



بررسی کارایی سیستم لجن فعال هوادهی گسترده با سیکل متناوب (ICEAS) در حذف همزمان نیتروژن و فسفر از فاضلاب بیمارستانی

نویسندگان: مقداد پیر صاحب^۱، میترا محمدی^۲

۱. دانشیار مرکز تحقیقات عوامل زیان آور سلامت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

۲. نویسنده مسئول: دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویان دانشگاه علوم پزشکی

کرمانشاه تلفن تماس: ۰۹۱۸۸۵۷۳۰۶۴ Email: m.mohamadi725@gmail.com

چکیده

مقدمه: فاضلاب بیمارستانی حاوی انواع مواد مغذی و بطور مشخص نیتروژن و فسفر می باشد که در صورت تخلیه به محیط، منجر به ایجاد مشکلاتی در اکوسیستم های آبی و جانوری و در نهایت سلامت انسان می گردد. هدف از انجام این مطالعه تعیین کارایی سیستم لجن فعال هوادهی گسترده با سیکل متناوب (ICEAS) در حذف همزمان نیتروژن و فسفر از فاضلاب بیمارستانی است.

روش بررسی: در این مطالعه توصیفی - مقطعی ابتدا یک راکتور لجن فعال هوادهی گسترده با سیکل متناوب (ICEAS) طراحی گردید. با گذشت دوره سازگاری میکروارگانیسم ها و شروع مراحل اصلی بارگذاری سیستم، اقدام به نمونه برداری از فاضلاب در حین اختلاط بدون هوادهی، ورودی و خروجی سیستم گردید. از ۱۸۰ نمونه جمع آوری شده، پارامترهای TN, TKN, NH₄-N, organic-N, NO₂⁻, NO₃⁻, TP مورد سنجش قرار گرفتند. تجزیه تحلیل نتایج با کمک نرم افزار Design expert انجام شد.

یافته ها: راندمان حذف فسفر کل، ازت آلی، ازت آمونیاکی، کل ازت کجلدال و کل ازت به ترتیب ۹۰٪-۲۶٪، ۹۵٪-۳٪، ۱۶٪-۱۶٪، ۹۴٪-۲۷٪، ۹۵٪-۳۰٪ و ۹۰٪-۱۷٪/۵٪ حاصل شد. غلظت نیتريت و نیترات در خروجی سیستم بترتیب به ۳/۱۶-۳/۳۶ mg/l و ۳/۳-۶/۲۴ mg/l رسید. حداکثر راندمان حذف پارامترهای مذکور در بالاترین مقادیر زمان ماند هیدرولیکی (۶ ساعت) و غلظت لجن تانک هوادهی (۶۰۰۰ mg/l) بدست آمد.

نتیجه گیری: سیستم ICEAS با وجود این که در زمره فرایندهای اختصاصی حذف فسفر و نیتروژن قرار ندارد اما در شرایط مناسب راهبری قادر به حذف عناصر فوق با راندمان بالا می باشد. از این سیستم می توان جهت تصفیه فاضلاب بیمارستانی در مقیاس واقعی استفاده نمود.

واژه های کلیدی: نیتروژن، فسفر، فاضلاب بیمارستانی، ICEAS

طلوع بهداشت

دو ماهنامه علمی پژوهشی

دانشکده بهداشت یزد

سال چهاردهم

شماره: سوم

مرداد و شهریور ۱۳۹۴

شماره مسلسل: ۵۱

تاریخ وصول: ۱۳۹۲/۱۲/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۱۲



مقدمه

را به نحو موثری تصفیه نمایند (۱۰، ۱۱). در سال های اخیر مصرف انواع داروهای درمانی از جمله آنتی بیوتیک ها و هورمون های استروئیدی و ناتوانی سیستم های متداول تصفیه فاضلاب بیمارستان در حذف آنها و متعاقب آن راه یابی این مواد خطرناک به اکوسیستم های آبی به صورت چالش مهمی در زمینه حفظ و ارتقاء سلامت عمومی جامعه بروز نموده است (۱۲). بنابراین تکنیک های جایگزینی مانند بیوراکتور غشایی (MBR)، اسمز معکوس (RO)، SBR پیشرفته و جذب سطحی با لجن فعال مورد استفاده قرار گرفته اند (۱۵-۱۳). فرایند ICEAS در زمره فرایندهای اصلاح شده لجن فعال متداول می باشد که از سه فاز زمانی واکنش، ته نشینی و تخلیه تشکیل شده است. در این سیستم جریان فاضلاب ورودی به راکتور در هیچ یک از مراحل تصفیه قطع نمی گردد، که این امر سبب یکنواختی بارگذاری آلی و هیدرولیکی در تمام مراحل کاری سیستم می گردد. هم چنین با استفاده از یک سیستم کنترل زمانی، طول مدت هر یک از فازها به راحتی تغییر داده شده که این خود از مزایای سیستم قلمداد می گردد. از جمله مزایای دیگر این سیستم می توان به راهبری ساده (۱۶)، قابلیت انعطاف پذیری بالا در برابر شوک های آلی و هیدرولیکی، کاهش حجم لجن تثبیت شده و کاهش رشد باکتری های رشته ای (۱۷، ۱۳) اشاره نمود. نیتروژن و فسفر از جمله مواد مغذی موجود در فاضلاب بیمارستانی می باشند که به دلیل خصوصیات ذکر شده در رابطه سمیت فاضلاب بیمارستانی به کمک سیستم های متداول تصفیه از راندمان حذف مناسبی برخوردار نمی باشند. تجمع نوترینت ها (به طور مشخص نیتروژن و

