کارایی راکتورهای بیوفیلمی بستر متحرک حاوی کالدنس نوع ۱ در حذف ترکیبات آلی و ازته تحت شرایط محدود اکسیژن محلول از فاضلاب

نویسندگان :علی ظفرزاده[۱] بیژن بینا[۲] مهناز نیک آیین[۳] حسین موحدیان عطار[۲] مهدی حاجیان نژاد[۳]

۱. نویسنده مسئول: استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی گلستان – مرکز تحقیقات بهداشت محیط. تلفن: ۰۱۷۱-۴۴۳۶۱۰۲ Email:alizafarzadeh@yahoo.com

۲. استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی اصفهان

۳. دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی اصفهان

طلوع بهداشت

فصلنامهٔ علمی پژوهشی دانشکده بهداشت یزد
سال یازدهم
شماره: سوم
پاییز ۱۳۹۱
شماره مسلسل: ۳۶

تاریخ وصول: ۱۳۹۰/۱۲/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۴/۱۴

چکیده

سابقه و اهداف: یکی از سیستمهای بیولوژیکی ترکیبی نوین که در تصفیه فاضلاب حاوی مواد آلی و ازت بکار برده می شود، سیستم راکتورهای بیولوژیکی با بستر متحرک (Moving Bed Biofilm Reactors - MBBR) است. در این تحقیق، این فرایند در راکتورهای بیوفیلمی با بستر متحرک حاوی آکنه های KMT (k_1) در مقیاس آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی: در این سیستم، از دو راکتور سری بصورت انوکسیک (R1) و هوازی (R2) بترتیب دارای حجم ۳/۵ و ۱۰ لیتر که در دمای $۲۸/۵^{oC}$ ، pH=۷، ۸- mg/l، DO=۱/۵ -۱ و نسبت برگشت داخلی ۳Q بصورت پیوسته استفاده شد. کلیه آزمایشات بر اساس کتاب استاندارد متد انجام شد. نسبت پر شدگی راکتورهای R1 و R2 با آکنه های k1 به ترتیب ۴۰ و ۵۰ در صد حجمی بود. آنالیز آماری داده ها با نرم افزار spss و excel انجام شد.

یافته ها: متوسط غلظت اکسیژن محلول در راکتور هوازی در دوره بهره برداری در دامنه mg/l ۱/۵-۱ بود. متوسط راندمان حذف کربن آلی (SCOD) در بارگذاریهای مختلف (mg/l۲۰۰۰-۳۰۰) بیش از ۹۵٪ بود و بیشترین میزان آن در راکتور انوکسیک حذف شد. راندمان حذف نیتروژن در بارگذاری های مختلف (mg-N/l ۲۵۰-۲۵) در دامنه ۹۹/۴-۸۰ درصد متغییر بود و بیشترین راندمان حذف در بارگذاری $mg/m^2.day$ ۰/۱۸۱-۰/۱۲۷ براساس سطح بیوفیلم در راکتور انوکسیک در حضور کربن آلی (حدود ۹۲٪) بدست آمد. نتایج نشان داد که با افزایش میزان بارگذاری ترکیبات ازته، نیتریفیکاسیون افزایش یافته، اما سرعت افزایش آن در بارگذاریهای بالا، کاهش یافته است. علت آن به احتمال زیاد تجمع یون نیتریت در راکتور هوازی می باشد.

نتیجه گیری: نتایج نشان داد که فرایند حذف ترکیبات آلی و ازته از فاضلاب در سیستم MBBR به روش پیش دنیتریفیکاسیون، بدون برگشت لجن و بدون استفاده از منبع کربن خارجی، در شرایط محدود اکسیژن محلول در راکتور هوازی، دارای عملکرد قابل توجهی جهت تصفیه فاضلاب های دارای مقادیر زیاد ترکیبات ازته و آلی می باشد.

واژه های کلیدی: فاضلاب، ترکیبات آلی و ازته، اکسیژن محدود ، راکتورهای بیوفیلمی با بستر متحرک، آکنه (k1)

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-12]

مقدمه

تحقیق برای بهینه سازی واحدهای تصفیه فاضلاب بطور همه جانبه ای بدلیل اعمال استانداردهای زیست محیطی سخت گیرانه در آینده در حال انجام می باشد. مهندسین بر روی ساختاری از واحدهای تصفیه فاضلاب در حال تحقیق هستند که برای جوامع کوچک و محیط های حساس قابل بهره برداری و الترناتیو موثر تصفیه جهت حذف ترکیبات آلی و نیتروژن از فاضلاب باشد(۱). یکی از این سیستمها راکتور بیولوژیکی با بستر متحرک است که در اوایل دهه ۹۰ توسعه یافت. راکتور بیوفیلمی با بستر متحرک (MBBR) در نروژ توسعه یافت و پس از آن در اروپا و امریکا به ثبت رسید(۲). در حال حاضر تعداد زیادی از تاسیسات تصفیه فاضلاب در مقیاس وسیع براساس این فرایند در حال فعالیت در کشورهای مختلف در سراسر دنیا هستند(۳). راکتورهای MBBR نوع تکامل یافته راکتورهای بستر ثابت و لجن فعال هستند که براساس بیوفیلم تعریف شده و دارای مزیت ها و قابلیت های فرایند لجن فعال و هم چنین سیستم های متداول بیوفیلتر و بکار گرفتن آنها به موازات هم با کنار نهادن معایب هر یک از آنها بود(۴). بر خلاف اکثر راکتورهای بیوفیلمی، MBBR از تمام حجم تانک برای رشد بیومس استفاده می کند. در عین حال این سیستم دارای افت هد ناچیزی دارد. در این سیستم برخلاف لجن فعال نیاز به برگشت لجن نمی باشد. این ویژگی با رشد لجن روی حاملهایی بدست می آید که آزادانه در حجم مایع داخل راکتور حرکت می کنند(۵). جنس این حاملهای بیوفیلم از پلی اتیلن و یا پلی پروپیلن و وزن مخصوص آنها در حدود ۰/۹۲ g/cm^3 – ۰/۹۶ می باشد. و معمولا به صورت چرخهایی با اندازه ضخامت mm ۷ و قطر mm ۱۰هستند که درون آنها با یک دیواره ضربدری شکل جهت بالا بردن استحکام و افزایش سطح ویژه، پر شده است(۳،۴).

