

بررسی تصفیه پذیری شیرابه کارخانه کمپوست شرکت کود آلی گیلان با استفاده از فیلترهای بیهوازی (با جریان رو به پایین و رو به بالا)

امیر حسام حسنی^۱
نادر مختارانی^۲
اصغر بیات فرد^{۳*}

تاریخ دریافت: ۸۵/۸/۲۰

تاریخ پذیرش: ۸۶/۱/۲۶

روش های متفاوتی در تصفیه بیهوازی فاضلاب های غلیظ وجود دارد. هدف تحقیق حاضر بررسی تصفیه پذیری شیرابه کارخانه کمپوست شرکت کود آلی گیلان با استفاده از فیلترهای بیهوازی (با جریان پایین رو و بالا رو) بوده است. به منظور اطلاع از نتایج تحقیقات مشابه مطالعاتی انجام گرفت که متاسفانه در زمینه تصفیه شیرابه کارخانه کمپوست با فیلترهای بیهوازی مطلبی به دست نیامد. سپس تحقیق حاضر در طول مدت ۱۲ ماه در مقیاس فول اسکیل انجام گرفت و نهایتاً از نرم افزار های مربوطه در رسم و تجزیه و تحلیل نتایج استفاده شد. مدیای به کار رفته در راکتور از نوع سفال ساختمانی با سطح موثر $87 \frac{m^2}{m^3}$ بود. درصد ارتفاعی بستر در حدود ۳۳٪ راکتورها و توالی راکتورها بترتیب با جریان رو به پایین و رو به بالا بود. متوسط غلظت COD ورودی به راکتورها در طول انجام تحقیق 85000 mg/l بود. راکتورها COD حداکثر 140000 و حداقل 39400 میلی گرم بر لیتر را نیز تجربه نمودند. pH شیرابه ورودی به راکتور توسط محلول شیرآهک خنثی گردیده و متوسط دمای راکتور در طول انجام تحقیق $25^\circ C$ بود. پارامتر های مورد بررسی در این تحقیق عبارتند از میزان بازده حذف COD ، حداکثر میزان بارگذاری، تغییرات pH راکتور بیهوازی با بارگذاری های مختلف و حد بحرانی دما در راکتور بیهوازی. بهترین کارایی سیستم در تصفیه شیرابه در غلظت COD ورودی 85000 mg/l و 75000 و زمان ماند هیدرولیکی ۱۱ ساعت و OLR برابر $4/6 \text{ KgCOD/m}^3.d$ بود که بیشترین بازده حذف COD برابر $97/7\%$ به دست آمد. حداکثر بار آلی ورودی به راکتور بیهوازی برابر $11/1 \text{ KgCOD/m}^3.d$ با COD ورودی 85000 mg/l بود که بازده حذف $86/2\%$ به دست آمد. حداقل بار هیدرولیکی ورودی به راکتور بیهوازی در ابتدای راه اندازی راکتور 1 m^3 در روز و حداکثر آن نیز در حداکثر بازده حذف 40 m^3 COD در روز بود. راه اندازی راکتورهای بستر ثابت با غلظت های پایین $MLSS$ نیز امکان پذیر است

۱- استادیار، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۲- استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

۳- دانش آموخته، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران^۹ (مسئول مکاتبات)

به طوری که در این تحقیق غلظت *MLSS* راکتور در ابتدا 400 mg/l بود و رفته رفته با افزایش غلظت *MLSS* بازده راکتور در حذف *COD* نیز افزایش یافت و به حد نهایی اش یعنی $97/7\%$ رسید. البته در برهه ای از زمان اقدام به تلقیح راکتور با لجن کشتارگاه شد. حد بحرانی دما 19°C تشخیص داده شد، به طوری که با پایین تر رفتن دما از این حد بازده راکتور به شدت کاهش یافت و به حدود $4-5\%$ رسید.

راکتورهای با بستر ثابت توانایی تصفیه فاضلاب هایی (در این تحقیق شیرابه) با *COD* در حد 14000 mg/l و بازده حذف *COD* برابر $97/7\%$ را دارا می باشند.

واژه های کلیدی: شیرابه، کارخانه کمپوست، فیلترهای بیهوازی، مدیا (آکنه)، شرکت کود آلی گیلان.

