ارزیابی کاربرد فرایند ناپیوسته متناوب با رشد چسبیده بی هوازی-هوازی در حذف ارتوفسفات از فاضلاب تصفیه شده مرحله ثانویه در مقیاس آزمایشگاهی

فروزان تتر[۱،۲]، نعمت الله جعفرزاده حقیقی فرد[۱،۲*]، مریم امیدی نسب[۱،۲]، فائزه هاشمی[۱،۲]

۱) مرکز تحقیقات فناوری های زیست محیطی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

۲) گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۵/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۱۵

چکیده

مقدمه: برای حذف فسفر از فاضلاب، روش های مختلف تصفیه با استفاده از سیستم های شیمیایی، فیزیکی و زیست شناختی به کار گرفته می شود. سیستم راکتور ناپیوسته متوالی(SBR) یک فرایند اصلاح شده لجن فعال است که می تواند فسفر مازاد را از فاضلاب شهری جدا نماید. هدف این مطالعه، ارزیابی کاربرد فرایند ناپیوسته متناوب با رشد چسبیده بی هوازی- هوازی در حذف ارتوفسفات از فاضلاب تصفیه شده مرحله ثانویه در مقیاس آزمایشگاهی است که به تعیین اثر تغییر زمان مرحله بی هوازی بر کارایی سیستم FSBR در حذف ارتوفسفات، تغییر توالی مراحل و اثر تناسب زمانی بر بازدهی حذف فسفات می - پردازد.

مواد و روش ها: در این تحقیق از یک راکتور FSBR با حجم مفید ۲۹ لیتر با کاربرد قطعات پلاستیکی مناسب به عنوان بستر چسبیده استفاده گردید. تغذیه فاضلاب مصنوعی به کمک نشاسته، گلوکز، اوره ودای هیدروژن آمونیوم فسفات انجام شد. COD فاضلاب مصنوعی معادل ۳۵mg/l در نظرگرفته شده و میزان نیتروژن و فسفر آن به ترتیب ۲۶mg/l، ۱۲mg/l برآورد گردید. تصفیه با چرخه سیستم ۲۴ ساعته شروع شد. تعداد دوره های بهره برداری ۵ دوره و تعداد روز کاری در هر دوره بهره برداری ۵ روز بود. در چهار دوره بهره برداری، مراحل FSBR به ترتیب شامل پرشدن، بی هوازی، هوازی، سکون و تخلیه بوده و زمان فاز بی‌هوازی در دوره اول، دوم، سوم وچهارم بهره‌برداری به ترتیب ۴، ۶، ۸ و ۱۰ ساعت بود. در دوره پنجم بهره برداری، مراحل به ترتیب شامل پرشدن، هوازی، بی هوازی، سکون و تخلیه بوده و زمان بی هوازی ۸ ساعت در نظر گرفته شد.

یافته‌های پژوهش: بازدهی حذف فسفر در دوره اول، دوم، سوم و چهارم بهره برداری به ترتیب ۵۷/۵ درصد، ۵۲/۳۳ درصد، ۵۵/۸۳ درصد و ۳۳/۰۸ درصد می باشد و در دوره پنجم هیچ گونه کاهشی مشاهده نشد.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه نشان داد که با زمان ماند بی هوازی ۴ ساعت، یعنی کمترین زمان ماند بی هوازی حذف فسفر دارای بازده بیشتری بوده اما با تغییر توالی از فاز بی هوازی به هوازی در شروع کار، بازدهی به شدت کاهش یافته و در عمل میزان فسفر خروجی نسبت به ورودی افزایش یافت.

واژه های کلیدی: فسفر، FSBR، فاضلاب، راکتور ناپیوسته متوالی، SBR

* نویسنده مسئول: گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

Email:n_Jaafarzadeh@**yahoo.com**

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-23]

مقدمه

ترکیبات فسفر از جمله آلاینده های بالقوه آب های پذیرنده می باشند،(۱،۲). انتشار فسفر از پساب تصفیه خانه فاضلاب شهری به محیط زیست یکی از دلایل اصلی پدیده شکوفایی آب است. فسفر فاضلاب شهری در اشکال مختلف از جمله: فسفر کل، فسفر محلول و فسفر معلق وجود دارد. به طور کلی تصفیه اولیه و ثانویه فاضلاب در حذف فسفر موثر است. فسفر در پساب ثانویه عمدتاً به شکل محلول است که تحت عنوان ارتوفسفات شناخته می شود، به علاوه تنها ارتو فسفات است که باعث رشد فیتوپلانکتون ها و در نتیجه ایجاد شکوفایی در منابع آب سطحی می شود. در نتیجه تصفیه مرحله سوم پساب ثانویه فاضلاب شهری به منظور حذف ارتوفسفات به منظور پاسخ به مقررات زیست محیطی در سراسر جهان الزامی است. برای به وجود آمدن این پدیده، غلظت ۰/۰۰۵ تا mg/l ۰/۰۵ فسفر کافی است،(۳). بنا بر این کنترل رشد جلبک ها در منابع آب از طریق حذف فسفر از فاضلاب شهری عامل مهمی جهت حفظ کیفیت منبع محدود آب های شیرین موجود می باشد،(۴). حذف ترکیبات فسفر به صورت فیزیکی، شیمیایی و زیستی امکان پذیر است. حذف فسفر به روش زیستی یک دانش توسعه یافته و سازگار با محیط زیست است که با تغییر طراحی سیستم های رشد معلق انجام می شود،(۵). در سال های اخیر، فرایندهای بسیاری برای جداسازی زیستی فسفر از فاضلاب ابداع شده است که راکتور ناپیوسته متوالی(SBR) یکی از این فرایندها می باشد،(۶). ساده بودن فرایند، عدم نیاز به حوضچه ته نشینی ثانویه و پمپاژ RAS، بهره برداری انعطاف پذیر برای حذف مواد مغذی، SS کم پساب خروجی، قابل استفاده در ابعاد مختلف و افزایش راندمان در تصفیه فاضلاب توسط تغییر در مدت هر فاز به جای اضافه یا کم کردن تانک ها در سیستم های جریان پیوسته، این سیستم را به یکی از پرکاربردترین سیستم های تصفیه پیشرفته فاضلاب تبدیل نموده است.(۷)