انباشتگی حمل کننده ها در راکتور می تواند برای مواد مختلف بطور جداگانه تعیین گردد و باعث انعطاف پذیری زیاد در فضای ویژه بیوفیلم شود(۵،۶). جهت حذف بیولوژیکی ترکیبات ازته بصورت میانبر، باید از فعالیت باکتریهای اکسید کننده نیتریت (NOB) جلوگیری شود. دستیابی به این هدف باز دور خارج کردن این باکتریها با انتخاب درجه حرارت بالا، pH بالا یا غلظت اکسیژن محلول پایین امکان پذیر می باشد(۷). جهت تصفیه فاضلابهای شهری احتمالا سهل ترین راه جهت جلوگیری از رشد NOB استفاده از روش پایین نگهداشتن غلظت اکسیژن محلول می باشد(۸). همانگونه که در بالا به ان اشاره شد؛ ترکیبات ازته معمولا بوسیله ترکیبی از دو فرایند نیتریفیکاسیون و دنیتریفیکاسیون از فاضلاب حذف می شوند(۹). معمولا سرعت اکسیداسیون نیتریت بسیار سریعتر از سرعت اکسیداسیون آمونیاک می باشد، بطوریکه به ندرت نیتریت در محیط انباشته و جمع می شود. این احتمالا ناشی از مقدار غلظت حداقل سوبسترا که توانایی حمایت از بیومس را در حالت پایدار داشته و سرعت مصرف نسبتا بالای سوبسترا توسط اکسید کننده های نیتریت می باشد(۱۰). بنابراین؛ حذف بیولوژیکی میانبر نیتروژن یکی از تکنولوژیهای نوین می باشد که آمونیاک را به نیتریت اکسید کرده و نیتریت را به گاز نیتروژن تبدیل و احیا می کند(۱۱،۱۲).

کاربرد این فرایندهای نوین شامل نیتریفیکاسیون جزئی – دنیتریفیکاسیون از طریق تجمع نیتریت تحت شرایط محدود

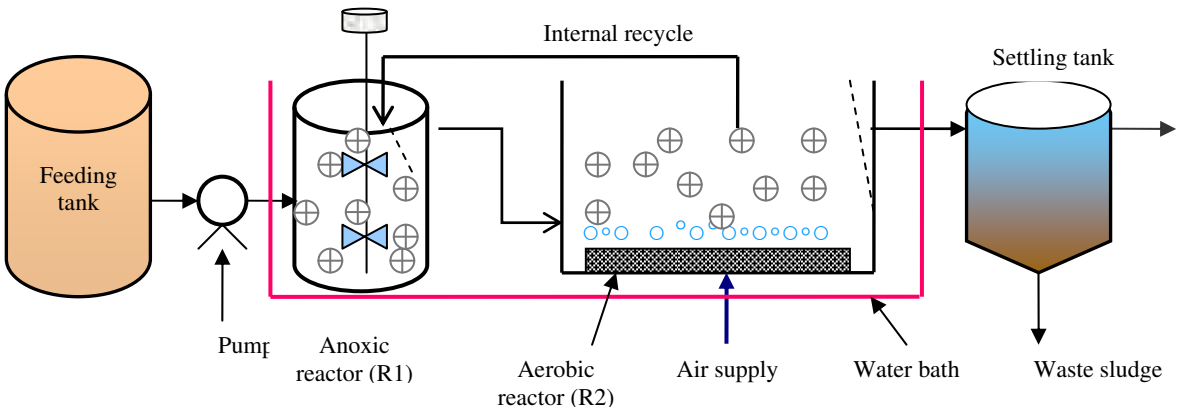
[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-12]

اکسیژن گسترش یافت(۱۳،۱۴). در این فرایند ترکیبات میانی نیتریت و نیترات در هر دو مرحله (نیتریفیکاسیون و دنیتریفیکاسیون) مبنای کار بوده و نیتریفیکاسیون جزئی به نیتریت و دنیتریفیکاسیون آن (نیتریت) بجای نیترات آسان تر خواهد بود. در این روش، علاوه بر کاهش تولید لجن مازاد، نیاز به اکسیژن در طی مرحله نیتریفیکاسیون، و نیاز به ماده آلی در فرایند دنیتریفیکاسیون کاهش می یابد(۱۲). معمولا سرعت دنیتریفیکاسیون نیتریت ۱/۵-۲ برابر سریعتر از نیترات می باشد(۱۵). احتمالا به همین دلایل، استفاده از فرایند نیتریفیکاسیون جزئی تحت شرایط اکسیژن محدود به نیتریت جذاب و قابل توجه شده است(۱۶،۱۷).

هدف از این تحقیق ارزیابی حذف مواد آلی و ترکیبات نیتروژندار با استفاده از سیستم MBBR تحت شرایط غلظت اکسیژن محلول محدود در غلظتهای کمتر از فرایندهای متداول تصفیه بیولوژیک فاضلاب در مقیاس پایلوت آزمایشگاهی(lab-scale) بود. این راکتورها با اکنه های از نوع KMT (k1) پر شده بودند و بصورت پیوسته مورد ارزیابی و بهره برداری قرار گرفتند.