مقدمه

Thriumurthi و همکاران مطالعاتی راجع به استفاده از فیلتر بیهوازی در تصفیه شیرابه انجام دادند. آن ها ضمن تاکید بر قابلیت تصفیه پذیری این نوع فاضلاب دریافتند که از نظر باکتری های بیهوازی هیچ ترجیعی نسبت به فرمول های مختلف فسفر وجود ندارد. (۳)

Miyahara و همکاران ارتباط بین آکنه ها و رفتار باکتری های بیهوازی را در فیلتر های بیهوازی بالارو مورد بررسی قرار دادند. مطالعات آن ها نشان داد هر چه زمان ماند طولانی تر شود ($HRT=48$) میزان باکتر های اسید ساز نسبت به باکترهای چسبیده به سطوح آکنه ها بیشتر می شود. همچنین آن ها دریافتند که تجمع باکتری های چسبیده با کاهش *HRT* راکتور افزایش می یابد. (۴)

اهداف تحقیق

اهداف این تحقیق شامل پیدا نمودن مناسب ترین بارگذاری در راکتورهای بیهوازی، حد بهینه غلظت *MLSS* در درون راکتورها، حد بهینه دما و ... بود که در نهایت هدف کلی از انجام این تحقیق بررسی تصفیه پذیری شیرابه کارخانجات کمپوست با استفاده از روش بیهوازی بود. در این تحقیق یکی از اهداف جزئی، بررسی عملکرد و کارایی مدیا های بکار رفته در مخزن بیهوازی جهت افزایش سطح تماس میکرو ارگانیسم ها با مواد مغذی در راکتور ها بود. سطح موثر این مدیا ها $A=87\text{m}^2/\text{m}^3$ بوده و جنس آن از بلوک های سفالی

شیرابه فقط در مراکز دفن زباله تولید نمی شود، بلکه کارخانه های کود کمپوست نیز در مقیاس بزرگ تولید شیرابه می کنند. البته بین این دو نوع شیرابه از نظر کیفی تفاوت هایی وجود دارد، بدین صورت که در شیرابه کارخانجات کمپوست عناصر سنگین، مواد سمی، حلال ها و آنتی بیوتیک ها وجود ندارند و همین عامل در صورت مناسب بودن نسبت $\frac{BOD}{COD}$ اقبال روش بیولوژیکی در تصفیه شیرابه را افزایش می دهد.

شیرابه عوارض سوء متفاوتی را برای محیط زیست به وجود می آورد. از جمله موجب آلودگی آب های سطحی و زیر زمینی شده و با ایجاد مناظر زشت و نازیبا روح زیباشناختی هر بیننده ای را می آزارد.

تصفیه پذیری شیرابه محل دفن شهر استانبول با استفاده از روش *Fixed Bed* با جریان بالا رو مورد مطالعه قرار گرفت، *COD* این شیرابه از 18800 تا 47800 میلی گرم بر لیتر و *BOD₅* آن نیز از 6820 تا 38500 میلی گرم بر لیتر متغیر بود. نتیجه اینکه راکتور بازدهی بین $80-90\%$ را نشان داد. (۱)

مهرداد فرهادیان در سال 1376 در تحقیقات خود از فیلترهای بیهوازی بالا رو جهت تصفیه فاضلاب کارخانه قند استفاده کرد. پس از راه اندازی، با راهبری راکتورها در غلظت *COD* برابر $8000-20000 \text{ mg/l}$ بازده حذف حداکثر $93-75\%$ در راکتور حاصل گردید. (۲)

$MLSS$ آن به 400 mg/l رسید و راکتور آماده بارگذاری شد. جهت تسریع در راه اندازی راکتور از کود تازه گاوی استفاده شد.

سرعت رو به بالا در راکتور جریان روبه بالا در حد 16 m/d بود که در محدوده مناسبی قرار داشت. (۶) جهت انجام آنالیز نمونه ها از نرم افزار *EXCEL* استفاده شد. روش مورد استفاده در اندازه گیری COD روش کووت یا ویال بود. نوع هاضم $HB.I$ دوازده خانه در محدوده درجه حرارت $200 - 300^\circ\text{C}$ ، نوع فتومتر *Photometer palintest 5000* و محدوده طول موج $400-640 \text{ nm}$ بود. pH متر مورد استفاده از نوع *jenway 3510* مدل الکتروود شیشه ای، محدوده $pH=0-14$ و محدوده درجه حرارت $100-0^\circ\text{C}$ بود.

میانگین غلظت ازت در شیرابه کارخانه کمپوست 62 mg/l بود که با توجه به نسبت $35:0:7:1$ برای $C:N:P$ جهت جبران ازت در این تحقیق از «اوره» استفاده شد. میانگین غلظت فسفر نیز 57 mg/l بود که در این تحقیق از «سوپر فسفات تریپل» جهت جبران کمبود فسفر استفاده شد.