اوباجا و همکاران در سال ۲۰۰۳ کاربرد SBR برای حذف مواد مغذی در فاضلاب با غلظت مواد ورودی ۱۵۰۰mg/l NH_4N- و ۱۴۴mg/l PO_4 P- را بررسی نمودند. راندمان حذف برای نیتروژن حدود ۹۹/۷ درصد و برای فسفر در حدود ۹۷/۳ درصد به دست آمد. با شرط نگه داشتن نرخ C/N در بالاتر از ۱/۷، دنیتریفیکاسیون نیتروژن مولکولی کاملاً انجام گردید. آن ها به این نتیجه رسیدند که SBR توانایی حذف غلظت بالایی از NH_4N- را حتی در دماهای کمتر از ۱۶°C دارد.(۸)

کارگی و همکاران در سال ۲۰۰۳ تأثیر منبع کربن بر روی حذف بیولوژیکی موادمغذی در راکتور ناپیوسته متوالی(SBR) را مورد مطالعه قرار دادند. عملیات ناپیوسته متوالی برای مواد مغذی(COD، NH_4-N، NO_3-N، PO_4-P) و حذف آن ها از فاضلاب مصنوعی با منابع مختلف کربن استفاده شد. نسبت COD/N/P در این مطالعه ۱،۵/ ۱۰۰/۵ در نظر گرفته شده بود. سن لجن در ۱۰ روز ثابت نگه داشته شد. حداکثر راندمان حذف COD، NH_4-N، NO_3-N و PO_4-P به ترتیب ۹۶ درصد، ۸۷ درصد، ۸۱ درصد و ۹۰ درصد در زمانی که مخلوط گلوکز و استات(۵۰/۵۰) استفاده شد، به دست آمد.(۹)

فرایند هم زمان نیتریفیکاسیون، دنیتریفیکاسیون و حذف فسفر در یک SBR آزمایشگاهی با دوره های هوازی و بی هوازی مداوم توسط لمایر و همکاران(۲۰۰۷) به مدت ۴۵ روز مورد مطالعه قرار گرفت. حذف خوب فسفر و نیتریفیکاسیون با وفور گونه Accumulibacter (یک ارگانیسم تجمع دهنده پلی فسفات) و گونه Competibacter (یک ارگانیسم تجمع دهنده گلیکوژن- پلی فسفات) در این فرایند صورت گرفت.(۱۰)

اسپراندو و پامبروندر سال ۲۰۰۸ حذف هم زمان نیتروژن و فسفر را در یک SBR با استفاده از ترسیب بیولوژیکی بررسی نمودند. آن ها تمرکز ویژه ای بر روی اثر سینرژیست بین واکنش های حذف ارتوفسفات و حذف بیولوژیکی نیتروژن انجام دادند. نتایج نشان دهنده حذف سریع فسفات در ۱۵ دقیقه نخست به علت ترسیب سریع می باشد. در کل آن ها نتیجه گرفتند این که نیترینیکاسیون با ایفای یک نقش اساسی در پیشبرد ترسیب از طریق اثر بر pH و غلظت آمونیاک بر باقی مانده محلول اثر دارد، به ظرفیت بافری مایع بستگی دارد.(۱۱)

جی پی لی و همکاران در سال ۲۰۰۸ مطالعه حذف موادمغذی از فاضلاب کشتارگاه ها به وسیله راکتور ناپیوسته متوالی هوازی را مورد بررسی قرار دادند. مدت زمان یک چرخه کامل ۸ ساعت و شامل ۴ مرحله: پرکردن، واکنش، ته نشینی و استراحت بود. نتایج نشان می دهد که حذف COD، TN، TP به ترتیب ۹۶ درصد، ۹۶ درصد و ۹۹ درصد بوده است که جذب بیولوژیکی فسفر در اولین دوره هوادهی و حذف نیتروژن در زمان واکنش با انجام

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-23]

نیتریفیکاسیون جزئی و ترکیب نیترات سازی رخ داده است. تجزیه و تحلیل تعادل نیتروژن نشان می دهد که دنیتریفیکاسیون و سنتز بیولوژیکی به ترتیب ۶۶ درصد و ۳۴ درصد از حذف نیتروژن را بر عهده داشته اند.(۱۲)

شوآی یانگ و فنگلین یانگ در سال ۲۰۱۰، حذف بیولوژکی مواد مغذی را در یک راکتور بیولوژکی غشا دار(SBMBMBR) به جای فرایند لجن فعال بررسی نمودند. این غشای فیبری توخالی از جنس پروپلین ساخته شد. نتایج حاصل عملکرد خوب این سیستم را در حذف TN، کربن و فسفر کل ثابت نمودند. راندمان حذف COD، TN و نیتروژن آمونیاکی به طور متوسط به ترتیب ۹۳/۵ و ۸۲/۶ درصد و ۹۵/۶ درصد به دست آمد. حذف فسفر نیز دقیقاً وابسته به طول فاز بی هوازی و هوازی می باشد.(۱۳)

رحیمی و همکاران در سال ۲۰۱۱ نیتریفیکاسیون-دنیتریفیکاسیون و حذف فسفر را به طور هم زمان در راکتور ناپیوسته متوالی با بستر ثابت(FBSBR) مورد مطالعه قرار دادند. حذف بیولوژیکی مواد مغذی از حامل های پلی پروپیلن لجن فعال استفاده شد. عملکرد FBSBR در حذف کربن و نیتروژن در میزان بارگذاری های مختلف معنی دار بود. راندمان حذف TN، COD و TP به ترتیب در محدوده ۹۶-۹۰ درصد، ۸۸-۶۰ درصد، ۹۰-۷۶ درصد بود. در حالی که این مقادیر در راکتور SBR به ترتیب ۹۵-۸۵ درصد، ۶۰-۳۸ درصد و ۷۹-۲۰ درصد بود. این نتایج نشان می دهد که نیتریفیکاسیون-دنیتریفیکاسیون به طور هم زمان به طور قابل توجهی بازدهی بالاتری نسبت به راکتور SBR متعارف دارد. حذف بالای کل فسفر(TP) در FBSBR به گرادیان اکسیژن در لایه بیوفیلم بستگی دارد. تأثیر بستر ثابت بر عملکرد تولید زیست توده با کنترل غلظت MLSS در مقابل حذف COD برای هر دو راکتور مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که عملکرد تولید لجن در راکتورهای FBSBR در مقایسه با راکتور SBR به طور قابل توجهی کمتر شد.(۱۴)