روش بررسی

نوع مطالعه تحلیلی- آزمایشگاهی با نتیجه کاربردی است. در این تحقیق بمنظور کارایی راکتورهای بیوفیلمی با بستر متحرک حاوی آکنه های نوع ۱ KMT (k1) جهت حذف ترکیبات آلی و ازته از فاضلاب تحت شرایط اکسیژن محلول محدود، از دو راکتور شامل: یک راکتور انوکسیک به حجم مفید ۳/۵ لیتر و یک راکتور هوازی به حجم مفید ۱۰ لیتر از جنس پلاکسی گلاس استفاده شد. این راکتورها توسط اکنه های مذکور به ترتیب با نسبت پرشدگی ۴۰ و ۵۰ درصد حجمی بکار گرفته شدند. سطح ویژه واقعی مورد استفاده برای رشد بیوفیلم برابر سطح ویژه داخلی این نوع آکنه ها معادل $500\ m^2/m^3$ می باشد(۳). در انتهای راکتور هوازی محلی جهت برگشت داخلی حاوی یونهای نیترات و نیتریت به راکتور انوکسیک با هدف حذف آنها طی فرایند دنیتریفیکاسیون طراحی شد(شکل۱).



شکل ۱: فلودیاگرام شماتیک از فرآیند بیوفیلمی با بستر متحرک

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-12]

هوای مورد نیاز در راکتور هوازی توسط یک کمپرسور هوا HEALIA ساخت چین و با نصب سه عدد سنگ در کف راکتور تامین می شد. انتقال فاضلاب سنتتیک از مخزن تغذیه به انوکسیک و برگشت داخلی فاضلاب از هوازی به انوکسیک توسط دو پمپ تزریق ایتالیایی ETATRON D.S مدل DLS-MA انجام می شد. در راکتور انوکسیک عمل همزدن توسط یک همزن الکتریکی گیربکس دار اتریشی با سرعت ۶۰ دور در دقیقه انجام می گرفت. جهت حفظ درجه حرارت بیورآکتورها در حد مطلوب و ثابت نگهداشتن دما در دامنهٔ ۲ ± ۲۸ °C از حمام آب گرمWater Bath مجهز به هیتر های آکواریوم استفاده شد. این هیترها به صورت عمود در دیواره های کناری حمام کار گذاشته شده بودند. در ضمن به منظور یکنواختی دمای آب داخل حمام، از یک پمپ آکواریومی استفاده شد.

جهت بذردهی راکتورها از لجن جریان برگشتی حوض هوادهی فاز دوم تصفیه خانهٔ فاضلاب جنوب اصفهان استفاده شد. بدین منظور ابتدا حدود ۵۰ درصد از حجم هر یک از رآکتورها با لجن و باقیمانده حجم رآکتورها با آب شهر پر شد. در ابتد هر یک از راکتورها بصورت ناپیوسته با فاضلاب سنتتیک دارای COD=۲۰۰ mg/l با نسبت COD/N/P = ۱۰۰/۵۰/۱۵ جهت اداپتاسیون و تکثیر نیتریفایر ها و دنیتریفایرها به مدت یک ماه مورد بهره برداری قرار گرفت. در این مر حله از بی کربنات آمونیم برای راکتور هوازی و از نیترات پتاسیم برای راکتور انوکسیک به عنوان منبع نیتروژن استفاده شد.

پس از این مرحله سیستم به صورت پیوسته Contineus با فاضلاب دارای COD معادل ۲۰۰۰mg/l -۳۰۰ و نسبتهای مختلف COD/N/P از ۱۰۰/۵/۱ تا ۱۰۰/۲۵/۵ بارگذاری شد. به منظور رشد نیتریفایرها، دنیتریفایرها و سایر میکروارگانیسمهای موجود در فرایند، علاوه بر گلوکز از KH_2PO_4 و K_2HPO_4 بعنوان منبع فسفر و از ریزمغذیهای زیر نیز در ساخت فاضلاب سنتتیک استفاده شد(۱۹،۱۸):

سولفات منیزیم ($MgSO_4.7H_2O$)، کلراید کلسیم ($CaCl_2.2H_2O$)، کلراید آهن ($FeCl_3.6H_2O$)، سولفات مس ($CuSO_4.5H_2O$)، یدید پتاسیم (KI)، کلراید منگنز ($MnCl_2.H_2O$)، مولیبدات سدیم ($Na_2MoO_4.2H_2O$)، سولفات روی ($ZnSO_4.7H_2O$)،کلراید کبالت ($CoCl_2.6H_2O$) و اسید بوریک (H_3BO_3).

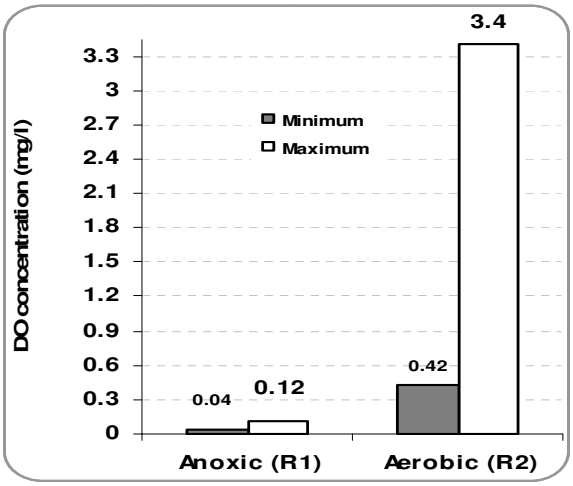
نمونه ها از ورودی و خروجی هر یک از رآکتورها جمع آوری شدند. درجه حرارت، اکسیژن محلول و pH بطور روزانه بلافاصله پس از نمونه برداری اندازه گیری می شد. اکسیژن محلول و pH بترتیب با DO متر55- YSI امریکایی و pH متر مدل CG-824 ساخت شرکت SCHOTT اندازه گیری شد. کلیه نمونه ها بجز نمونه های مربوط به قلیائیت پس از صاف سازی توسط صافی غشایی ۰/۴۵ µm بلافاصله انالیز می شدند. آزمایش COD محلول، ازت آمونیاکی (NH_4-N)، نیترات (NO_3-N)، نیتریت (NO_2-N) و قلیائیت مطابق با روشهای استاندارد انجام شدند(۲۰). آنالیز و تحلیل نتایج با توجه به نرم افزارهای SPSS و Excel صورت گرفته است.

