علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره نوزدهم، شماره سه، پاییز ۹۶

ساخت و ارزیابی راکتور بافل‌دار بی‌هوازی جهت تصفیه شیرابه زباله شهرستان ساری

امین آروین[۱]
مجید پیروی[۲*]
majidpeyravi@nit.ac.ir
محسن جهانشاهی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۲۹ **تاریخ پذیرش:۹۴/۶/۱۴**

چکیده

زمینه و هدف: شیرابه محل دفن زباله به علت تولید شیرابه، به عنوان یکی از منابع بالقوه آلودگی زمین و آب‌های سطحی شناخته شده‌است. علاوه بر این شیرابه محل دفن زباله ممکن است از طریق خاک باعث آلودگی جریان‌ها، نهرها و چاه‌ها شود. از این رو هدف از این مطالعه ارزیابی عملکرد راکتور آزمایشگاهی ABR در غلظت‌های مختلف COD و زمان ماند هیدرولیکی برای حذف COD می‌باشد.

روش‌بررسی: در این پژوهش یک راکتور بافل‌دار بی‌هوازی برای تصفیه بیولوژیکی شیرابه زباله استفاده شد. راکتور بافل‌دار بی‌هوازی دارای طول ۶۰ سانتی‌متر، عرض ۱۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر از جنس پلکسی گلاس با حجم موثر ۶ لیتر بود. راکتور بافل‌دار بی‌هوازی با لجن بی‌هوازی فاضلاب شهری از هاضم بی‌هوازی در واحد تصفیه فاضلاب در قائم‌شهر تلقیح شد. شیرابه محل دفن زباله مورد استفاده در این پژوهش از محل دفن زباله شهری کیاسر ساری جمع‌آوری گردید. آزمایش‌های مورد استفاده در این آزمایش شامل اکسیژن مورد نیاز شیمیایی(COD)، PH، مواد جامد معلق(SS) و قلیاییت بود.

یافته‌ها: راکتور بافل‌دار بی‌هوازی دارای کارایی مناسبی برای حذف COD شیرابه محل دفن زباله است. هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد که این راکتور توانایی قابل قبولی در کنترل PH و جداسازی میکروارگانیسم‌های اسید ساز از سایر میکروارگانیسم‌ها دارد. از طرفی نتایج نشان می‌دهد که در این راکتور، قلیاییت به عنوان یک بافر در سطح مناسبی حفظ می‌شود و برای کنترل آن نیاز به اضافه کردن ماده شیمیایی نمی‌باشد، ضمن این‌که در این راکتور مواد جامد معلق نیز به میزان قابل ملاحظه‌ای حذف می‌شوند.

بحث و نتیجه گیری: نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که بیشترین راندمان حذف COD (۸۶٪) در زمان ماند هیدرولیکی ۲ روز بدست آمد جاییکه غلظت COD از ۲۷۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به ۳۸۰ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافت. علاوه بر این، عملکرد سیستم در زمان ماند کمتر کاهش می‌یابد. در غلظت ۲۷۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در زمان ماند هیدرولیکی ۱۲ ساعت غلظت COD ۷۰ ٪ کاهش یافت.

واژه های کلیدی: تصفیه بیولوژیکی، راکتور بافل‌دار بی‌هوازی، شیرابه محل دفن زباله ساری، زمان ماند هیدرولیکی، اکسیژن موردنیاز شیمیایی

۱- دکتری بیوتکنولوژی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
۲- استادیار، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران * (مسوول مکاتبات)
۳- استاد، پژوهشگاه نانوبیوتکنولوژی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

J.Env. Sci. Tech., Vol 19, No.3, Autumn, 2017

Fabrication and Evaluation of anaerobic baffle reactor for leachate treatment of Sari province

Amin Arvin[1]

Majid Peyravi[*2]

majidpeyravi@nit.ac.ir

Mohsen Jahanshahi[3]

Abstract

Background and Objective: Landfill leachate has been identified as a potential source of ground and surface waters contamination due to the generation of leachate. Further, landfill leachate may percolate through soils and cause the large pollution of streams, creeks and water. Hence, the aim of this study is to evaluate the performance of a laboratory-scale ABR in different COD concentrations and hydraulic retention time for COD removal.