چانگ یونگ وو و همکاران در سال ۲۰۱۲ آشنایی فرایند گرانولاسیون لجن فعال در حذف فسفر بیولوژیکی در راکتور ناپیوسته متوالی را مورد مطالعه قرار دادند. راندمان حذف فسفر به طور متوسط بیش از ۹۵ درصد و فسفر خروجی کمتر از ۰/۵ میلی گرم بر لیتر در طول دوره عملیات بود.(۱۵)

یونکسیئو جین و همکاران در سال ۲۰۱۲ مطالعه تعیین عملکرد راکتورهای بیوفیلمی ناپیوسته متوالی با سیستم های کنترل مختلف برای تصفیه فاضلاب خانگی مصنوعی انجام دادند. هدف از این مطالعه ارزیابی عملکرد SBBR در حذف نیتروژن و فسفر از فاضلاب خانگی مصنوعی با نسبت(C/N) های مختلف و تأثیر سیستم های کنترل، از جمله سیستم های کنترل هوشمند(ICS) و سیستم کنترل تایمر متداول(TCS) در عملکرد $SBBR_S$ می باشد. هنگامی که نسبت C/N، ۱۰، ۵، ۳/۳ بود، بازده حذف COD به طور متوسط در ICS SBBR به ۸۷/۷ درصد، ۹۲/۳ درصد و ۹۷/۶ درصد و در حالی که کل فسفر حذف شده به ۹۵ درصد، ۹۷ درصد و ۹۷/۲ درصد رسید. هنگامی که نسبت C/N، ۵ بود راندمان حذف در شرایط ICS، ۸۱ درصد و در شرایط TCS، ۶۵/۴۰ درصد بود. علاوه بر این، ICS-SBBR در مقایسه با TCS-SBBR، هم زمان واکنش و زمان هوادهی به ترتیب ۱۸۰ min و ۱۵۷ min کوتاه شد. بنا بر این، ICS-SBBR در کاربردهای عملی برای حذف نیتروژن و فسفر و صرفه جویی انرژی پتانسیل قابل توجهی دارد.(۱۶)

ترابیان و همکاران در سال ۱۳۸۰ بررسی اثر زمان بی هوازی و عمر لجن بر حذف بیولوژیکی فسفر در راکتورهای ناپیوسته با عملیات متوالی را مورد مطالعه قرار دادند. در این تحقیق از دو راکتور استفاده شد. هر دو راکتور در یک سیکل ۱۲ ساعته کار می کردند و راهبری آن ها از طریق یک رایانه صورت می گرفت از یک راکتور به عنوان شاهد، بدون مرحله بی هوازی اولیه(با ۹/۵ ساعت زمان هوادهی) استفاده شد. در راکتور دیگر شرایط بی هوازی اولیه بدون تغییر در زمان کل واکنش(۹/۵ ساعت) مهیا گردید. راندمان حذف فسفر در راکتور شاهد و راکتور دوم با زمان های واکنش بی هوازی ۲، ۳، ۴/۵ ساعت در طی دوره های ۲ ماهه به ترتیب برابر با ۱۶درصد، ۲۶ درصد، ۶۴ درصد و ۹۹ درصد به دست آمد. از طرف دیگر افزایش عمر لجن از ۵ روز به ۱۰ روز در راکتور با زمان واکنش بی هوازی ۴/۵ ساعت، باعث کاهش راندمان حذف فسفر از ۹۹ درصد به ۸۷ درصد شد. در کل بررسی نتاج حاصله از عملکرد راکتورها نشان می دهد که از یک طرف با افزایش زمان واکنش بی هوازی، به دلیل غلبه میکروارگانیسم های حذف کننده فسفر بر سایر گونه ها می توان راندمان حذف فسفر را بالا برد و از طرف دیگر با کنترل دقیق حجم لجن مازاد(عمر لجن) در راندمان حذف اثر مثبت گذاشت.(۱۷)

محوی و همکاران در سال ۱۳۸۴ مطالعه حذف بیولوژیکی فسفر از فاضلاب توسط راکتور ناپیوسته متوالی با جریان پیوسته را انجام دادند. هدف از اجرای این تحقیق تعیین کارایی این راکتور در حذف مؤثر آلاینده ها و به ویژه فسفر از فاضلاب خام بود. راکتور مورد استفاده شامل دو قسمت پیش واکنش و منطقه اصلی واکنش بود. تحقیق در

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-23]

سه مرحله با زمان های مانـد هیـدرولیکی و میـزان جریـان های مختلف انجام شد. نتایج نشان می دهد که درصـدهای حذف فسفر در مراحل مختلف به ترتیب ۳۸/۵، ۵۲/۱، ۵۵/۹ درصد می باشد که در مقایسه با سیستم های متداول لجـن فعال از میزان بالاتری برخوردار است.(۱۸)

دهقانی و کرمانشاهی در سال ۱۳۸۶ به بررسـی میـزان کارایی راکتور ناپیوسته متوالی در حذف بیولوژیکی فـسفر از فاضلاب شـهری شـیراز پرداختنـد. سـیکل کـاری تـصفیه بیولوژکی این راکتور به صورت فاز بی هوازی، هوازی و غیر هوازی بود. آن ها به این نتیجه رسیدند که متوسط رانـدمان حذف فسفر در مناسب ترین سـیکل بهـره بـرداری ۳۵/۲۰ درصد بوده که با افزایش سن لجن تا ۵ روز در سیکل مـورد نظر راندمان حذف فسفر تا ۶۰/۹۱ درصد افزایش یافـت. بـا افزایش سن لجن می توان در رانـدمان حـذف فـسفر تـاثیر گذاشت.(۱۹)