امروزه هم گام با افزایش جمعیت، سرعت تولید فاضلاب نیز افزایش یافته و همین امر سبب تحمیل بار آلودگی بسیاری به محیط زیست اطراف و اکوسیستم های آبی گردیده است. بیمارستان ها در زمره منابع مهم تولیدکننده فاضلاب های خطرناک به شمار می آیند که حاوی ترکیبات شیمیایی خطرناک، باقیمانده های دارویی، مواد سمی، میکروارگانیزم های بیمارزا و نوترینت ها می باشند (۳-۱). آنالیز آلاینده های بیمارستانی نشان داده که دفع ویژه موادی از قبیل مواد ضد سرطانی، مواد آلی هالوژن و آنتی بیوتیک که ریسک بزرگی برای سلامت انسان و محیط زیست به حساب می آیند امری ضروری است (۴). قابل ذکر است خصوصیات کمی و کیفی فاضلاب بیمارستانی تابع عوامل مختلفی از جمله تعداد تخت های فعال، بخش های مختلف درمانی موجود در بیمارستان، شرایط آب و هوایی، موقعیت اجتماعی و فرهنگی جامعه، وضعیت بهداشت بیمارستان و ... می باشد (۶، ۵). مصرف زیاد آب در این بخش سبب تولید حجم زیادی از فاضلاب و به دنبال آن ایجاد مشکلاتی در زمینه تصفیه و دفع صحیح این گونه فاضلاب ها می گردد. سرانه مصرف آب برای هر تخت در بیمارستان از ۴۰۰ تا ۱۲۰۰ لیتر در روز متغیر می باشد (۷، ۸). همچنین غلظت COD و BOD₅ در پساب خروجی بیمارستان بترتیب حدود ۸۵۰ و ۶۰۰ میلی گرم در لیتر گزارش شده است (۹). کیفیت فاضلاب بیمارستانی تا حدودی مشابه فاضلاب شهری می باشد اما مطابق مطالعات صورت گرفته فرایندهای متداول تصفیه مانند لجن فعال با رشد معلق نمی توانند فاضلاب بیمارستانی



محتویات راکتور در این فاز، چهار عدد دیفیوزر در کف ستون، هوای تولیدی از پمپ هوادهی را در سراسر راکتور توزیع نمودند. دو عدد میکسر (یکی در نزدیک به کف ستون و دیگری در ارتفاع ۵۵ سانتی متری) جهت اختلاط محتویات راکتور در مرحله بی‌هوای بکار گرفته شد و یک عدد پمپ پرستالتیک جریان پیوسته فاضلاب خام را به راکتور تامین می‌نمود.

ب) راه اندازی سیستم: راه‌اندازی سیستم توسط لجن فعال برگشتی به حوض هوادهی تصفیه خانه فاضلاب شهرک صنعتی فرامان انجام شد. انتخاب لجن مذکور به این دلیل می‌باشد که با توجه به وجود مواد سمی در لجن تصفیه خانه های فاضلاب های صنعتی، میکروارگانسیم هایی که در آن رشد یافته اند از مقاومت نسبتا بالایی نسبت به این مواد برخوردار می‌باشند. لذا با توجه به استفاده مواد دارویی و شیمیایی در بیمارستان ها و ورود باقیمانده های آنها به پساب خروجی، احتمال حضور مواد سمی در فاضلاب بیمارستانی بالا بوده و به همین دلیل سیستم های بیولوژیکی مورد تهدید قرار می‌گیرند (۲۱، ۱۴). به همین دلیل از لجن فاضلاب صنعتی استفاده گردید. در این مرحله به دلیل فوق‌الذکر میکروارگانسیم‌ها به سختی با فاضلاب مورد استفاده خو گرفتند، بطوری که این مرحله حدود ۳ ماه به طول انجامید. در هر مرحله بارگذاری حدود ۱ لیتر از فاضلاب تصفیه شده تخلیه و سپس همان حجم از فاضلاب تازه وارد راکتور گردید. دبی مورد نیاز بر اساس یک لیتر حجم تخلیه مورد محاسبه قرار گرفت. لازم به ذکر است سیستم در این مرحله به صورت منقطع راه‌اندازی شد به گونه ای که پس از تغذیه راکتور با فاضلاب بیمارستانی حدود ۲۴ ساعت

فسفر) در آب‌های سطحی و زیرزمینی در نتیجه تخلیه فاضلاب، می‌تواند مشکلات عدیده‌ای را متوجه اکوسیستم‌های آبی و متعاقب آن سلامت انسان و حیوانات نماید (۱۸). از جمله این مضرات می‌توان به ایجاد پدیده اوتریفیکاسیون، تخریب کیفیت منابع آبی، افزایش هزینه‌های تصفیه، کاهش غلظت اکسیژن محلول آب‌های سطحی و ایجاد عوارض بر سلامت انسان‌ها اشاره نمود (۱۹، ۲۰). با توجه به موارد فوق، هدف از مطالعه حاضر تعیین کارایی سیستم ICEAS در حذف همزمان نیتروژن و فسفر از فاضلاب بیمارستانی است.

روش بررسی

در این مطالعه توصیفی - مقطعی، فاضلاب خام بیمارستان امام رضا (ع) شهر کرمانشاه به عنوان خوراک راکتور مورد استفاده قرار گرفت. مشخصات کیفی فاضلاب بیمارستانی مورد مطالعه به شرح زیر می‌باشد:

کل ازت کج‌لدال: $3/6 \pm 97/1 \text{ mg/l}$ ازت آمونیاکی: $1/9 \pm 34/4 \text{ mg/l}$ ازت نیترونی: $0/2 \pm 0/13 \text{ mg/l}$ ازت نیتراتی: $0/2 \pm 0/4 \text{ mg/l}$ و کل فسفر $0/4 \pm 16/5$.