در تمام طول مدت تحقیق جریان برگشتی (سیرکولاسیون) از انتهای مخزن با جریان بالا رو به ابتدای مخزن با جریان پایین رو برقرار بود و برداشت نمونه ها از این خط انجام گرفت. نمونه های برداشت شده طبق دستورالعمل های ارائه شده در کتاب استاندارد متد آزمایش گردید.

پارامتر های مورد بررسی در این تحقیق میزان بازده حذف COD ، حداکثر میزان بارگذاری، تغییرات pH راکتور بیهوازی با بارگذاری های مختلف و حد بحرانی دما در راکتور بیهوازی بود.

نتایج

همان طور که از نمودار ۱ مشخص است، مدت زمانی که سیستم به سازگاری رسید حدود سه ماه به طول انجامید. میانگین دبی شیرابه تزریق شده به راکتور بیهوازی $11 \text{ m}^3/\text{d}$ و حداکثر آن نیز در حدود $40 \text{ m}^3/\text{d}$ بود. متوسط COD شیرابه

ساختمانی است و از نظر ارتفاعی در حدود $\frac{1}{3}$ ارتفاع راکتور بیهوازی یعنی (۱/۷ متر) را پر می کرد.

روش تحقیق

برای دستیابی به اهداف تحقیق در طول مدت ۱۲ ماه مطالعات اجرایی در آزمایشگاه تصفیه خانه شیرابه شرکت کود آلی گیلان صورت گرفت.

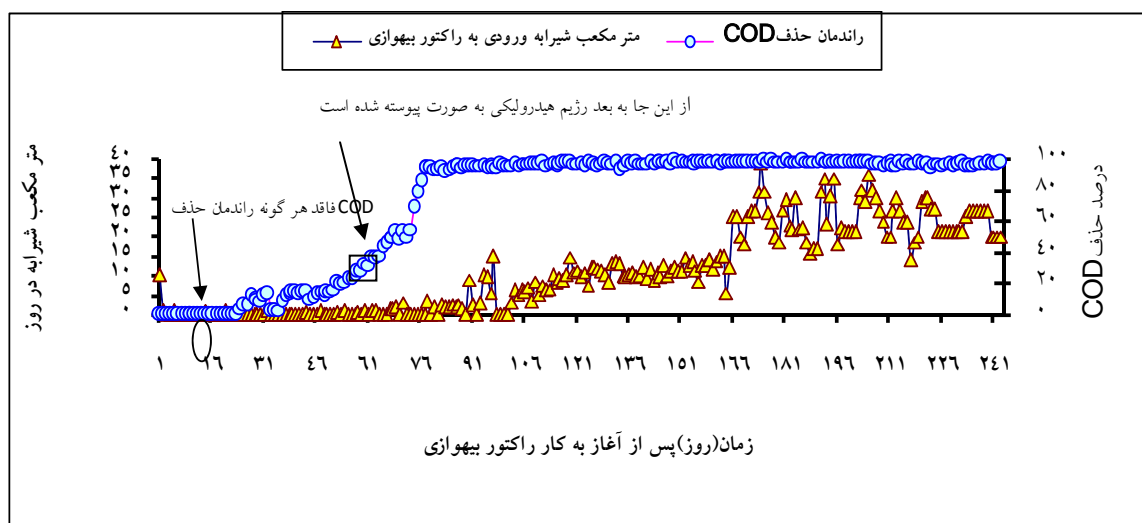
در این تحقیق عملکرد فیلترهای بیهوازی با جریان رو به پایین و رو به بالا در تصفیه شیرابه کارخانه کمپوست بررسی شد. دو مخزن بتنی مستطیلی شکل هر یک به ابعاد $4/2 \text{ m} \times 4/2 \text{ m} \times 13/3 \text{ m}$ و حجم مفید $237/5 \text{ m}^3$ به عنوان فیلترهای بیهوازی با جریان روبه پایین و رو به بالا به صورت سری مورد استفاده قرار گرفت، به طوری که خروجی مخزن اول به منزله ورودی مخزن بالارو بود. در این مخازن از بستر استفاده شد و ارتفاع بستر در هر یک از راکتور های مساوی و برابر ۱۲۷ سانتی متر یعنی ۳۳٪ ارتفاعی بستر بود. آکنه از جنس سفال ساختمانی با سطح مخصوص $\frac{\text{m}^2}{\text{m}^3}$ ۸۷ بود.