غنی زاده و قانعیان در سال ۱۳۸۷ مطالعه بررسـی تـأثیر درجه حرارت و نسبت بار آلی به فسفر(COD/P) در حـذف فسفر از فاضلاب شهری راکتور ناپیوسته متوالی انجام دادند. مطالعه به صورت آزمایشگاهی و بـه مـدت ۳ مـاه بـر روی فاضلاب خام ورودی به یکی از تـصفیه خانـه هـای تهـران انجام گرفت. طول زمان ماند مرحله بـی هـوازی ۲ سـاعت، مرحله هوازی ۴ ساعت و زمان ماند ته نـشینی ۲ سـاعت در نظر گرفته شد. مقدار F/M و زمان ماند سلولی به ترتیب در محـدوده ۰/۱۵ kg/d و ۸ day محاسـبه و در نظـر گرفتـه شد. نتایج مطالعه نشان داد که راندمان حذف فسفر و تغییرات درجه حرارت از الگوی معینی تبعیت نمی کند. هم چنین یافته ها نشان داد که با افزایش نسبت بارآلی به فسفر راندمان حذف فسفر افـزایش مـی یابـد. بـه طـوری کـه بـا افزایش این نسبت از ۳۱/۴ به ۴۷ راندمان حذف فسفر از ۵۶ درصد به ۷۱ درصد افزایش یافته و غلظت فسفر خروجـی از راکتور نیز از ۲/۴ میلی گرم بر لیتر به ۰/۶ میلی گرم در لیتر کاهش یافت.(۲۰)

هدف از این مطالعه، ارائه نتایج ارزیـابی کـاربرد فراینـد ناپیوسته متناوب با رشد چـسبیده بـی هـوازی- هـوازی در حذف ارتوفسفات از فاضلاب تصفیه شده مرحلـه ثانویـه در مقیاس آزمایشگاهی است که به تعیین اثر تغییر زمان مرحله بی هوازی بر کارایی سیستم FSBR در حذف ارتوفـسفات، تغییر توالی مراحل و اثر تناسـب زمـانی بـر بـازدهی حـذف فسفات می پردازد.

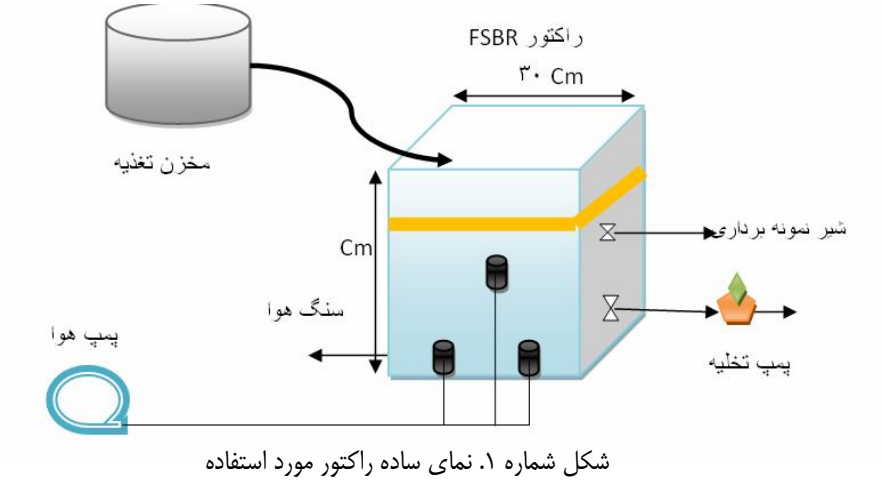
مواد و روش ها

در این تحقیق از یک راکتور FSBR با حجم مفیـد ۲۹ لیتر استفاده شده که مشخصات آن در جدول شماره ۱ آورده شده است. از ۲ عدد پمپ هوای ساده بـرای تـأمین هـوای مورد نیاز استفاده شد. مجرای عبور هوای مربوط به پمپ ها به سنگ های توزیع هوا در کف راکتور متصل گردیـد. هـم چنین برای ایجاد شرایط مناسـب رشـد چـسبیده از قطعـات پلاسـتیکی مناسب بـا سـطح تمـاس و مقاومـت کـافی بـه عنـوان بـستر رشـد چـسبیده اسـتفاده گردیـد.(شـکل شـماره ۱ نمای ساده راکتـور مورد اسـتفاده را نـشان مـی دهد)

جدول شماره ۱. مشخصات راکتور مورد استفاده در مطالعه

ردیف	نام پایلوت	تعداد	شکل	طول (cm)	عرض (cm)	ارتفاع (cm)	حجم کل (lit)	حجم مفید (lit)	مشخصات
۱	مخزن FSBR	۱	مکعب مستطیل	۳۰	۳۰	۴۰	۳۰	۲۹	نوع جریان: ناپیوسته جنس بدنه: پلکسی گلاس مجهز به شیر تخلیه لجن

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-23]



شکل شماره ۱. نمای ساده راکتور مورد استفاده

برای راه اندازی سیستم از لجن تولیدی در واحد هوادهی تصفیه خانه فاضلاب غرب اهواز که به روش لجن فعال متداول بهره برداری می شود، به عنوان مخلوط مناسب باکتریایی استفاده شد. پساب برداشته شده از این واحد را در قیف ایمهاف جدا کرده و لجن ته نشین شده در قیف به راکتور منتقل گردید. تامین فاضلاب مصنوعی به کمک نشاسته، گلوکز، اوره و دای هیدروژن آمونیوم فسفات انجام شد. COD فاضلاب مصنوعی مشابه فاضلاب خروجی از مرحله ثانویه تصفیه معادل ۳۵ mg/l در نظر گرفته شده و میزان نیتروژن و فسفر آن بر اساس شرایط واقعی به ترتیب ۲۶ mg/l و ۱۲ mg/l برآورد گردید. جدول شماره ۲ مشخصات فاضلاب مصنوعی مرحله ثانویه را ارائه می دهد.