مراحل انجام کار در سه بخش تنظیم گردیده است:

الف) ساخت راکتور: آزمایشات با استفاده از یک ستون استوانه‌ای پلکسی‌گلاس به حجم ۴ لیتر و قطر داخلی ۸ سانتی‌متر صورت گرفت (شکل ۱). یک عدد دریچه تخلیه در ارتفاع ۶۰ سانتیمتری (۷۵٪ حجم کلی راکتور) جهت تخلیه پساب تصفیه شده تعبیه گردید. جهت تامین غلظت کافی اکسیژن محلول جهت رشد میکروارگانسیم‌ها (۵ میلی‌گرم بر لیتر) در مرحله هوایی و اختلاط



اصلی بارگذاری در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. نمونه برداری از فاضلاب ورودی، پساب خروجی و فاضلاب مرحله اختلاط بدون هوادهی صورت گرفت. با توجه به اینکه جهت کسب نتایج قابل اعتماد هر سیکل راهبری با سه مرتبه تکرار انجام می شد در نتیجه تعداد ۶۰ نمونه فاضلاب ورودی، ۶۰ نمونه فاضلاب خروجی و ۶۰ نمونه فاضلاب حین مرحله اختلاط برداشت گردید. در مجموع تعداد ۱۸۰ نمونه به منظور تعیین پارامترهای کارایی اخذ گردید. پارامترهای مورد بررسی در این مطالعه مشتمل بر: TKN , NH_4-N , NO_2^- , NO_3^- , N -organic، TN و TP بودند. پارامتر TN مجموع ازت کج‌لدال، نیتريت و نیترات می باشد و ازت آلی حاصل تفریق ازت کج‌لدال از ازت آمونیاکی می باشد. سایر پارامترهای موجود با استفاده از کتاب روش های استاندارد مورد سنجش قرار گرفتند (۲۲). ازت آمونیاکی و کج‌لدال توسط دستگاه TKN متر مدل Gerhardt اندازه‌گیری شد. در اندازه‌گیری فسفر کل از دستگاه اسپکتروفتومتر $Varian$ مدل $UV-120-02$ استفاده شد. تجزیه تحلیل نتایج با استفاده از نرم افزار $Design expert$ صورت گرفت. به کمک نرم افزار نامبرده نقاط بهینه سیستم مشخص و دقت و صحت مدل مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته ها

طبق آزمایشات صورت گرفته غلظت کل ازت کج‌لدال، نیتروژن آمونیاکی، نیتريت، نیترات و کل فسفر در فاضلاب خروجی از سیستم به ترتیب در محدوده $۷۷/۲ \text{ mg/l} - ۴/۶ \text{ mg/l}$ ، $۲۶/۵ \text{ mg/l} - ۴/۹ \text{ mg/l}$ ، $۳/۱۶ \text{ mg/l} - ۰/۳۶ \text{ mg/l}$ ، $۶/۳ \text{ mg/l} - ۱/۲۴ \text{ mg/l}$ و $۱۲/۲۱ \text{ mg/l} -$

هوادهی صورت گرفت. سپس بخشی از فاضلاب تصفیه شده تخلیه گردید. در نهایت، پس از طی دوره سازگاری میکروارگانیسم‌ها با شرایط موجود، اقدام به بارگذاری سیستم مطابق دوره های آزمایش طراحی شده توسط نرم افزار $Design expert$ (نسخه ۷) شد (جدول ۱). معیار حصول شرایط پایدار در سیستم و شروع بارگذاری اصلی، حذف تقریباً ۸۰ درصد COD و کدورت ورودی به سیستم بود به طوری که پس از طی سه ماه از آغاز راه اندازی، سیستم به شرایط پایدار دست یافت.

ج) راهبری سیستم: راهبری راکتور با مرحله اختلاط بدون هوادهی آغاز و سپس با سیکل های هوادهی، ته نشینی و تخلیه بطور پیوسته دنبال گردید. مدت زمان هر یک از مراحل فوق با استفاده از یک زمان سنج اتوماتیک به طور پیوسته کنترل گردید. از آنجا که یکی از اهداف مطالعه حذف فسفر از فاضلاب می باشد در آغاز راهبری هیچ گونه هوادهی صورت نگرفت تا فرصت کافی جهت آزادسازی فسفر در شرایط بدون هوادهی به میکروارگانیسم های آزاد کننده فسفر داده شود و نیترات موجود در فاضلاب به نیتروژن احیا شود. در گام بعدی عمل هوادهی به منظور جذب فسفر و متعاقب آن جداسازی فسفر از فاضلاب توسط میکروارگانیسم ها و انجام نیتریفیکاسیون صورت گرفت.

متغیرهای مورد بررسی در این مطالعه شامل زمان هوادهی (۴ h، ۳، ۲)، زمان اختلاط بدون هوادهی (۹۰، ۶۰، ۳۰ min) و غلظت جامدات معلق مایع مخلوط (MLSS) (۶۰۰۰ mg/l و ۴۰۰۰ mg/l)، بود. در تمام سیکل های راهبری، زمان ته نشینی ۳۰ دقیقه و تخلیه ۴ دقیقه در نظر گرفته شد. به طور کلی تعداد ۲۰ مرحله



۱/۶ حاصل شد. حداکثر کارایی حذف $\text{NH}_4\text{-N}$ ، TKN ، TN ، N-organic و TP به ترتیب ۹۵/۳٪، ۹۴/۶٪، ۹۵/۱٪، ۹۰٪ و ۹۰٪ و ۲۷٪، ۲۰٪، ۱۷/۵٪ بدست آمد (جدول ۱).