شرح کار به دین ترتیب بود که شیرابه با دبی حداکثر $40 \text{ m}^3/\text{d}$ و غلظت های مختلفی از COD با متوسط 40 mg/l وارد ابتدای راکتور اول و متعاقباً وارد راکتور دوم گردید. pH شیرابه خام اسیدی بود و جهت خنثی سازی pH شیرابه از محلول شیرآهک استفاده شد. نسبت $\frac{BOD}{COD}$ برابر ۰/۴۵ بود. به طور کلی نسبت $COD: N:P$ برای فاضلاب های سخت تجزیه پذیر (*high - strength wastes*) در بارگذاری های پایین $35:0:7:1$ می باشد که در این تحقیق از نسبت $1000:7:1$ برای این منظور استفاده شد (۵).

تحقیق با بارگذاری $2/4 \text{ KgCOD}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ شروع شد و افزایش بارگذاری با روند پله ای به میزان ۱۱-۶٪ برابر نسبت به بارگذاری قبلی بود. در افزایش پله ای بارگذاری جلوگیری از افت شدید pH و درصد بازده راکتور بیهوازی مد نظر قرار گرفت. پس از تلقیح اولیه راکتور با لجن کشتارگاه غلظت

COD نیز در این مدت به ترتیب ۹۱/۹ و ۹۸/۸٪ بود. در کل روند حاکم بر بازده حذف یک روند افزایشی با شیب بسیار ملایم بود.

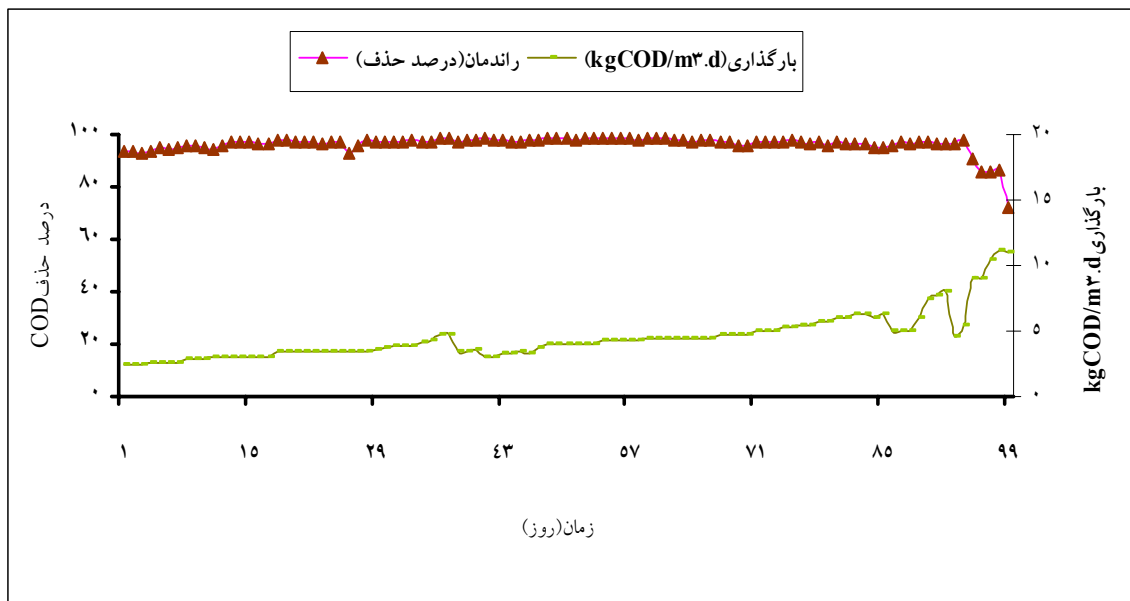
خام ورودی به راکتور بیهوازی برابر با 85000 mg/l و میانگین بازده حذف COD برابر ۹۷٪ بود. حداکثر و حداقل غلظت COD ورودی نیز به ترتیب 140000 و 39400 میلی گرم بر لیتر بود. علت نوسانات مشهود در غلظت COD ورودی نیز فقدان سیستم زهکشی مناسب در اطراف چاله پمپاژ بود، بدین شکل که پس از هر بارش، آب باران به داخل چاله پمپاژ نفوذ کرده و شیرابه خام رقیق می شد. حداکثر و حداقل بازده حذف



نمودار ۱- تغییرات دبی شیرابه ورودی و بازده حذف COD توسط راکتور بیهوازی

بهترین کارایی سیستم در تصفیه شیرابه در غلظت COD ورودی 75000 mg/l و زمان ماند هیدرولیکی ۱۱ ساعت و OLR ، $4/6 \text{ KgCOD/m}^3.d$ بود که بازده حذف COD برابر ۹۷/۷٪ به دست آمد.