جدول شماره ۲. مشخصات فاضلاب مصنوعی مورد استفاده در مطالعه

مواد مورد استفاده	مقدار
گلوکز(gr)	۰/ ۵۲۵
نشاسته(gr)	۰/۵۲۵
اوره(gr)	۰/۵۲۵
دای هیدرژن آمونیوم فسفات(gr)	۰/۵۲۵
حجم آب موردنیاز(l)	۰/۵۲۵

در شروع بهره برداری، مدت دو هفته برای پایدار شدن سیستم در نظر گرفته شد. سپس فرایند تصفیه فاضلاب مصنوعی با سیستم FSBR شروع و به این منظور یک چرخه کار ۲۴ ساعته در نظر گرفته شد. تعداد دوره های بهره برداری در این مطالعه ۵ و تعداد روزکاری در هر دوره پس از گذشت دوره پایداری ۵ روز بوده و چرخش توالی سیستم در دوره اول، دوم، سوم، چهارم، پنجم به ترتیب در جدول شماره ۳ آورده شده است.(۷،۱۴،۱۹)

جدول شماره ۳. چرخه توالی سیستم FSBR در دوره های بهره برداری

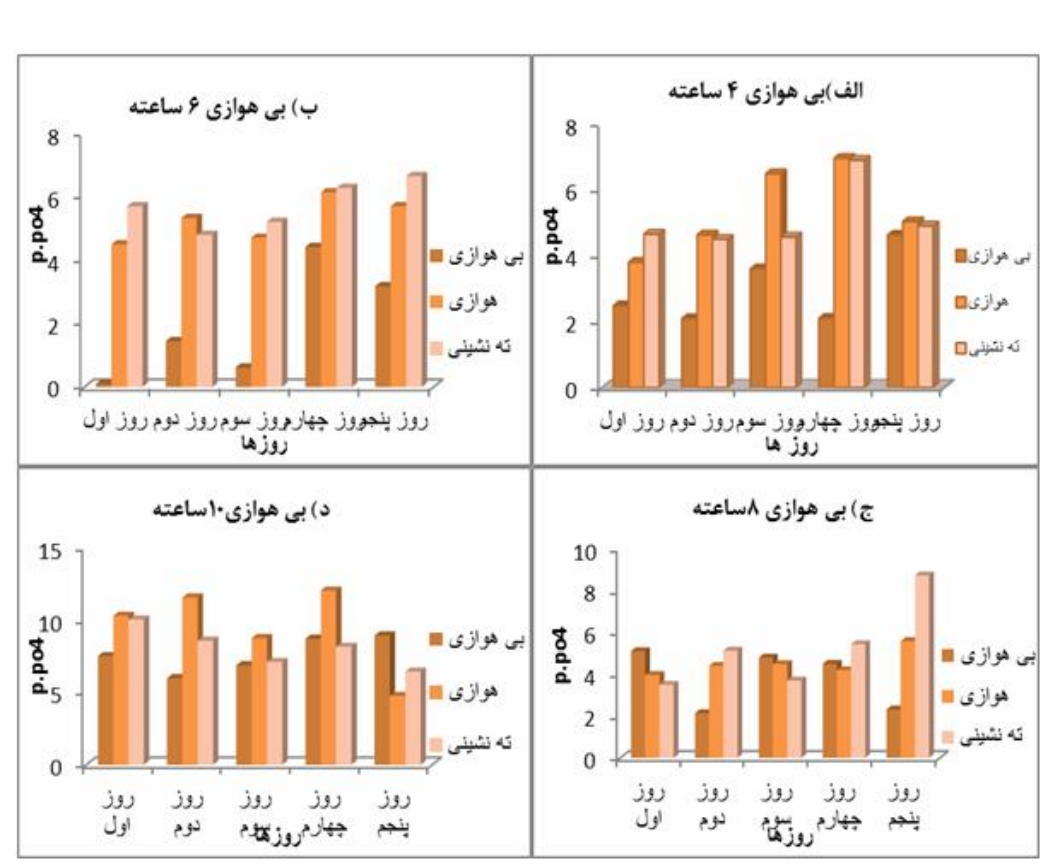
حالت بهره برداری زمان(ساعت)	پر شدن	بی هوازی	هوازی	ته نشینی	تخلیه	سکون
الف) دوره اول	۰/۵	۴	۱۸	۰/۵	۰/۵	۰/۵
ب) دوره دوم	۰/۵	۶	۱۶	۰/۵	۰/۵	۰/۵
پ) دوره سوم	۰/۵	۸	۱۴	۰/۵	۰/۵	۰/۵
ج) دوره چهارم	۰/۵	۱۰	۱۲	۰/۵	۰/۵	۰/۵
د) دوره پنجم	پرشدن	هوازی	بی هوازی	ته نشینی	تخلیه	سکون
	۰/۵	۱۴	۸	۰/۵	۰/۵	۰/۵

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-23]

اندازه گیری ارتوفسفات بر روی نمونه های خروجی از فازهای بی هوازی، هوازی، ته نشینی با روش آسکوربیک اسید مطابق کتاب روش های استاندارد آزمایش های آب و فاضلاب صورت گرفت.(۲۱)

یافته های پژوهش

سیستم در ۵ دوره مورد بهره برداری قرار گرفت و در هر پنج دوره TP, TN, COD فاضلاب به ترتیب ۳۵، ۲۶ و ۱۲ میلی گرم در لیتر تغذیه گردید. نتایج تغییرات میزان فسفر برحسب فسفات در دوره های بهره برداری ۵ گانه به ترتیب در نمودارهای شماره ۱ و ۲ ارائه شده است.

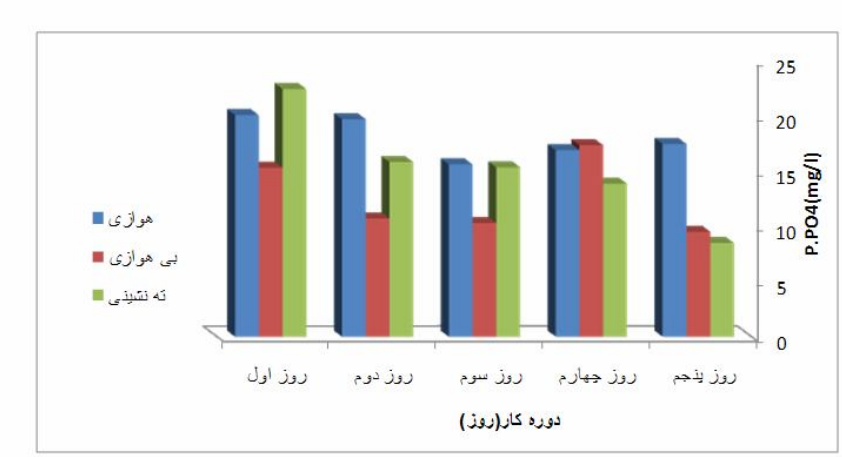


نمودار شماره ۱. میزان تغییرات فسفر در توالی بی هوازی-هوازی در زمان ماندهای بی هوازی مختلف، الف) ٤ ساعته(دوره اول)، ب) ٦ ساعته (دوره دوم)، ج) ۸ ساعته(دوره سوم)، د) ۱۰ ساعته(دوره چهارم)