حداقل راندمان حذف پارامترهای مذکور به ترتیب ۱۶٪، ۲۶٪، ۱۶٪، ۹۰٪ و ۹۰٪

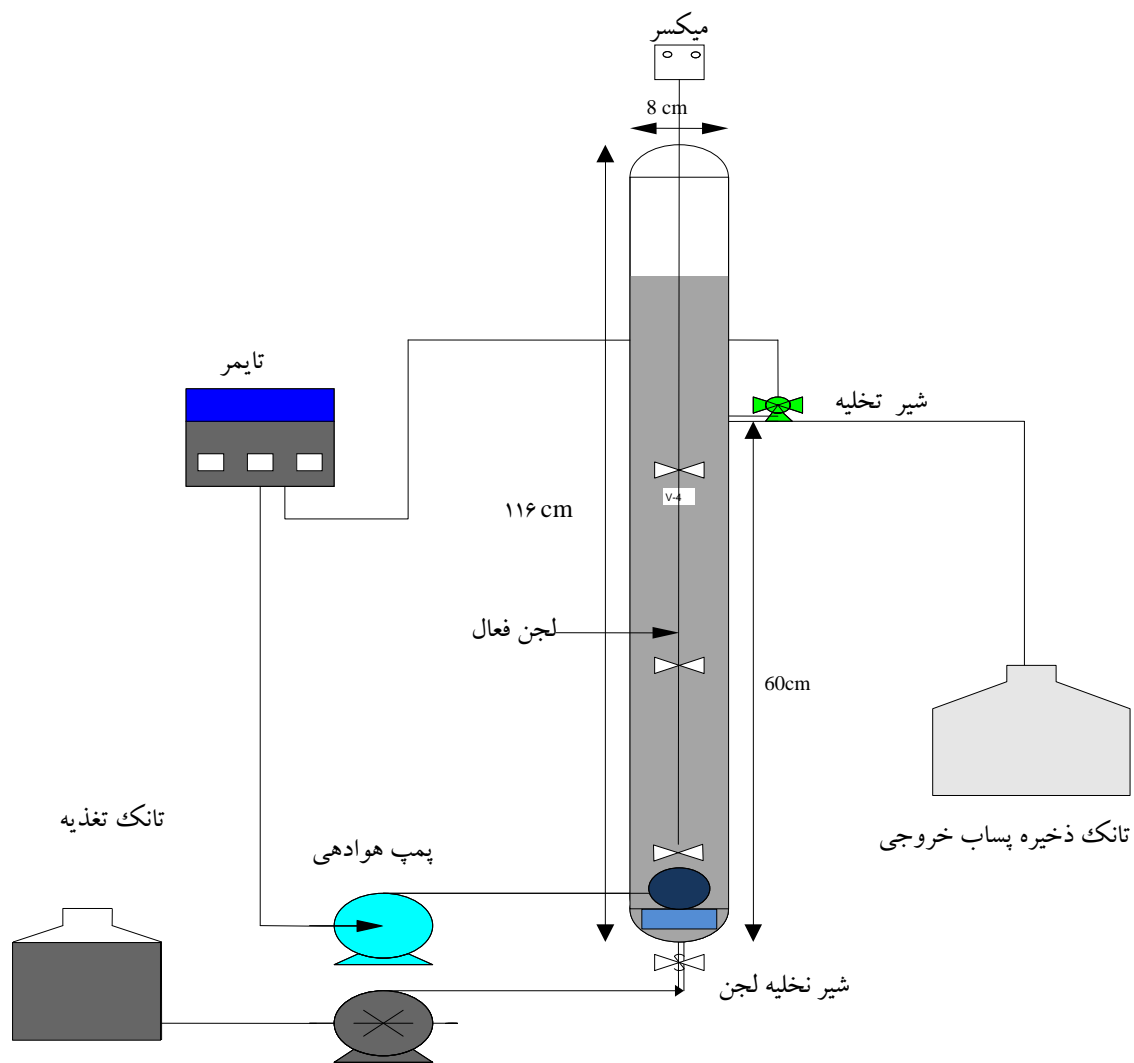
جدول ۱: نتایج آزمایشات برای پاسخهای مطالعه شده

سیکل راهبری	متغیر			پاسخ						
	متغیر ۳: زمان هوادهی hr	متغیر ۲: زمان اختلاط min	متغیر ۱: غلظت MLSS mg/l	حذف TKN %	حذف TN %	حذف N-organic %	حذف N-NH ₄ %	نیترات خروجی mg/l	نیتریت خروجی mg/l	حذف TP %
۱	۳	۶۰	۴۰۰۰	۵۸	۵۰	۵۲	۶۶	۵/۲۶	۲/۵۳	۷۰
۲	۴	۶۰	۴۰۰۰	۷۰	۶۴/۲	۶۶	۸۰	۴/۴۲	۰/۶۸	۷۳
۳	۲	۳۰	۲۰۰۰	۲۰	۱۷/۵	۱۶	۲۷	۱/۲۴	۱/۵	۲۶
۴	۴	۳۰	۲۰۰۰	۴۳	۳۹/۲	۳۹	۵۰	۲	۱/۸	۳۱
۵	۴	۹۰	۲۰۰۰	۴۴	۳۷/۷	۳۷	۵۴	۳/۲۴	۳/۱۶	۵۴
۶	۳	۶۰	۲۰۰۰	۳۰	۲۵	۲۱	۴۰/۵	۱/۷۷	۲/۸۱	۴۹
۷	۳	۶۰	۴۰۰۰	۵۶	۴۸/۸	۵۱	۶۴	۶/۳	۲/۷	۶۹
۸	۳	۹۰	۴۰۰۰	۶۴	۶۰	۶۲/۳	۷۱	۲/۳۶	۰/۶۴	۸۰
۹	۳	۶۰	۴۰۰۰	۶۰	۵۱	۵۴	۶۸	۵	۲/۶	۷۱
۱۰	۴	۳۰	۶۰۰۰	۸۱	۷۴	۷۷	۸۷/۴	۵/۷	۰/۸۲	۶۷
۱۱	۲	۳۰	۶۰۰۰	۵۹	۵۴/۶	۵۵	۶۹/۳	۲/۷۸	۱/۹۴	۵۸
۱۲	۲	۶۰	۴۰۰۰	۵۰	۴۵	۴۵	۵۸/۵	۵/۴	۱/۲۲	۶۰
۱۳	۲	۹۰	۶۰۰۰	۶۴	۵۸	۵۹	۷۲	۵/۷	۰/۵۲	۸۰
۱۴	۳	۶۰	۴۰۰۰	۶۰	۵۱	۵۲	۶۷	۴/۹	۲/۲	۷۰
۱۵	۳	۳۰	۴۰۰۰	۵۵	۴۲	۴۸	۶۴	۳/۴۷	۲/۳۳	۶۰
۱۶	۳	۶۰	۴۰۰۰	۵۸/۹	۵۰/۸	۵۲/۶	۶۶	۵/۱۶	۲/۴۸	۶۹
۱۷	۳	۶۰	۴۰۰۰	۵۹	۵۱	۵۲/۷	۶۶/۹	۵/۲	۲/۵۳	۷۱
۱۸	۲	۹۰	۲۰۰۰	۲۵	۲۱	۱۸	۳۴/۳	۱/۸۱	۲/۵۲	۴۰
۱۹	۳	۶۰	۶۰۰۰	۷۹	۷۳	۷۶/۶	۸۵/۳	۵/۱	۰/۸۲	۸۱
۲۰	۴	۹۰	۶۰۰۰	۹۵	۹۰	۹۵/۳	۹۴/۶	۴/۰۲	۰/۳۶	۹۰