یافته ها

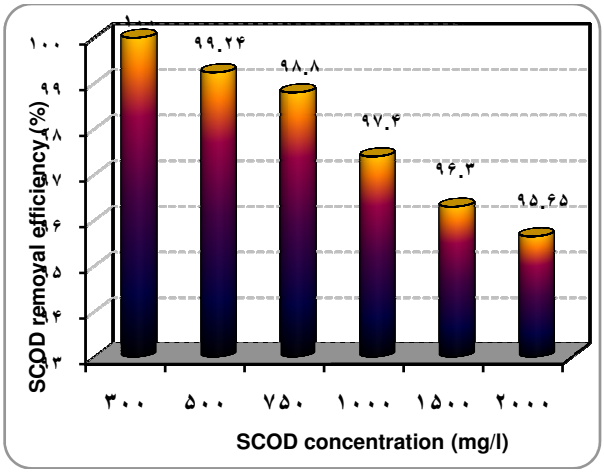
غلظت اکسیژن محلول در راکتور انوکسک و هوازی در طول دوره بهره برداری در نمودار ۱ نشان داده شده است. جهت تعیین کارایی راکتور MBBRs تحت شرایط اکسیژن محدود، با تغییر

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-12]

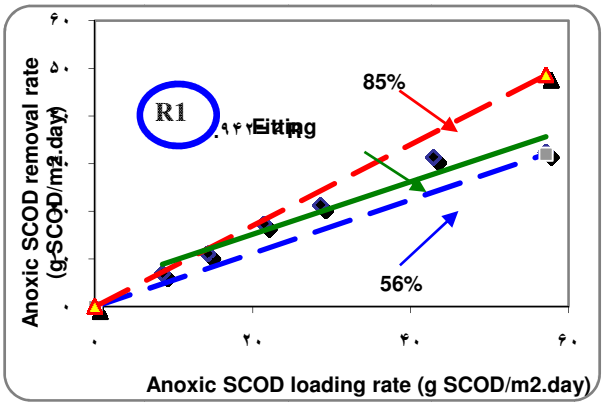
میزان اکسیژن محلول در راکتور هوازی از ۰/۴ تا ۳/۴ میلی گرم در لیتر، مورد ارزیابی قرار گرفت و در COD و TN ورودی به ترتیب ۵۰۰ و ۳۵/۷ (میلی گرم بر لیتر)، میزان اکسیژن محلول بهینه در دامنه ۱/۵-۱ میلی گرم در لیتر بدست آمد که نتایج حاصل از کارایی آن در حذف کربن آلی و ترکیبات ازته در نمودارهای بعدی آمده است.نمودار تغییر راندمان حذف COD محلول در راکتور های مختلف MBBR در نمودارهای ۲و۳ نشان داده شده است. نتایج حاصله نشان میدهد که متوسط راندمان حذف COD در بارگذاریهای مختلف در کل سیستم MBBRs بیش از ۹۵٪ بوده است. با توجه به شکل ۳ ، با افزایش بارگذاری آلی در این سیستم، سرعت حذف SCOD نیز افزایش یافته است و متوسط راندمان حذف SCOD در بارگذاری های مختلف در راکتورهای انوکسیک (R1) و هوازی (R2) متفاوت بود. میزان حذف SCOD در راکتور R1 (براساس میزان بارگذاری g SCOD/m^2.day) در دامنه ۸۵٪-۵۶٪ بوده و مابقی آن در راکتور هوازی (R2) تا میزان ۹۵٪-۸۵٪ حذف شده است.

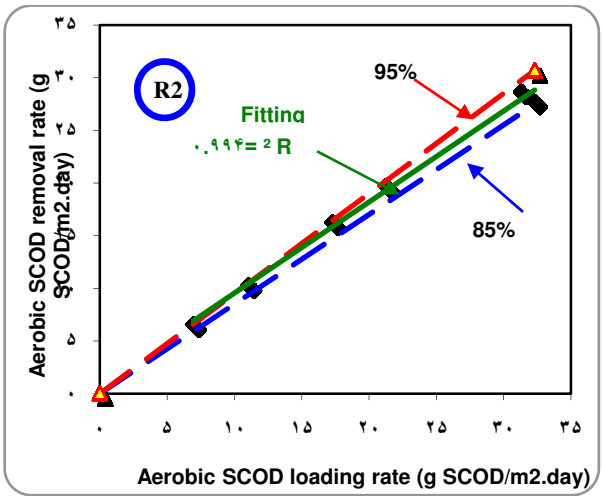


نمودار ۱- حداکثر و حداقل غلظت اکسیژن محلول در راکتورهای انوکسیک و هوازی در سیستم MBBR



نمودار۲- متوسط راندمان حذف COD در سیستم MBBRs در شرایط (Qr/Q=۳ و DO=۱/۵-۱ mg/l، TN=۳۵/۷ mg/l)





نمودار ۳- اثر بارگذاری آلی بر میزان حذف SCOD در راکتور انوکسیک (R1) و هوازی (R2)

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-12]

