریق گردید، اما نتایج حاصل از این مرحله، کارایی مطلوب SBR در حذف مواد آلی و مغذی (P و N) حتی در بحرانی‌ترین شرایط از نظر بار آلی را اثبات نمود. به عبارت دیگر، با افزایش بار آلی، راندمان حذف مواد آلی، نیتروژن و فسفر نیز افزایش یافت..

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از طرح پژوهشی به شماره 87s54 مصوب دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز بود. بدین وسیله نویسندگان از دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز و کمیته تحقیقات دانشجویی این دانشگاه به جهت حمایت‌های مالی و معنوی، تشکر و قدردانی به عمل می‌آورند.

References

1. Wachtmeister A, Kuba T, Van Loosdrecht MCM, Heijnen JJ. A sludge characterization assay for aerobic and denitrifying phosphorus removing sludge. Water Res 1997; 31(3): 471-8.
2. Mulkerrins D, Dobson AD, Colleran E. Parameters affecting biological phosphate removal from wastewaters. Environ Int 2004; 30(2): 249-59.
3. Schoumans OF, Chardon WJ, Bechmann ME, Gascuel-Odoux C, Hofman G, Kronvang B, et al. Mitigation options to reduce phosphorus losses from the agricultural sector and improve surface water quality: a review. Sci Total Environ 2014; 468-469: 1255-66.
4. Thongtha S, Teamkao P, Boonapatcharoen N, Tripetchkul S, Techkarnjararuk S, Thiravetyan P. Phosphorus removal from domestic wastewater by Nelumbo nucifera Gaertn. and Cyperus alternifolius L. J Environ Manage 2014; 137: 54-60.
5. Abrishamchi A, Afshar A, Jamsshid B. Wastewater engineering. Isfahan, Iran: University of Isfahan; 2006. [In Persian].
6. Li Y, Zou J, Zhang L, Sun J. Aerobic granular sludge for simultaneous accumulation of mineral phosphorus and removal of nitrogen via nitrite in wastewater. Bioresour Technol 2014; 154: 178-84.
7. Liu H, Zhu M, Gao S, Xia S, Sun L. Enhancing denitrification phosphorus removal with a novel nutrient removal process: Role of configuration. Chem Eng J 2014; 240: 404-12.
8. Kundu P, Debsarkar A, Mukherjee S. Treatment of slaughter house wastewater in a sequencing batch reactor: Performance evaluation and biodegradation kinetics. Biomed Res Int 2013; 2013.
9. Zeinaddine HR, Ebrahimi A, Alipour V, Rezaei L. Removal of nitrogen and phosphorous from wastewater of seafood market by intermittent cycle extended aeration system (ICEAS). Journal of Health Sciences and Surveillance System 2013; 1(2): 89-93.
10. Abdel Kader AM. Comparison study between sequencing batch reactor and conventional activated sludge by using simulation mathematical model. Proceedings of the 13th International Water Technology Conference; 2009 Mar 12-15; Hurghada, Egypt.
11. Moussavi G, Farzadkia M, Jaafarzadeh N. Wastewater engineering (Treatment and Reuse). Tehran, Iran: Khaniran Publicions; 2009. [In Persian].
12. Vazquez L. The Competition between Polyphosphate-Accumulating Organisms and Glycogen-Accumulating Organisms: Temperature Effects and Modelling: UNESCO-IHE. Boca Raton, FL: CRC Press; 2009.
13. Guo H, Zhou J, Zhang S, Guo Z. Characteristics of nitrogen and phosphorus removal in a sequencing batch reactor. J Environ Sci (China) 2011; 23(Suppl): S110-S113.
14. Rezaee A, Jorfi S, Cheshmeh Soltani R. Comparison of the efficiency of moving- and fixed-bed bioreactors for treatment of high-strength synthetic wastewater. Chemical and Biochemical Engineering Quarterly 2012; 25(4): 455-2.
15. Manual testing of water and wastewater. Isfahan: Isfahan University of Medical Sciences Research Deputy; 1993. [In Persian].
16. American Society for Testing Materials. Annual Book of ASTM Standards. Conshohocken, PA: ASTM International; 1985.
17. Li B. Nutrient removal of a sequencing batch reactor (SBR) treating wastewater with potential for water reclamation [Online]. [cited 2005]; Available from: URL: http://water.usgs.gov/wrri/04grants/Progress%20Completion%20Reports/2004PA29B.pdf
18. Shokouhi R. Industerial & municipal wastewater treatment. Tehran, Iran: Fanavaran Publications; 2008. [In Persian].
19. Helness H. Biological phosphorus removal in a moving bed biofilm reactor [PhD Thesis]. Trondheim, Norway: Norwegian University of Science and Technology; 2007.
20. Satoh H, Mino T, Matsuo T. Deterioration of enhanced biological phosphorus removal by the domination of microorganisms without polyphosphate accumulation. Water Sci Technol 1994; 30(6): 203-11.
21. Kim D, Kim KY, Ryu HD, Min KK, Lee SI. Long term operation of pilot-scale biological nutrient removal process in treating municipal wastewater. Bioresource Technology 2009; 100(13): 3180-4.
22. Monajemi P, Kazemi H. Treatability of petrochemical waste using a pilot scale SBR system. Journal of Water & Wastewater 2005; 16(53): 48-53.
23. Dehghani M. Evaluation of performance biological phosphorus removal in a sequencing Batch reactor of municipal wastewater Shiraz. Proceedings of the 12th National Conference on Environmental Health 2009 Nov 3-5; Tehran, Iran.
24. Whichard DP. Nitrogen removal from dairy manure wastewater using sequencing batch reactors [MSc Thesis]. Blacksburg, VA: Virginia Tech University in Blacksburg; 2001.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