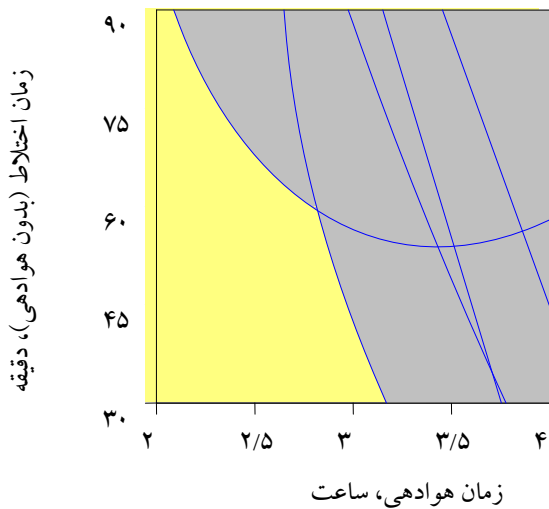


در بررسی اثر زمان هوادهی بر کارایی سیستم، با افزایش زمان هوادهی از ۲ به ۴ ساعت راندمان حذف کل نیتروژن ۳۲٪ - ۲۱٪، کل ازت کج‌جلدال ۲۶٪ - ۲۲٪، نیتروژن آمونیاکی ۲۲٪، نیتروژن آلی از ۲۲ تا ۳۵ درصد و کل فسفر ۱۳ درصد افزایش یافت.

حداکثر و حداقل راندمان حذف ترکیبات نیتروژن بترتیب در زمان ماند هیدرولیکی ۳ و ۶ ساعت و غلظت MLSS ۲۰۰۰ و ۶۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده گردید. اثر دو متغیر زمان هوادهی و غلظت MLSS در زمان اختلاط ۹۰ دقیقه روی کارایی حذف ترکیبات نیتروژن و فسفر در نمودارهای ۱-۳ آمده است.



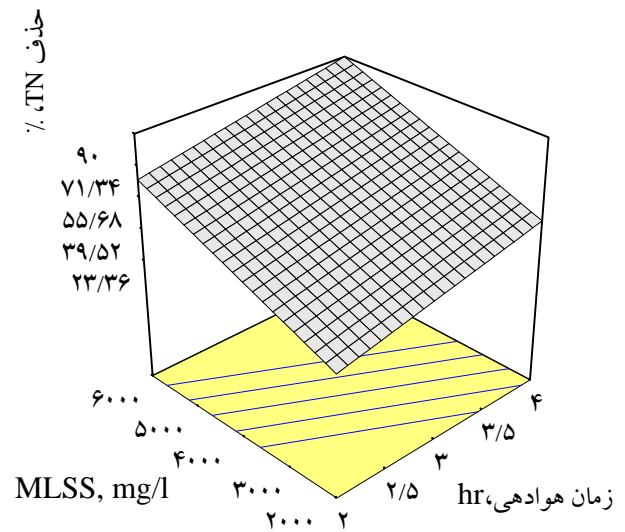
شکل ۱. تصویر شماتیک راکتور لجن فعال هوادهی گسترده با جریان متناوب مورد استفاده در مطالعه



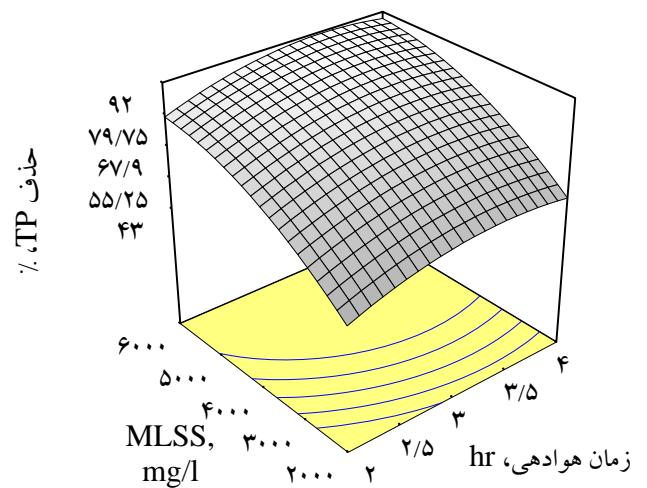
نمودار ۳: پلات همپوشانی مناطق بهینه در سیستم مورد مطالعه بر اساس نرم افزار Design expert

غلظت نیترات خروجی با افزایش زمان اختلاط از ۳۰ به ۶۰ دقیقه افزایش و از ۶۰ به ۹۰ دقیقه، کاهش و غلظت نیتريت خروجی در شرایط مناسب راهبري (زمان هوادهی ۴ ساعت و غلظت بیومس ۶۰۰۰ میلی گرم بر لیتر) تقریباً نزدیک به صفر گزارش شده است. غلظت NO_2^- خروجی نیز روند مشابهی با NO_3^- خروجی نشان می‌دهد. در بررسی میزان تاثیر MLSS تانک هوادهی بر حذف نیتروژن، دو غلظت متفاوت MLSS (۲۰۰۰ و ۶۰۰۰) در شرایط راهبري یکسان مورد مطالعه قرار گرفتند.

راندمان حذف در غلظت ۲۰۰۰ mg/l به میزان ۳۴٪-۵۳٪ در مقایسه با غلظت ۶۰۰۰ mg/l کاهش نشان داد. طبق آزمایشات صورت گرفته میزان کل فسفر ورودی به راکتور ۱۹-۱۴ میلی گرم بر لیتر بوده که این میزان در فاز بی‌هوازی افزایش یافت و به میانگین ۲۶/۴ درصد افزایش در غلظت کل فسفر رسید. میزان حذف TP در زمان های یکسان هوادهی و اختلاط بدون هوادهی



نمودار ۱: پلان سه بعدی حذفی TN در زمان اختلاط ۹۰ دقیقه در سیستم ICEAS



نمودار ۲: پلان سه بعدی حذفی TP در زمان اختلاط ۹۰ دقیقه در سیستم ICEAS



$\pm 0.43 \text{ mg/l}$ / $1.815/3 \pm 1.36/75/51 \pm 1.81/81/88 \pm 1.48$
 $1/7$ و $5/09 \pm 0/71 \text{ mg/l}$ حاصل شد. همان گونه که مشاهده می گردد مقادیر واقعی خیلی نزدیک به مقادیر پیش بینی شده مدل بدست آمدند.