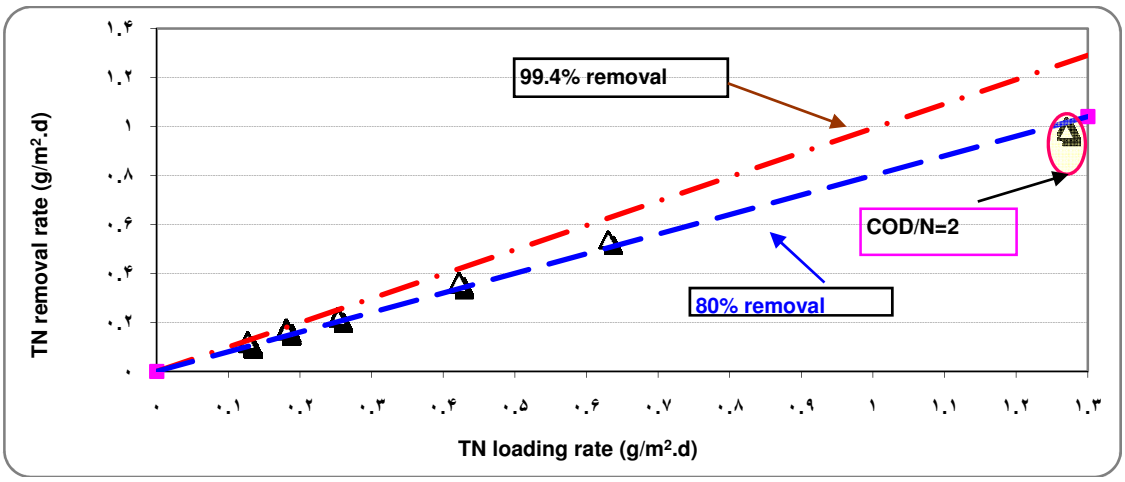
طبق آنالیز آماری، بین میزان بارگذاری SCOD و راندمان حذف آن یک رابطهٔ معنی دار قوی (P- <0/01 و ۰/۹۹ =R^2) مشاهده می شود. بیشترین راندمان حذف SCOD در راکتور انوکسک (۸۵٪)در بارگذاری بهینه صورت گرفت و مابقی آن تا بیش از ۹۵٪ در راکتور هوازی حذف شده است. بنابراین ، بالاترین سرعت حذف SCOD در راکتور انوکسیک اتفاق افتاده است که نشانه رخداد فرایند دنیتریفیکاسیون در این راکتور می باشد. بدین ترتیب بار آلی کمتری به راکتور هوازی وارد می شد که این خود دلیلی بر بالا بودن میزان نیتریفیکاسیون در راکتور هوازی و دنیتریفیکاسیون در راکتور انوکسیک تحت شرایط محدود اکسیژن بوده است. در تحقیق انجام شده توسط Jianlong و همکارانش در سال ۲۰۰۸ با عنوان حذف نیتروژن توسط نیتریفیکاسیون – دنیتریفیکاسیون توام در یک راکتور بیولوژیکی هیبریدی متوالی از طریق نیتریت (نیتریفیکاسیون جزئی) با میزان COD ورودی ۳۵۰ mg/l بهره برداری می شد، راندمان حذف COD بیش از ۹۲٪ بدست آمد(۲۱). طبق تحقیقی که محققان دیگر از جمله Andreottola و همکارانش انجام دادند, حداکثر راندمان حذف کربن آلی توسط سیستم لجن فعال بهینه سازی شده به صورت سیستم MBBR در زمان ماند هیدرولیکی ۷ ساعت به طور متوسط برابر ۸۸٪ بدست آمد(۲۲).

میزان حذف نیتروژن کل با توجه به بارگذاری آن در سیستم MBBRs به تفکیک در هر یک از راکتورهای هوازی (R2) و انوکسیک (R1) و در کل سیستم، تحت شرایط محدود اکسیژن محلول (DO=۱-۱/۵ mg/l) در نمودارهای ۴ تا ۷ نشان داده شده است. با توجه به نمودار ۴ روند تغییرات حذف نیتروژن در کل سیستم در دامنه ۹۹/۴- ۸۰٪ متغییر بود که بیشترین راندمان حذف نیتروژن در بارگذاری $mg/m^2.day$ ۰/۱۲۷-۰/۱۸۱براساس مساحت سطح بیوفیلم یا غلظت mg-N/l ۲۵-۳۵/۷ و کمترین راندمان حذف نیتروژن مربوط به غلظت نیتروژن ورودی ۲۵۰ mg-N/l یا نسبت COD/N=۲ بدست آمده است. با توجه به نمودار ۵ و ۶ میزان حذف نیتروژن در راکتور انوکسیک در دامنه ۹۲-۴۰٪ متغییر بود که نشان دهنده بیشترین راندمان حذف نیتروژن در راکتور انوکسیک در حضور کربن آلی و غلظت محدود اکسیژن محلول در راکتور هوازی می باشد. داده ها بر اساس ورودی و خروجی غلظت های نیتروژن و مساحت سطح بیوفیلم در راکتور هوازی (R2) در مقیاس آزمایشگاهی محاسبه شده است. بطوریکه نشان داده شده است میزان نیتریفیکاسیون با افزایش میزان بارگذاری نیتروژن افزایش یافته است، اما سرعت افزایش نیتریفیکاسیون در بارگذاریهای بالاتر نیتروژن کاهش یافته است. علت آن ممکن است تجمع یون نیتریت باشد به عبارت دیگر نسبت یون آمونیم تبدیل شده به یون نیتریت، بیشتر از نسبت تبدیل یون نیتریت به نیترات باشد(۲۳).