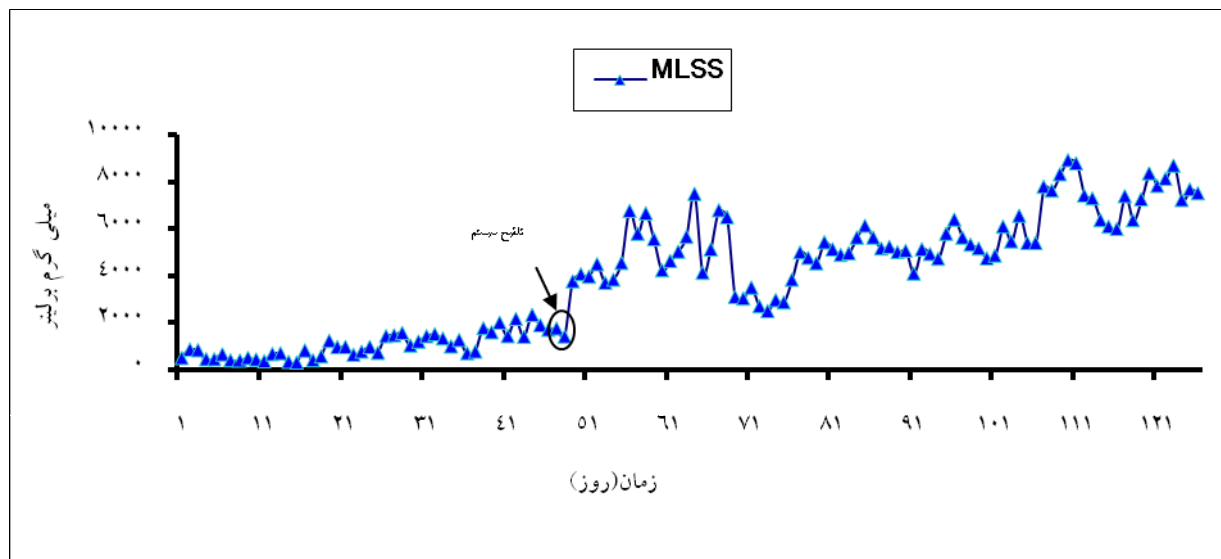
پس از سازگاری سیستم، همان طور که از نمودار شماره ۲ مشخص است، بیشترین بار آلی ورودی به راکتور بیهوازی $11/1 \text{ KgCOD/m}^3.d$ و با COD ورودی 75000 mg/l بود که بازده حذف حدود ۸۶/۲٪ به دست آمد.



نمودار ۲- میزان بار گذاری و بازده حذف COD در راکتور بیهوازی

همان طور که از نمودار ۳ مشخص است یک روند افزایشی بر غلظت MLSS حاکم بود و پس از تلقیح راکتور با لجن کشتارگاه که نوساناتی را در غلظت MLSS پدید آورد، مجدداً روند ثابت و تقریباً یکنواختی در نمودار MLSS رخ داد.

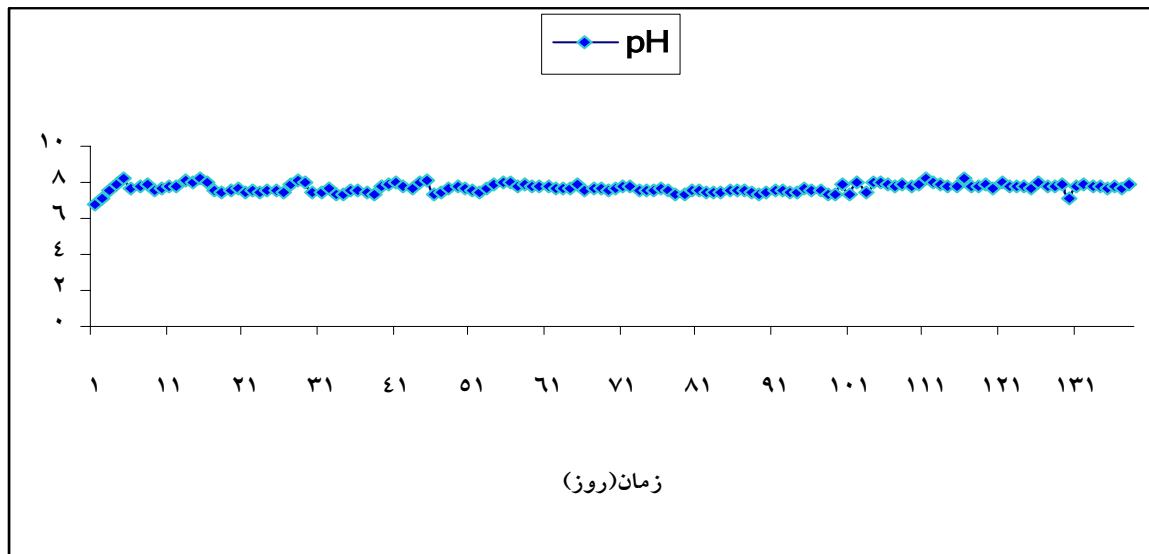
در ابتدای راه اندازی راکتور غلظت $MLSS$ mg/l ۴۰۰ بود و در دمای متوسط $17^{\circ}C$ راه اندازی راکتور ۳ ماه به طول انجامید. میانگین غلظت $MLSS$ در طول مدت بهره برداری در راکتور $3865 mg/l$ بود.