بحث و نتیجه گیری

مناسبترین سیکل فرایندی در این پایلوت از نظر کارایی حذف پارامترهای مورد مطالعه در غلظت MLSS ۶۰۰۰ میلی گرم بر لیتر، زمان هوادهی ۴ ساعت و زمان اختلاط ۹۰ دقیقه بدست آمد. از آزمایشات انجام شده می توان چنین نتیجه گرفت که در صورت اعمال زمان ماند هیدرولیکی مناسب و غلظت کافی بیومس کارایی حذف همزمان ترکیبات نیتروژن و فسفر بالا می باشد به گونه ای که حداکثر راندمان حذف پارامترهای مورد مطالعه در بالاترین مقادیر زمان ماند هیدرولیکی و غلظت لجن بدست آمد. به منظور انجام مناسب فرایند نیتریفیکاسیون اعمال زمان هوادهی مناسب جهت افزایش فعالیت باکتری های نیتریفایر امری ضروری است، به گونه ای که در مطالعه حاضر، با کاهش HRT و زمان هوادهی، آمونیاک (به جای نیترات) در پساب خروجی ظاهر شد. هم چنین غلظت بالای MLSS منجر به افزایش تولید نیترات شده که در نتیجه آن غذای بیشتری در دسترس باکتری های نیتریفایر قرار گرفته و رشدشان افزایش می یابد. با افزایش مصرف اکسیژن توسط باکتری های مذکور شرایط کمبود اکسیژن پیش آمده، باکتری های نیتریفایر فرصت حضور می یابند و متعاقب آن حذف ترکیبات نیتروژن فراهم می گردد (۲۳). لذا جهت کسب راندمان بالای حذف آلاینده ها، افزایش MLSS مرجح بر افزایش زمان

در MLSS ۶۰۰۰ میلی گرم بر لیتر در رنج ۵۸-۹۰٪ و در MLSS ۲۰۰۰ میلی گرم بر لیتر در محدوده ۵۴-۲۶٪ قرار داشت. هم چنین در MLSS ۴۰۰۰ میلی گرم بر لیتر متوسط راندمان حذف تقریباً ۷۰٪ حاصل شد. به طور کلی محدوده راندمان حذف فسفر در غلظت MLSS ۲۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۶۰۰۰ میلی گرم بر لیتر به ترتیب ۹۰-۲۶٪، ۸۰-۶۰٪ و ۹۰-۷۶٪ بدست آمد. جهت بهینه سازی فرایند با استفاده از نرم افزار Design expert هفت متغیر به عنوان معیار در نظر گرفته شد. بهینه سازی گرافیکی بر اساس راندمان حذف بیش از ۸۰ درصد ترکیبات نیتروژن و ۹۰ درصد کل فسفر انجام شد. نمودار ۴ بهینه سازی گرافیکی در زمان های هوادهی و اختلاط را با میزان MLSS ۶۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نشان می دهد. این شکل بیان کننده مقادیر مختلف پاسخ (ناحیه تیره) در فضای متغیرها می باشد. نواحی روشن بیانگر مناطقی هستند که مقادیر پاسخ مورد نظر را تامین می کنند. ناحیه بهینه در زمان هوادهی (۳/۵-۳ ساعت) و زمان اختلاط (۹۰-۳۰ دقیقه) بدست آمد. به منظور بررسی دقت و صحت مدل یک نقطه بین منطقه بهینه انتخاب شد (زمان هوادهی ۳ ساعت، زمان اختلاط ۶۰ دقیقه و MLSS ۶۰۰۰ میلی گرم بر لیتر) و بیوراکتور به منظور مقایسه مقادیر واقعی با مقادیر پیش بینی شده پاسخ ها راهبری شد. صحت شرایط بهینه با نرم افزار DES بوسیله انحراف استاندارد برای هر پاسخ بررسی گردید. مقادیر کارایی مدل در شرایط راهبری ذکر شده برای کل نیتروژن، کل ازت کجگلدال، ازت آمونیاکی، ازت آلی، کل فسفر و غلظت خروجی نیتريت و نیترات بترتیب $1/55 \pm 1/11/71$ ، $2/24/75/8$ ،



هوادهی و غلظت بیومس میزان اکسیژن محلول فرایند و تعداد میکروارگانسیم های نیتریفایر و تجمع دهنده فسفر افزایش می یابد که همین امر مسبب انجام بهتر فرایند نیتریفیکاسیون و حذف بیشتر فسفر از فاضلاب می گردد. همگام با افزایش فرایند نیتریفیکاسیون، در مرحله بدون هوادهی نترات بیشتری در دسترس باکتری های دنیتریفایر قرار گرفته و سرعت حذف نیتروژن بالا می رود (۲۳). در بررسی اثر اختلاط باید ذکر نمود که زمان اختلاط بدون هوادهی در حذف ترکیبات نیتروژن پارامتر چندان تاثیر گذاری بر کارایی سیستم یافت نشد زیرا با افزایش زمان اختلاط تنها به میزان بسیار جزئی کارایی حذف دستخوش تغییر شد. بر اساس داده های حاصله، افزایش حذف نیتروژن آلی در زمان هوادهی و MLSS بالا (به ترتیب ۴ ساعت و ۶۰۰۰ میلی گرم بر لیتر) بدست آمد. در این شرایط ماکزیمم حذف TN و TKN نیز بدست آمد. این نشان می دهد که یک بالانسی بین فرایند نیتریفیکاسیون و دنیتریفیکاسیون وجود دارد و بنابراین منجر به مصرف بیشتر نیتروژن آلی می شود. نتیجه جالب گرفته شده این بود که در بالاترین زمان هوادهی (HRT بالاتر) انتظار می رود در نتیجه غلبه شرایط هوازی بر بی هوازی، حذف نیتروژن آلی کاهش یابد، در صورتی که مشاهده شد با افزایش زمان هوادهی، حذف نیتروژن آلی افزایش می یابد که ممکن است در نتیجه سرعت نیتریفیکاسیون بالا در زمان هوادهی بالا باشد. نیتروژن آلی در ابتدا باید به آمونیوم/ آمونیاک که در فرایند نیتریفیکاسیون مورد استفاده قرار گیرند تبدیل شود. به جز تبدیل آمونیوم/ آمونیاک، نیتروژن آلی بدون تغییر، از فرایند تصفیه عبور خواهد کرد. منشا و