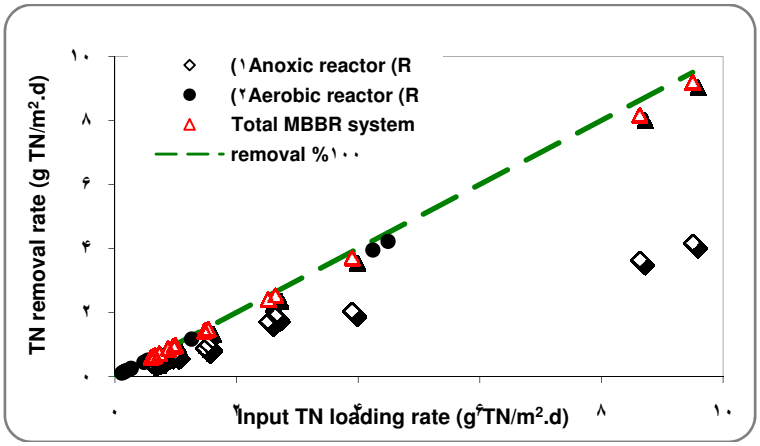
بنابراین می توان نتیجه گرفت که میزان حذف نیتروژن با افزایش میزان بارگذاری آن براساس مساحت ویژه بیوفیلم افزایش یافته است. اما این افزایش در غلظت های بالای آمونیم ورودی به راکتور هوازی (COD/N=۲)کاهش داشته و بطور متوسط راندمان آن حدود ۶۶/۹٪ می باشد، در صورتیکه، در شرایط (۵۰۰ mg COD/l و ۳۵/۷ mg NH_4-N/l) راندمان حذف نیتروژن بطور متوسط حدود ۹۵/۷۴٪ بوده است (نمودار ۷). میزان دنیتریفیکاسیون ممکن است با غلظت نیترات، مواد آلی

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-12]

قابل تجزیه بیولوژیکی یا غلظت اکسیژن (ترجیحا حضور اکسیژن) محدود شود. اگر اکسیژن از طریق فاضلاب ورودی یا سیکل برگشتی تامین شود، مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی بصورت هوازی مصرف شده و بنابراین مقدار آن جهت استفاده برای دنیتریفیکاسیون بعنوان الکترون دهنده، کاهش می یابد. از طرفی، اکسیژن محلول در واکنش نیتریفیکاسیون به عنوان سوبسترہ مشترک یا ثانویه Co- substrate می باشد و غلظت آن بر میزان سرعت واکنش هر دو نوع اکسید کننده های آمونیوم و اکسید کننده های نیتریت دارای تاثیر قابل توجهی می باشد. بنابراین در راکتور هوازی اکسیژن توسط باکتری های اتوتروف و اکسید کنندۀ آمونیوم و نیتریت جهت فرایند نیتریفیکاسیون مصرف می شوند و با توجه به اینکه اثر بازدارندگی غلظتهای پایین اکسیژن محلول بیشتر بر روی نیتروباکتر و سپس نیتروزوموناس می باشد، بنابراین تجمع یون نیتریت در غلظتهای پایین اکسیژن محلول مورد انتظار می باشد. تحقیقات انجام شده توسط Jianlong و Ning در تحلیل میزان یون نیتریت، نیترات وتاثیر DO بر عملکرد نیتریفایرها در راکتور هوازی، نیز مؤید مطالب و تحلیل های فوق الذکر می باشد(۲۴).

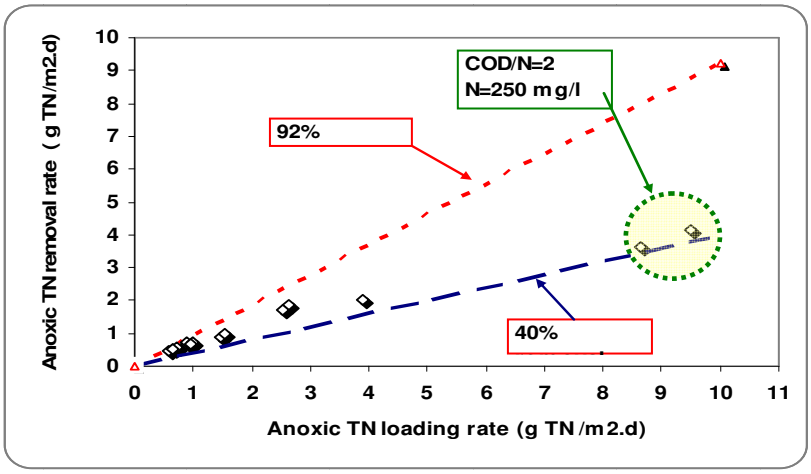


نمودار۴- روند تغییرات حذف نیتروژن کل (TN) بر اساس میزان بارگذاری نیتروژن در شرایط DO محدود (۱/۵ mg/l-۱) در سیستم MBBRs

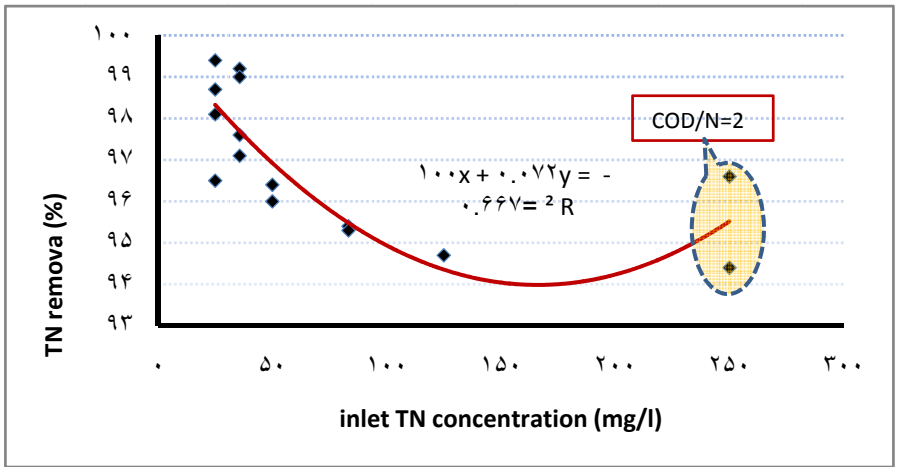


نمودار ۵- رابطه بین میزان حذف و غلظت نیتروژن کل ورودی در راکتورهای هوازی، انوکسیک و کل سیستم MBBRs