در نمودار شماره ۱ میزان تغییرات فسفر در ۴ دوره اول نشان داده شده است که در دوره اول که مرحله بی هوازی ۴ ساعته است خروجی فسفر از مرحله بی هوازی در روز دوم کاهش، روز سوم افزایش، روز چهارم کاهش و روز پنجم افزایش یافته است. در مرحله هوازی خروجی فسفر تا روز چهارم روند افزایشی داشته و در روز پنجم کاهش می یابد و در مرحله ته نشینی تا روز سوم تقریباً روند ثابتی داشته و در روز چهارم و پنجم به ترتیب افزایش و کاهش می یابد. در دوره دوم که مرحله بی هوازی ۶ ساعته است فسفر در خروجی مرحله بی هوازی تا روز سوم روند کاهشی داشته و روز چهارم افزایش و سپس روز پنجم کاهش می یابد. میزان فسفر از خروجی مرحله هوازی از روز اول تا روز

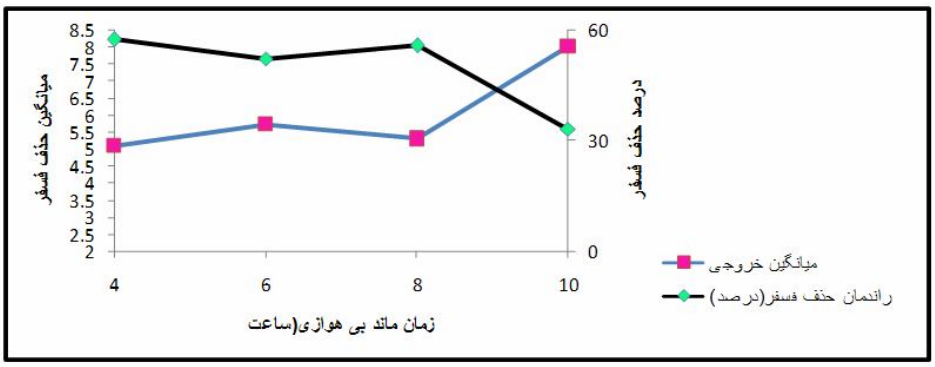
[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-23]

پنجم به ترتیب افزایش، کاهش، افزایش و کاهش یافته است و در مرحله ته نشینی در روز دوم کاهش یافته و تا روز پنجم روند افزایشی داشته است. در دوره سوم که مرحله بی هوازی ۸ ساعته است فسفر در خروجی مرحله بی هوازی در روز دوم و سوم به ترتیب کاهش، افزایش و تا روز پنجم روند کاهشی داشته و در خروجی مرحله هوازی تا روز سوم روند افزایشی، روز چهارم کاهش روز پنجم افزایش یافته است و در مرحله ته نشینی میزان فسفر در روز دوم افزایش، روز سوم کاهش و تا روز پنجم روند افزایشی داشته است. در دوره چهارم که مرحله بی هوازی ۱۰ ساعته است فسفر در خروجی مرحله بی هوازی در روز دوم کاهش و از روز سوم به بعد روند افزایشی داشته و خروجی مرحله هوازی در روز دوم افزایش، روز سوم کاهش، روز چهارم افزایش و دوباره روز پنجم کاهش یافته و در مرحله ته نشینی تا روز سوم روند کاهشی و روز چهارم افزایش و روز پنجم دوباره کاهش یافته است. میزان فسفر خروجی از سه مرحله بی هوازی، هوازی و ته نشینی در دوره چهارم نسبت به دوره های اول، دوم و سوم افزایش یافته است.



نمودار شماره ۲. میزان تغییرات فسفر در توالی هوازی-بی هوازی و زمان ماند بی هوازی ۸ ساعته(دوره پنجم)

در نمودار شماره ۲ میزان تغییرات فسفر در توالی هوازی-بی هوازی و زمان ماند بی هوازی ۸ ساعته مشاهده می شود که که در این دوره میزان فسفر خروجی مرحله هوازی تا روز سوم روند کاهشی و از روز چهارم روند افزایشی داشته و خروجی مرحله بی هوازی مانند مرحله هوازی تا روز سوم روند کاهشی داشته اما در روز چهارم افزایش و روز پنجم دوباره کاهش می یابد و مرحله ته نشینی تا روز پنجم روند کاهشی داشته است.



نمودار شماره ۳. میزان تغییرات فسفر خروجی و راندمان حذف آن در زمان های مختلف بی هوازی(در توالی بی هوازی-هوازی)

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-23]

تغییرات و بازدهی حذف فسفر در زمان های مختلف بی هوازی در توالی بی هوازی-هوازی در نمودار شماره ۳ آمده است. و با توجه به این نمودار با افزایش زمان ماند بی هوازی درصد حذف فسفر کاهش و میانگین خروجی فسفر افزایش می یابد که در دوره چهارم که زمان ماند مرحله بی هوازی ۱۰ ساعت بوده بیشترین میانگین خروجی فسفر یعنی ۸/۰۳ و کمترین بازدهی حذف یعنی ۳۳/۰۸ را داشته است.

بحث و نتیجه گیری

طبق نتایج حاصل از پژوهش در دوره اول که زمان ماند بی هوازی ۴ ساعت بوده، راندمان حذف فسفر ۵۷/۵۵ درصد و در دوره دوم با زمان ماند بی هوازی ۶ ساعت، راندمان حذف فسفر ۵۲/۳۳ درصد بوده که نسبت به مرحله اول راندمان حذف کاهش یافته است. در دوره سوم، زمان ماند بی هوازی ۸ ساعت، راندمان حذف فسفر ۵۵/۸۳ درصد بوده که نسبت به دوره دوم، راندمان حذف افزایش رخ داده است. در دوره چهارم با زمان بی هوازی ۱۰ ساعت راندمان حذف به ۳۳/۰۸ درصد کاهش یافته که پایین ترین راندمان حذف در ۴ دوره اول است. در دوره پنجم که توالی از بی هوازی-هوازی به هوازی-بی هوازی تغییر می کند، بازدهی به شدت کاهش یافته و در عمل میزان فسفر خروجی نسبت به ورودی افزایش یافت.