هوادهی یا زمان اختلاط می باشد. نکته قابل تامل در این مطالعه حذف نیتروژن آلی همراه با افزایش زمان هوادهی است که می تواند نتیجه سرعت نیتریفیکاسیون زیاد در زمان هوادهی بالا باشد. مقادیر کم بارگذاری هیدرولیکی و مقادیر بالای HRT در راکتور سبب افزایش سرعت نیتریفیکاسیون می شود. یکی از مهم ترین دلایل کاهش حذف فسفر در زمان هوادهی بالا، می تواند ناشی از حضور نترات که مانع فرایند تخمیری تولیدکننده VFAs در منطقه بی هوازی می گردد، باشد. راندمان حذف فسفر حتی در نامناسب ترین دوره بارگذاری سیستم، نسبت به روش های متداول لجن فعال بیشتر می باشد (۸) و همین امر گویای قابلیت بالای سیستم در برآورده نمودن استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران جهت تخلیه به منابع آب های سطحی می باشد. لازم به ذکر است که حداکثر میزان مجاز غلظت فسفر در پساب خروجی جهت تخلیه در آب های سطحی ۶ میلی گرم بر لیتر می باشد که این میزان در اکثر سیکل های بهره برداری سیستم برآورده شده است (۲۴). به طور کلی بر اساس نتایج حاصله، کارایی حذف پارامترهای مورد مطالعه بیشتر متاثر از غلظت بیومس می باشد. تاثیر پارامترهای مورد بررسی را می توان به صورت زیر نشان داد: غلظت MLSS < زمان هوادهی < زمان اختلاط بدون هوادهی. با افزایش غلظت بیومس، زمان هوادهی و اختلاط راندمان حذف آلاینده های مذکور نیز افزایش یافت. باید خاطر نشان نمود فاز اختلاط بدون هوادهی بیشترین تاثیر را بر آزادسازی فسفر و جذب آن در مراحل بعدی داشت به این مفهوم که متغیر مذکور فاکتور بسیار مهمی در حذف کل فسفر یافت شد. همگام با افزایش زمان



طرفی برخلاف سایر روش های متداول لجن فعال به دلیل عدم برگشت لجن دیگر نیازی به پمپ های برگشت لجن نمی باشد و اعمال هزینه در این بخش نمی باشد (۲۵). بنابر نتایج حاصله این سیستم در صورت راهبری صحیح می تواند به عنوان یک راه حل اقتصادی و کارآمد جهت تصفیه فاضلاب بیمارستانی در مقیاس واقعی مورد توجه قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل از طرح تحقیقاتی انجام شده توسط آقای دکتر مقداد پیرصاحب با عنوان "بررسی کارایی سیستم لجن فعال هوادهی گسترده با جریان متناوب در حذف نیترژن و فسفر از فاضلاب بیمارستانی" در دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه می باشد.

ترکیبات مواد آلی به طور کامل شناخته نشده است، اما در اکثر آنها، پروتئین، آمینواسید آزاد و ترکیب شده، آلیفاتیک های با وزن مولکولی پایین (LMW)، اوره و آمیدها هستند. هم چنین بخش مهمی از نیترژن آلی حاصل از محصولات متابولیک میکروب ها در فاضلاب می باشند (۲۳). از طرفی حذف مواد مغذی در یک راکتور منفرد ICEAS سبب کاهش هزینه های سرمایه گذاری، بهره برداری و نگهداری می شود. زیرا در این سیستم عمل هوادهی و ته نشینی در یک راکتور منفرد صورت می گیرد و نیاز به حوض هوادهی و ته نشینی اولیه و ثانویه به صورت مجزا برطرف گشته است. بدین ترتیب از لحاظ اقتصادی در مقدار زمین مورد نیاز جهت احداث تصفیه خانه صرفه جویی می گردد. از

References

- 1-Kummerer K. Drugs in the environment: emission of drugs, diagnostic aids and disinfectants into wastewater by hospitals in relation to other sources—a review. *Chemosphere* 2001; 45 (6-7): 957–69.
- 2-Carballa M, Omil F, Lema J, Llompart M, Garcia-Jares C, Rodriguez I, et al. Behavior of pharmaceuticals, cosmetics and hormones in a sewage treatment plant. *Water Res* 2004; 38:(12) 2918– 26.
- 3-Petrovic M, Gonzalez S, Barcelo D. Analysis and removal of emerging contaminants in wastewater and drinking water. *Tr AC* 2003; 22 (10): 685–96.
- 4-Rezaee A, Ansari M, Khavanin A, Sabzali A, Aryan MM. Hospital Wastewater Treatment Using an Integrated Anaerobic Aerobic Fixed Film Bioreactor. *Environmental Sciences* 2005; 1 (4): 259-63. [Persian]
- 5-Sarafraz SH, Khani MR, Yaghmaeian K. Quality and quantity survey of hospital wastewaters in Hormozgan province. *Iran J Environ Health Sci Eng* 2006; 4(1): 43-50.
- 6-Emmanuel E, Perrodin Y, Keck G, Blanchard JM, ermande PV. Eco toxicological risk assessment of hospital wastewater: a proposed framework for raw effluent discharging into urban sewer network. *Hazard. Mater.A* 2005; 117 (1): 1–11.