Journal of Health System Research
Received: 26.04.2014
Vol. 12, No. 2, Summer 2016
Accepted: 03.10.2015

Evaluation of the Efficiency of the Sequencing Batch Reactor in Nitrogen and Phosphorus Removal from Synthetic Wastewater in a Bench Scale Experiment

Nematollah Jaafarzadeh Haghighi Fard[1], Seyedeh Maryam Moussavi[2], Maryam Omidinasab[2], Sahand Jorfi[3]

Original Article

Abstract

Background: The sequencing batch reactor (SBR) is one of the most widely used systems in sewage treatment because of the simplicity of the process, flexibility of operation in the removal of nutrients, and the ability to be used in different scales. The aim of this study was to evaluate the efficiency of the SBR in the removal of organic matter (nitrogen and phosphorus) from synthetic wastewater at laboratory scale.

Methods: In this study, a SBR with a capacity of 24 liters and 24-hour working cycle was used. The sequences of phases consisted of 30 minutes filling, 180 minutes aerobic, 120 minutes anaerobic, 900 minutes aerobic, 180 minutes anaerobic, 20 minutes settle, 5 minute decant, and 5 minutes idle. The initial concentration of nitrogen and phosphorus were 40 and 20 mg/l, respectively. The initial organic load was 0.41 to 0.83 kg chemical oxygen demand (COD)/m3/day. Sampling was carried out in the first aerobic phase and after the third hour anaerobic phase.

Findings: In this system, the average COD removal efficiency in the effluent during these six steps were 65.35%, 92.9%, 95.2%, 93.33%, 96%, and 96.5%, respectively. The results showed that the highest average removal efficiency of organic matter and phosphate phosphorus were 96.5% and 33.05%, respectively, in the sixth stage, and for nitrogen was 34.6% in the first stage.

Conclusion: The results showed the acceptable performance of the SBR in the removal of organic matter and nutrients (P, N).

Keywords: Sequencing batch reactor, Biological removal, Phosphorus and nitrogen, Biological wastewater treatment

Citation: Jaafarzadeh Haghighi Fard N, Moussavi SM, Omidinasab M, Jorfi S. **Evaluation of the Efficiency of the Sequencing Batch Reactor in Nitrogen and Phosphorus Removal from Synthetic Wastewater in a Bench Scale Experiment.** J Health Syst Res 2016; 12(2): 178-83.

1- Professor, Environmental Technology Research Center AND Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
2- MSc Student, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
3- Assistant Professor, Environmental Technology Research Center AND Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
Corresponding Author: Seyedeh Maryam Moussavi, Email: m.mosavi50@yahoo.com

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]