در بین این ۴ دوره، بالاترین راندمان حذف فسفر ۵۷/۵۵ درصد بوده که مربوط به دوره اول با زمان ماند بی هوازی ۴ ساعت است که با مطالعه ای که توسط محوی و همکاران در سال ۱۳۸۳ صورت گرفته، مطابقت دارد،(۱۸)، و پایین ترین راندمان حذف فسفر که مربوط به دوره چهارم با زمان ماند بی هوازی ۱۰ ساعت است، ۳۳/۰۸ درصد بوده که با مطالعه جائه و چانگ کیو در سال ۲۰۰۸ مشابهت دارد.(۲۲)

از آن جایی که در دوره اول Ph مناسب بوده و سن لجن نیز مناسب بوده، بالاترین راندمان حذف را داشته است. در این مرحله pH سیستم از ۷ کمتر نشده است در واقع در سیستم های بیولوژیکی در pH کمتر از ۶/۵ کارایی حذف فسفر به میزان قابل ملاحظه ای کاهش می یابد.(۲۳)

در دوره چهارم سن لجن به دلیل عدم تخلیه به موقع لجن بالا رفته، و افزایش فسفر در خروجی از سیستم صورت گرفته، راندمان حذف فسفر کاهش یافته می شود. هم چنین در این مرحله، pH مرحله بی هوازی در حدود ۷ بوده و همین منجر به غالب شدن میکروارگانیسم های GAO گردید،(۲۴). و از طرف دیگر pH مرحله هوازی در این مرحله پایین بوده و در حدود ۵ بوده است،(۲۳). از جمله عوامل که بر کارایی سیستم در حذف فسفر تاثیر گذار است، نسبت BOD به فسفر است. هنگامی که نسبت BOD به فسفر متجاوز از ۱۰ باشد، کارایی حذف فسفر بالا خواهد بود. در حالی است که این نسبت در تحقیق مورد نظر در حدود ۳ بوده است،(۲۵). در بررسی که ترابیان و همکاران در سال ۱۳۸۰ انجام دادند به این نتیجه رسیدند که از یک طرف با افزایش زمان واکنش بی هوازی به دلیل غلبه میکروارگانیسم های حذف کننده فسفر بر سایر گونه ها می توان بازدهی حذف فسفر را بالا برد و از طرف دیگر با کنترل دقیق حجم لجن مازاد در راندمان حذف اثر مثبت گذاشت که با این مطالعه مغایرت دارد،(۱۷). جائه و چانگ کیو در سال ۲۰۰۸ به این نتیجه رسیدند که با افزایش SRT (سن لجن) راندمان حذف TP کاهش می یابد که با تحقیق مورد نظر تطابق دارد،(۲۱). در سال ۲۰۱۰ شوآی یانگ و فنگلین یانگ حذف بیولوژکی مواد مغذی را در یک راکتور بیولوژکی غشا دار به جای فرایند لجن فعال بررسی نمود و به این نتیجه رسیدند که حذف فسفر کل دقیقاً وابسته به طول فاز بی هوازی و هوازی می باشد و زمانی که مدت فاز بی هوازی هر دو ۲ ساعت باشد، راندمان حذف فسفر به متوسط با احتساب ۱۲/۴mg/l فسفر در فاضلاب ورودی ۸۴/۱ درصد خواهد بود که با مطالعه حاضر در مورد فاز بی هوازی تطابق دارد.(۱۳)

نتایج مطالعه نشان داد که با زمان ماند بی هوازی ۴ ساعت، یعنی کمترین زمان ماند بی هوازی به دلیل این که pH و سن لجن مناسب بوده، حذف فسفر دارای بازده بیشتری بوده اما با تغییر شرایط پایداری از فاز بی هوازی-هوازی به هوازی-بی هوازی در شروع کار، بازدهی به شدت کاهش یافته و به علت بروز اختلال در سیستم و آزاد شدن فسفر جذب شده در جرم سلولی باکتری ها، در عمل میزان فسفر خروجی نسبت به ورودی افزایش یافت. از نقاط ضعف این مطالعه کنترل PH در تمام مراحل، کنترل سن لجن و تخلیه به موقع آن، عدم بررسی بیشتر اثر زمان بی هوازی و هوازی در حذف فسفر می باشد.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-23]

سپاسگزاری

ایـن پژوهـش با حـمایت مـالی کمیـته تحـقیـقات دانشـجـویی مـعاونـت مـحـترم تحـقیقات و فـناوری دانـشگـاه عـلوم پـزشـکی جنتدی شـاپور اهـواز به شـماره طـرح(۹۰s.۹۷) انـجام گـرفـته است کـه بـدین وسـیله نویسندگان مقاله سپاسگزاری خود را اعلام می دارند.

References

1-Abrishamchi A, Afshar A, Jamshid B.[Metcalf and Eddy.(wastewater engineerin) .] First ed. New York Warer and wastewater Consulting engineers of design and Research; 2006. (Persian)

2-Mahvi AH, Mesdaghinia AR, Karkani F. [Biological phosphorus removal from wastewater by sequencing batch reactor (patience) with continuous flow.] J Med Sci Health Services 2004;12:72-80. (Persian)

3-Terence JM. Water supply and sewerage Singapore. Mc craw- hill; 1991.

4-Mahmut O, Ayhan S. [Enhancing phosphate removal from wastewater by using polyelectrolytes and clay injection.] J Hazardous Material 2003;100:227-36.

5-Najafpur A, Shariat SM, Mesdaghiniya A, Naseri S, Mahvi A. [Biological phosphorus removal from wastewater using anaerobic reactor – aerobic.] Humans Environ 1999;5:46-53. (Persian)

6-Gerard D, Michael H. [Wastewater treatment bacteria]. First ed. Yousefi Z, Tkdstan, Afshin, Rafat panah, editor. Tehran: Roxana Ayandeh sazan publishers; 2008.