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-12]



نمودار۶- اثر بارگذاری نیتروژن کل بر میزان حذف آن در راکتور انوکسیک (R1)



نمودار ۷- روند تغییرات راندمان حذف TN (نیتروژن کل) در غلظت های مختلف ورودی (۳۵/۷ mg-N/l تا ۲۵۰) در در سیستم MBBRs در DO محلول mg/l ۱-۱/۵

بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده، بیشتر کربن آلی در راکتور انوکسیک طی فرایند دنیتریفیکاسیون بعنوان دهندهٔ الکترون جهت احیای یونهای نیتریت و نیترات مورد مصرف قرار گرفته اند و غلظت کمی از مواد آلی وارد راکتور هوازی شده اند. در غیر اینصورت، در راکتور هوازی فرایند نیتریفیکاسیون کند یا متوقف می شد چون هتروتروفها و نیتریفایرها برای بدست آوردن اکسیژن با هم رقابت خواهند کرد و رشد سریع هتروتروفها باعث تضعیف و نابودی نیتریفایرها خواهد شد(۲۵).

علت کاهش روند نیتریفیکاسیون در غلظتهای بالای نیتروژن ورودی به سیستم را می توان اینگونه تحلیل کرد که؛ این اتفاق ناشی از افزایش حضور آمونیاک آزاد (FA) و اسید نیتروس (HNO_2) در راکتور هوازی می باشد. بطور معمول، در راکتور هوازی فعالیت هتروترفها بدلیل کمبود مواد آلی بسیار پایین بوده و بطور قابل ملاحظه ای میزان نیتریفیکاسیون در آن بالا می باشد.

همچنین؛ علت کاهش سرعت حذف نیتروژن در غلظت بالای امونیوم ورودی به سیستم MBBRs (نمودار۴ و۷)؛ احتمالا

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-12]

تجمع نیتریت و رویداد نیتریفیکاسیون جزئی در حد بالا می باشد. Andreottola et al نیز در تحقیقی که در سال ۲۰۰۰ جهت مقایسه کارایی راکتورهای بیوفیلمی بستر متحرک و مقایسه با فرایند لجن فعال انجام دادند تحلیلی مشابه را ارائه نموده اند که موئد نتایج حاصل از این تحقیق می باشد(۲۶).

Yoo و همکارانش در سال ۱۹۹۹ در تحقیقی که بر روی راندمان حذف نیتروزن از فاضلاب سنتتیک انجام دادند، راندمان حذف COD و TN را بترتیب بیش از ۹۵٪ و ۹۰٪ اعلام نموده اند که کمتر از راندمان بدست آمده از این سیستم می باشد(۲۷). نهایتا نتایج نشان می دهد که این سیستم تحت شرایط محدود اکسیژن محلول، بدون برگشت لجن و بدون استفاده از منبع کربن خارجی، توانایی راندمان حذف نیتروژن کل بیش از ۹۸٪ را در شرایط بهینه دارد و این سیستم را می توان بعنوان یک گزینه ی ایده ال و موثر جهت حذف مواد مغذی و آلی از فاضلابهای شهری و صنعتی پیشنهاد کرد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از همکاری صمیمانه خانم ها مهندس وحید دستجردی به خاطر مساعدت در انجام آزمایشات ذیربط و آقای مهندس فرخ زاده که در ساخت پایلوت همکاری داشته اند، تقدیر و تشکر می گردد. لازم به ذکر است که این مقاله بخشی از پایان نامه دکتری می باشد.

References

1-Hasar H. Simultaneous removal of organic matter and nitrogen compounds by combining a membrane bioreactor and a membrane biofilm reactor. Bioresource Technology 2009; 100 (10): 2699-2705.

2- Maurer M, Fux C, Graff M, et al. Moving bed biological treatment (MBBT) of municipal wastewater: denitrification. Water Science & Technology 2000; 43(4-5): 337-344.

3- Odegaard H, Rusten B, Swestrum T. A new moving bed biofilm reactor – applications and results. Water Science & Technology 1994; 29(10-11):157-165.

4- Delenfort E, Thulin P. The use of Kaldnes suspended carrier process in treatment of wastewaters from the forest industry. Water Science & Technology 1997; 35(2-3):123-130.

5- Xiao L.W, Rodgers M, Mulqueen J. Organic carbon and nitrogen removal from a strong wastewater using a denitrifying suspended growth reactor and a horizontal-flow biofilm reactor. Bioresource Technology 2007; (98): 739–744.

6- Rusten B, Eikebrokk B, Ulgenes Y. Design and operations of the kaldnes moving bed biofilm reactors. Aquacultural Engineering 2006; 34(3): 322-331.

7- Munich EV, Lant P, Keller J. Simultaneous nitrification and denitrification in bench-scale sequencing batch reactors. Water Reserch 1996; 30(2): 277–284.

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-12]

8- Zhang X, Zhou J, Guo H, et al. Nitrogen removal performance in a novel combined biofilm reactor. Process Biochemical 2007; 42: 620–626.

9- Wang J, Yang N. Partial nitrification under limited dissolved oxygen conditions. Process Biochemistry 2004; 39: 1223-1229.

10- Rittmann BE, Mc Carty PL. Environmental biotechnology: principles and applications. New York; McGraw-Hill, 2001: 470-474.

11- Turk O, Mavinic DS. Selective inhibition: a novel concept for removing nitrogen from highly nitrogenous wastes. Environ Technol Lett 1987; 8: 419-426.