- 7-Majlesi Nasr M, Yazdanbakhsh AR. Study on wastewater treatment systems in hospitals of Iran. *Environ Health Sci Eng* 2008; 5(3): 211-15.
- 8-Mesdaghinia AR, Naddafi K, Nabizadeh R, Saeedi R, Zamanzadeh M. Wastewater characteristics and appropriate method for wastewater management in the hospitals. *Public Health* 2009; 38(1): 34-40.
- 9-Kummerer K, Helmers E. Hospital effluents as a source for platinum in the environment. *Sci Total Environ* 1997; 193 (3): 179-84.
- 10-Lenz C, Koellensperger G, Hann S, Weissenbacher N, Mahnik SN, Fuerhacker M. Fate of cancer static platinum compounds in biological wastewater treatment of hospital effluents. *Chemosphere* 2007; 69 (11): 1756-74.
- 11-Verlicchi P, Galletti A, Petrovic M, Barcelo D. Hospital effluents as a source of emerging pollutant: An overview of micro pollutants and sustainable treatment options. *J Hydrol* 2010; 389 (3-4): 416-28.
- 12-Amouei AA, Asgharnia HA, Goodarzi J, Salehi A. Characteristic of Wastewater in the Hospitals of Babol Medical University (Iran). *A.A. J Babol Univ Med Sci* 2010; 12(2): 77-82.
- 13-Banaei gahfarokhi B, Ehramposh MH, Nasiri P, Ghasemi A, Rezaei Javanmardi R. the survey of detergent removal level from hospital wastewater by advanced SBR. *Environment Science & technology* 2010; 12(2): 61-70 .[Persian]
- 14-Lenza K, Hanna S, Koellenspergera G, Stefankaa Z, Stingedera G, Weissenbacherb N, Mahnikb SN, Fuerhacker M. Wastewater and possible elimination by adsorption to activated sludge. *Science of the Total Environment* 2005; 345 (1-3): 141-52.
- 15-Pauwels B, Verstraete W. the treatment of hospital wastewater: an appraisal B. *Water and Health* 2006; 7(4): 405-16.
- 16-Mahvi AH, Mesdaghinia AR, Karakani F. Feasibility of Continuous Flow Sequencing Batch Reactor in Domestic Wastewater Treatment. *American Journal of Applied Sciences* 2004; 1(4): 348-53.
- 17-Torabian A, Hasani AH, Rabiei Hashemi H. the survey of performance of SBR reactors in industrial wastewater treatment including of phenol sol phonic acid. *Environment Science & technology* 2008; 10 (2): 1-11.
- 18-Bhang SH, Lim ET, Jeong GT, Park JH, Park SH, Kim SJ, Park DH. Application of advanced treatment process for nitrogen compounds removal of industrial. Wastewater. *Biosci.Bioeng* 2008; 23 (6): 541-5.



- 19-Mullan A, McGrath JW, Adamson T, Irwin S, Quinn JP. Pilot-scale evaluation of the application of low pH-inducible polyphosphate accumulation to the biological removal of phosphate from wastewaters. *Environ Sci Technol* 2006; 40 (1): 296-301.
- 20-Wang DB, Ming LX, Qi Y, Wei Z, JianBing C, GuangMing Z, et al. Effect and mechanism of carbon sources on phosphorus uptake by microorganisms in sequencing batch reactors with the single-stage oxic process. *Sci China Ser B-Chem* 2009; 52 (12): 2358-65.
- 21-Asadi A, Ziantizadeh AAL. Statistical Analysis and Optimization of an Aerobic SBR Treating an Industrial Estate Wastewater Using Response Surface Methodology (RSM). *Iranica Journal of Energy & Environment* 2011; 2 (4): 356-65.
- 22-(APHA), A.P.H.A. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington: DC: APHA; 2005
- 23-Tchobanoglous G, Burton FL. Metcalf and Eddy. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, 4th ed. USA: New York: McGraw-Hill; 2004: 600-50
- 24-Environmental protection agency. *Environment Regulations and Standards*. Environmental protection agency publication. *Journal of Investigation air pollution*. 2003.
- 25-Mahvi AH, Mesdaghinia AR, Karakani F. biological phosphore removal from wastewater by continious flow SBR. *J Yazd Univ Med Sci* 2004; 12 (1): 72-80.[Persian]



Evaluation of Nitrogen and Phosphorous Simultaneous Removal from Hospital Wastewater by Intermittent cycle Extended Aeration System (ICEAS)

Pirsaheb M(Ph.D)¹, Mohamadi M(M.Sc)²

1. Associated Professor, Environmental Epidemiological Research Center, Kermanshah university of Medical science.
2. Corresponding Author: Student Research Committee, Kermanshah University of Medical Science, Kermanshah, Iran

Abstract

Introduction: Hospital wastewater including nutrients, nitrogen and phosphorous especially, that with discharge in environment result in problems in water ecosystem, animals and human health. Therefore, the aim of this study is determination of Nitrogen and phosphorous simultaneous removal from hospital wastewater by intermittent cycle extended aeration system (ICEAS).

Methods: In this descriptive – sectional study, at the first was designed a Plexiglas column. Then, after microorganism's adaption period and start of loading principle stages, 180 samples collected from wastewater of mixing without aeration stage, influent and effluent from system. TN, TKN, NH₄-N, organic-N, NO₂⁻, NO₃⁻, TP parameters were measurement according to standard methods. Finally, data analyzed by Design Expert software.

Results: According to experiments, removal efficiency of TP, organic-N, NH₄-N, TKN and TN was obtained %26-%90, %16-%95.3, %27-%94.6, %30-%95 and %17.5- %90, respectively. Effluent nitrite and nitrate concentration were 0.36-3.16 mg/l and 1.24-6.3 mg/l, respectively. Maximum of removal efficiency noted parameters achieved in maximum HRT (6hr) and MLSS (6000 mg/l).

Conclusion: ICEAS system isn't special process for nitrogen and phosphorous removal but in suitable condition of operation can remove above parameters with high efficiency. This system can be used in real scale.

Keywords: Nitrogen, phosphorous, hospital wastewater, ICEAS