7-Abtahi M., Jafarzadeh N., Salami Far H.,Attarzadeh Z. [Evaluation of nitrogen removal from synthetic sanitary wastewater using SBR in pilot scale.] Environ Engineer 2008;5:71-8. (Persian)

8-Obaja D. [Nitrification, denitrification and biological phosphorus removal in a piggery wasterwater using a sequeneing batch reactor]. J Bioresource Technologha 2003;84:103-211.

9-Kargi F, Uygur A. [Effect of carbon source on biological nutrient removal in a sequencing batch reactor]. Bioresource Technol 2003;89:89–93.

10-Reali APM, Penetra RG, Carvalho ME. Flotation technique with coagulant and polymer application applied to the post-treatment of effluents from anaerobic reactor treating sewage. Water Sci Technol 2001; 44:205-12.

11-Sperandio M, Pambrun V, Paul E. Simultaneous removal of N and P in a SBR with production of valuable compounds: application to concentrated wastewaters. Water Sci Technol 2008;58:859-64.

12-Li JP, Healy MG, Zhan XM, Rodgers M. Nutrient removal from slaughterhouse wastewater in an intermittently aerated sequencing batch reactor. Bioresource Technol 2008;99:7644–50.

13-Yang S, Yang F, Fu Z, Wang T, Lei R. [Simultaneous nitrogen and phosphorus removal by a novel sequencing batch moving bed membrane bioreactor for wastewater treatment.] J Hazard Mater 2010; 15:551-7. (Persian)

14-Rahimi Y, Torabian A, Mehrdadi N, Shahmoradi B. [Simultaneous nitrification–denitrification and phosphorus removal in a fixed bed sequencing batch reactor (FBSBR) .] J Hazard Mater 2011;185:852–7. (Persian)

15-Wu C–Y, Peng Y-Z, Wang R-D, Zhou Y-X. Understanding the granulation process of activated sludge in a biological phosphorus removal sequencing batch reactor. Chemosphere 2012;86:767–73.

16-Jin Y, Ding D, Feng C, Tong S, Suemura T, Zhang F. Performance of sequencing batch biofilm reactors with different control systems in treating synthetic municipal wastewater. Bioresource Technol 2012;104:12-8.

17-Torabiyan A, Aminzadeh B, Maleki M. [Effect of sludge age on biological removal of phosphorus during anaerobic batch reac-

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-23]

tors with continuous operation.] Environ Stud 2001;27:1-6. (Persian)

18-Mahvi AH, Mesdaghiniea A, Karakani F. Feasibility of continuous flow sequencing batch reactor in domestic wastewater treatment. Am J Appl Sci 2004; 1:348-53.

19-Dehghani M, Kermanshah M. [Performance evaluation of wastewater sequencing batch reactor s in biological removing of phosphorus from shiras wastewater.] Iran Beheshti Uni Med Sci J 2009;8:1407-1. (Persian)

20-Ghanizadeh G, Ghaneaiean MT. [Effect of temperature and organic phosphorus ratio (COD / P) Phosphorus removal from municipal wastewater by sequencing batch reactors.] Eleventh National Conference on Health, Zahedan; 2008. (Persian)

21-Andrew D, Eaton, Lenore S, Clesceri. Standard Methods for the examination of water and wastewater. Chemosphere 2005; 96:98–103.

22-Kune I. Mass balance of nitrogen , and estimates of cod , nitrogen and phosphorus used in microbial synthesis as function of sludge retrogen and phosphours used in microbial synthesis as a function of sludge retention time in a sequencing batch reactor. Biresource Technol 2008;99: 7788-96.

23-Mousavi SR ,Kia MF, Jaafar-Zadeh N. [wastewater engineering, Treatment and reuse]. First ed: Khaniran; 2009. (Persian)

24-Jeonche O. Enhanced biological phosphorus removal in an anaerobic – aerobis sequencing batch reactor :effect of PH]. Water Environ Res 2001; 73:26-33.

25-Bitton G. Water Bacteri contents. Microbiology 2004;21:261-7

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-23]

Performance Evaluation of Anaerobic-Aerobic Attached Sequencing the Removal of Orthophosphate Batch Reactors in Lab Scale for from Secondary Treatment Effluent

Tatar F[2,1], Jaafarzadeh-Haghighifard N[2,1], Omodinasab M[2,1], Hashemi F[2,1]*

(Recived: August 10, 2013 Accepted: November 6, 2013)

Abstract

Introduction: For phosphorus removal, different methods of water treatment system using chemical, physical and biological systems have been used. Sequencing batch reactor system (SBR) is a modified activeated sludge processes that can remove the excess phosphorus from the municipal wastewater. In this study, we evaluated the application of SBR for orthophosphate removing from the secondary treated wastewater in lab scale, and determined the effects of anaerobic detention time, sequenceing alternatives and the time proportioning on the phosphorous removal efficiency.

Materials & Methods: In this study, a FSBR with the useful volume of 2 liters was used and plastic spices were applied as attached growth bed. Synthetic wastewater feeding was made by using of the starch, glucose, and urea and dihydrogen ammonium phosphate. COD of the wastewater was equal to 35 mg/l and the nitrogen and phosphorus content was estimated to be 26 and 12 mg/l, respectively. Treatment began with a 24-hour cycle. The numbers of operational series were 5 and the numbers of running days were 5 days. In 4 series of the operations, the FSBR steps were filling, anaerobic phase, aerobic phase, rest and discharge, and anaerobic detention time series of the operation steps first, second ,third and fourth serial were 4, 6, 8 and 10 hours, respectively. In fifth series of operation, the steps were filling, anaerobic phase, aerobic phase, rest and discharge, respectively.

Findings: Our study showed that the phosphorus removal efficiencies for first to fourth series of the operations were 57.5%, 52. 33%, 55.83% and 33.08%, respectively and for the fifth series of the operations, there was no any phosphorous removal efficiency.

Discussion & Conclusion: Results of the study showed that by decreasing the anaerobic phase detention time to 4 hours (the minimum time), the phosphorous removal efficiency was the maximum, but by sequence changing from anaerobic to the aerobic phase at the beginning step, the phosphorous removal was decreased severely.

Keywords: Phosphorus, FSBR, sewage, SBR, sequencing batch reactor

1. Environmental Technology Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

2. Dept of Environmental Health, Faculty of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran . (Corresponding author)

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-23]