12- Chung J, Bae W. Nitrite reduction by a mixed culture under conditions relevant to shortcut biological nitrogen removal. Biodegradation 2002; 13: 163-170.

13- Ruiz G, Jeison D, Chamy R. Nitrification with high nitrite accumulation fore the treatment of wastewater with high ammonia concentration. Water Research 2003; 37(6): 1371-1377.

14- Ruiz G, Jeison D, Rubilar O, et al. Nitrification-denitrification via nitrite accumulation for nitrogen removal from wastewaters. Bioresource Technology 2006; 97:330-335.

15- Abeling U, Seyfried CF.Anaerobic-aerobic treatment of high strength ammonium wastewater nitrogen removal via nitrite.Water Science&Technology 1992; 26: 1007-15.

16- Bernet N, Dangcong P, Delgenès JP, et al. Nitrification at low oxygen concentration in biofilm reactor. Journal of Environmental Engineering 2001; 127(3): 266-271.

17- Antileo C, Werner A, Ciudad G, et al. Novel operational strategy for partial nitrification to nitrite in a sequencing batch rotating disk reactor. Biochemical Engineering Journal 2006; 32: 69-78.

18- Dulkadiroglu H, Cokgor EU, Artan N, et al. The effect of temperature and sludge age on COD removal and nitrification in a moving bed sequencing batch biofilm reactor.Water Science & Technology 2005**;** 51(11): 95-103.

19- Hem L.J, Rusten B, Ødegaard H. Nitrification in a moving bed biofilm reactor. Water Research 1994; 28(6): 1425-1433.

20- APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.21st ed. Washington DC, American Public Health Association: USA; 2005**:** 4-118-4-120.

21- Jianlong W, Yongzhen P, Shuying W, et al. Nitrogen removal by simultaneous nitrification and denitrification via nitrite in a sequence hybrid biological reactor. Chinese journal of chemical engineering 2008; 16 (5): 778-784.

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-12]

22- Andreottola G, Foladori P, Gatti G, et al. Upgrading of a Small Overloaded Activated Sludge Plant Using a MBBR System. Journal of Environmental Science and Health, Part A-Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering 2003; 38 (10): 2317–2328.

23- Gerardi M.H. Nitrification and Denitrification in the Activated Sludge Process. New York: John Wiley and Sons Inc; 2002: 120-122.

24- Jianlong W, Ning Y. Partial nitrification under limited dissolved oxygen conditions. Process Biochemistry 2004; 39(10): 1223–1229.

25-Mosquera-Corral A, Gonza ´lez F, Campos J.L, et al. Partial nitrification in a SHARON reactor in the presence of salts and organic carbon compounds. Process Biochemistry 2005; 40: 3109–3118.

26- Andreottola G, Foladori P, Ragazzi M. Upgrading of a small wastewater treatment plant in a cold climate region using a moving bed biofilm reactor (MBBR) system. Water Science and Technology 2000; 41(1): 177–185.

27- YOO H, AHN KH M, LEE HJ, et al. Nitrogen Removal from Synthetic Wastewater by Simultaneous Nitrification and Denitrification (SND) via Nitrite in an Intermittently-Aerated reactor. Water Research 1999; 33(1): 145–154.

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-12]

Kaldnes(k1) Moving bed Biofilm Reactors Performance for Organic and Nitrogen Compounds Removal From Wastewater with Iimited Dissolved Oxygen

Zafarzadeh A (Ph.D)* [1]Bina B (Ph.D)[2] Nikaeen M(Ph.D)[3] Movahedian Attar H (Ph.D)[2] Hajian Nejad M(Ph.D)3

1. Corresponding Author: Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran.

2. Professor, Department of Environmental Health Engineering, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.

3.Associate professor, Department of Environmental Health Engineering, Isfahan university of Medical Sciences, Isfahan, Iran.

Abstract

Background: Moving bed biofilm reactor (MBBR) is one of the new hybrids biological systems that are used in treatment of wastewater contaminated by organic and nitrogen pollutant. In this study, the continuously operated laboratory scale Kaldnes(k1) moving bed biofilm reactors (MBBRs) was investigated.

Methods: In this system, two series as Anoxic reactor (R1) and aerobic (R2) have a size 3.5 and 10 liters, respectively. This system was operated at temperature 28.5 ^{oC}, pH=7-8, DO= 1-1.5 mg/l and internal recycle ratio in continuously. All tests based on the standard methods were performed. The Anoxic and Aerobic reactors were filled to 40 and 50 %(v/v) to attach and retain biomass with k1 biofilm carriers, respectively. Statistical analysis software was SPSS and EXCEL.

Results: During operation, the average dissolved oxygen in the aerobic reactor was 1-1.5 mg/l. The average removal efficiency of soluble organic carbon (SCOD) was obtained over 95% at different load organic matter (300-2000 mg/l) in the anoxic reactor. The average removal efficiency of total nitrogen (TN) occurred in the range of 80-99.4% at different load nitrogen (25-250 mg/l) and maximum removal efficiency based on biofilm surface area occurred close 92% at loading rate of 0.127-0.181 mg-N/m2.day. The results show that nitrification rate was increased to increase loading rate of nitrogen compounds but the rate of nitrification was decreased at high loading rate. Probably this was due to an excessive accumulation of nitrite ion in the aerobic reactor.

Conclusions: This investigation showed that the process of removal organic and nitrogen compounds in the MBBRs system under pre-denitrification without recycle sludge and external carbon source has an acceptable performance for treatment of wastewater with high load organic carbon and organic nitrogen compounds.

Keywords: Wastewater, Organic and nitrogen compounds,Oxygen limited, Moving bed biofilm reactors, Kaldnes (k1).

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-12]