نمودار ۳- تغییرات $MLSS$ در راکتور بیهوازی

راکتور بود. تغییرات pH راکتور در طول مدت انجام تحقیق در نمودار ۴ آمده است.

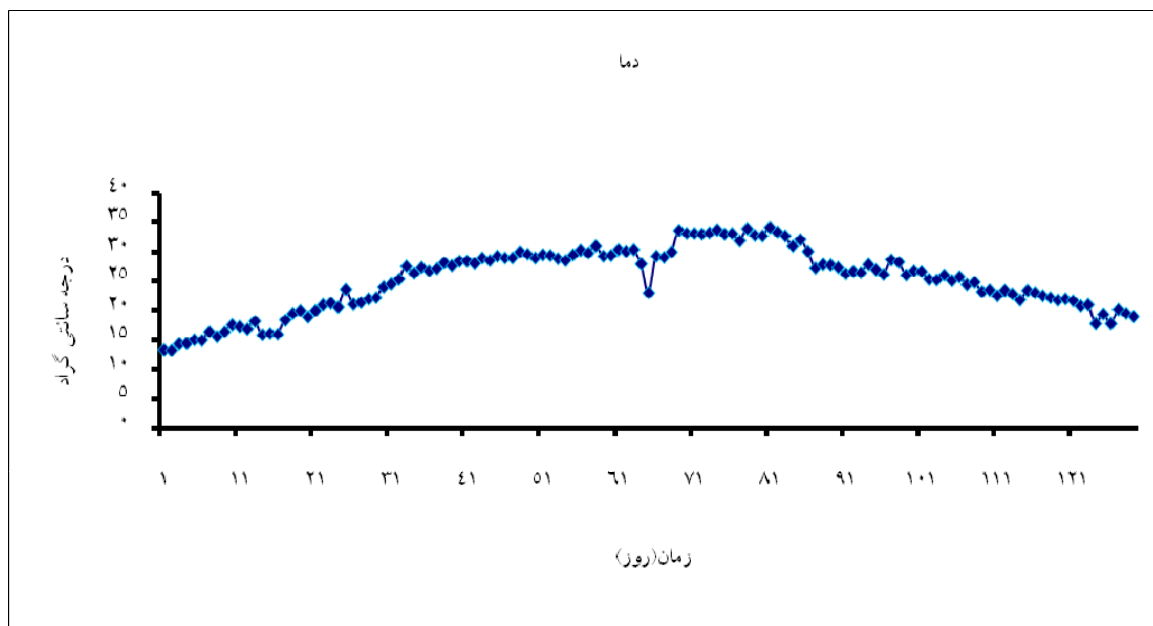
میانگین pH راکتور بیهوازی ۷/۷، حداقل و حداکثر آن نیز ۶/۸۲ و ۸/۲ بود. افت محسوس pH پس از بارگذاری های بالا و افزایش pH نیز به خاطر تاخیر در انجام بارگذاری و تغذیه



نمودار ۴- تغییرات pH راکتور بیهوازی

کرد. روند تغییرات دمای راکتور بیهوازی در نمودار ۵ آمده است.

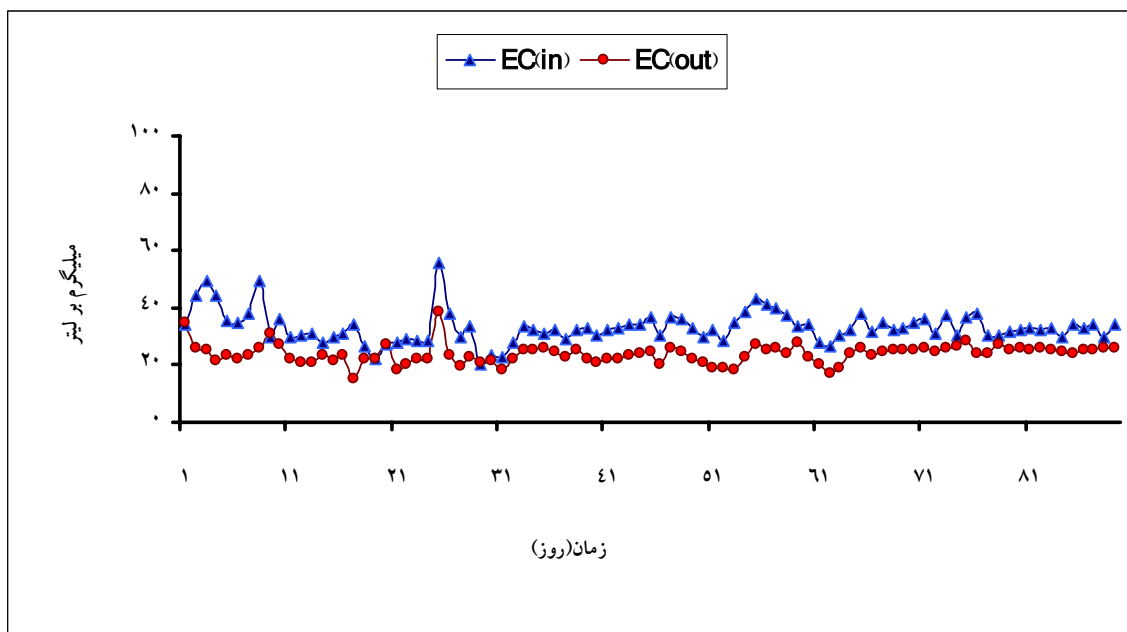
میانگین دمای راکتور بیهوازی در طول مدت بهره برداری 25°C بود و این در حالی است که راکتور در حداقل و حداکثر به ترتیب دماهای $13/3$ و $34/2$ درجه سانتی گراد را تجربه



نمودار ۵- تغییرات دما در راکتور بیهوازی

EC خروجی نیز در این مدت به ترتیب ۳۵ و ۱۵ بود. نمودار ۶ روند تغییرات EC شیرابه ورودی و خروجی در راکتور بیهوازی را نشان می دهد.

در طول مدت بهره برداری میانگین غلظت EC ورودی به راکتور بیهوازی برابر $32/5 \text{ ms/cm}$ بود. حداکثر و حداقل EC در طول مدت بهره برداری به ترتیب ۴۹ و ۲۲ بود. میانگین EC خروجی از راکتور $23/5$ بوده، حداکثر و حداقل



نمودار ۶ - تغییرات EC ورودی و خروجی در راکتور بیهوازی

حداکثر بارگذاری این راکتورها $KgCOD/m^3.d$ ۱۱/۱ بود که در بارگذاری های بالاتر pH راکتور افت نموده و بازده به شدت کاهش می یافت.

راه اندازی راکتورهای بستر ثابت با غلظت های پایین $MLSS$ نیز امکان پذیر است. به طوری که در این تحقیق غلظت $MLSS$ راکتور در ابتدا در حد $400 mg/l$ بود و رفته رفته غلظت $MLSS$ راکتور افزایش یافت. البته در برهه ای از زمان اقدام به تلقیح راکتور با لجن کشتارگاه شد.

پس از انجام هر بارگذاری به دلیل تولید اسیدهای چرب فرار (VFA) اندکی افت در pH راکتور مشاهده شد و این تغییرات به طوری بود که می شد حداکثر ظرفیت بارگذاری در راکتور را از روی آن مشخص کرد.

بدین شکل می توان اقدام به بارگذاری در راکتور بیهوازی نمود، البته به شرط آن که pH از محدوده مجاز افت نکند و در صورت بروز افت شدید می توان انجام بارگذاری جدید را به تاخیر انداخت تا اسیدهای چرب تولید شده توسط متانوژن ها مصرف شود.

با توجه به حساسیت توده میکروبی سیستم های بیهوازی و کاهش شدید بازده حذف COD در هنگام افت دما،

از اهداف این تحقیق بررسی عملکرد و کارایی مدیاهای به کار رفته در مخزن بیهوازی جهت افزایش سطح تماس میکروارگانیسم ها با مواد مغذی در راکتورها بود. سطح موثر این مدیا ها $A = 87 \frac{m^2}{m^3}$ بود. جنس آن ها از بلوک های سفالی ساختمانی و از نظر ارتفاعی در حدود $\frac{1}{3}$ ارتفاع راکتور بیهوازی یعنی $1/27$ متر را پر می کرد. مشاهده مدیاها رشد قابل توجهی از لایه میکروبی را در سطوح خارجی و درونی آن نشان داد و نیز این مدیاها از خروج میکروارگانیسم های شناور جلوگیری کرده به طوری که در خروجی این راکتورها لجن مشاهده نشد.

بحث و تفسیر نتایج

حداکثر بازده حذف COD در بار آلی ورودی $4/6 KgCOD/m^3.d$ و زمان ماند هیدرولیکی ۱۱ ساعت $97/7\%$ به دست آمد و این در حالی است که بازده راکتور های $Fixed Bed$ جریان بالارو در تصفیه شیرابه محل دفن شهر استانبول نیز بین $80-90\%$ بوده است.

منابع

- استفاده از این سیستم در تصفیه شیرابه در مناطق سردسیر پیشنهاد نمی گردد، مگر این که تدابیر لازم جهت گرم کردن سیستم در نظر گرفته شود که استفاده از بیوگاز تولیدی جهت گرم کردن سیستم می تواند کاربرد آن را توجیه نماید. در این تحقیق حد بحرانی دمای $19^{\circ}C$ تشخیص داده شد که با پایین تر رفتن از این حد بازده راکتور به شدت کاهش یافت.
- متوسط بازده حذف EC در راکتور $28/15\%$ بود. نکته قابل تامل این جا است که راکتور EC های بالایی را (ms/cm) (۴۹) تجربه کرد و علی رغم این بدون هیچ گونه مشکلی به فعالیت خود ادامه داد.
- انجام عمل سیرکولاسیون در راکتور بیهوازی می تواند در کوتاه کردن زمان راه اندازی موثر باشد. با این عمل محتویات تانک دائماً در حال اختلاط بوده و به خصوص به تشکیل لایه بیولوژیکی بر روی مدیاهای بستر کمک می کند. این در حالی است که *Miyahara* و همکاران در مطالعات خود نشان دادند هر چه زمان ماند طولانی تر شود ($HRT=48$) میزان باکتری های اسید ساز نسبت به باکتری های چسبیده به سطوح آکنه ها بیشتر می شود. همچنین آن ها دریافتند که تجمع باکتری های چسبیده با کاهش HRT راکتور افزایش می یابد.
- جهت تامین قلیائیت سیستم از $Ca(OH)_2$ استفاده شد. البته به شرطی که غلظت Ca^{2+} در سیستم به حد نهایی خود (حدود $4000\ mg/l$) که به عنوان یک ماده سمی تلقی می شود، نرسد (۷).
- راکتورهای بیهوازی با بستر ثابت توانایی تصفیه فاضلاب هایی (در این تحقیق شیرابه) با COD در حد $14000\ mg/l$ را دارند بنابراین می توان در مقیاس صنعتی جهت تصفیه و پالایش فاضلاب های بسیار غلیظ از این بیوراکتور ها استفاده نمود. *Thrimurthi* و همکاران نیز در سال ۱۹۹۸ راجع به استفاده از فیلتر بیهوازی در تصفیه شیرابه تحقیقاتی انجام دادند و تاکید بر تصفیه پذیر بودن شیرابه کردند.
۱. احمدی ارس، آرزو، ۱۳۸۲، "تصفیه پساب های صنعتی حاوی فنل با استفاده از راکتور های بیهوازی با بستر ثابت و بهره گیری از جریان های روبه بالا و رو به پایین"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.
 ۲. فرهادیان، مهرداد، ۱۳۷۶، "طراحی، ساخت، راه اندازی و تعیین پارامتر های مؤثر بر فیلتر های بیهوازی بالارو"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف، تهران.
 3. Thiramurthi et.al, 1998, "phosphate requirement for anaerobic fixed film treatment of landfill leachate", Canadian journal of civil engineering, vol.15, no.3, p:334-337.
 4. Okubo et.al, 1991, "Development of a new domestic wastewater treatment system using an up flow filter raw wastewater", LAWPRC Conf. Kyoto, Japan.
 5. Kennedy et. al 1991, 'Anaerobic WasteWater Treatment in Down-Flow Stationary Fixed-Film Reactors'. Water Science & Technology, Vol.24, No.8, PP: 157-177.
 ۶. خالدی، حسین جمعه، ۱۳۸۰، "کاربرد فیلتر های بیهوازی با لارو در تصفیه بیهوازی فاضلاب صنایع تولید فیبر"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
 ۷. اویسی، داود، ۱۳۸۳، "مطالعه و طراحی بهینه راکتور بیولوژیکی بیهوازی جهت تصفیه شیرابه جوان مراکز دفن زباله شهری" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.