Method: In this research, an anaerobic baffle reactor (ABR) was used for biological landfill leachate treatment. The ABR was 10 cm wide, 60 cm long, and 10 cm depth and was constructed from Perspex with an effective volume of 6 L. The ABR was seeded with anaerobically digested sewage sludge taken from an anaerobic digester of a wastewater treatment plant in Qaemshahr city. Landfill leachate used in this study was collected from a landfill leachate waste municipal site located in Kiasar, Sari. The experiments used in this study were chemical oxygen demand (COD), pH, suspended solids (SS) and alkalinity.

Findings: The anaerobic baffle reactor (ABR) has been have an appropriate performance for COD removal of landfill leachate. Also, the results showed that this reactor presented an acceptable capability of pH control and acidogenic microorganism separation from others. On the other hands, the results demonstrated that an alkalinity remained at the desirable level in the reactor and it is not necessary to add chemical materials to control it. Moreover, the suspended solids were significantly removed in this reactor.

Discussion and Conclusion: The obtained results indicated that the highest COD removal (86%) was achieved at the HRT of 2 days where the COD concentration of 2700 mg/L was reduced to 380 mg/L. Furthermore, the system performance at lower hydraulic retention time was decreased. At the COD concentration of 2700 mg/L, 70% decrement of the reactor efficiency was observed by decreasing hydraulic retention time to 12 hr.

Key words: Biological treatment, Anaerobic baffle reactor, Sari landfill leachate, Hydraulic retention time, Chemical oxygen demand.

1- PhD of Biotechnology, Department of Chemical engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran

2- Assistand Professor, Faculty of Chemical Engineering, Babol University of Technology , Babol, Iran *(Corresponding Author)

3- Full professor, Nanobiotech. Research Lab., Faculty of Chemical Engineering, Babol University of Technology, Babol, Iran

مقدمه

در طول چند دهه گذشته، رشد نمایی جمعیت، تغییرات عادات زندگی مردم، رشد صنایع و شهرنشینی باعث افزایش روز افزون مواد جامد شده است. به طوری که میزان مواد زائد جامد شهری در سراسر جهان از ۱/۳ میلیارد تن در روز در سال ۱۹۹۴ به ۱/۷ میلیارد تن در روز در سال ۲۰۰۸ رسید (۱و۲). از جمله چالش‌های پیش رو در روش دفن‌کردن زباله، تولید شیرابه در زباله محل دفن به علت نفوذ آب باران، واکنش‌های بیوشیمیایی، شیمیایی و فیزیکی و رطوبت ذاتی زباله است(۳). شیرابه زباله با آلوده‌کردن آب‌های سطحی و زیرزمینی و خاک از جمله آلاینده‌های محیط زیست به شمار می‌آیند(۴). شیرابه زباله کمپلکسی غنی از فلزات سنگین، مواد معدنی، مواد آلی، آمونیاک و مواد سمی است. خصوصیات شیرابه محل دفن زباله به سن، تراکم و ترکیب زباله و آب و هوا محل دفن بستگی دارد (۵). شیرابه محل دفن زباله بر اساس سن زباله به سه دسته تقسیم شده اند که ویژگی هر کدام از این آن ها در جدول ۱ آمده است(۶).

جدول ۱- ویژگی وترکیب شیرابه محل دفن زباله براساس سن(۶)

Table 1. Characteristics and composition of landfill leachate based on the leachate age (6)

ویژگی	جوان	میانسال	پیر
سن(سال)	۵ >	۵ تا ۱۰	۱۰ <
pH	۶/۵>	۶/۵ تا ۷	۷/۵ <
COD(mg/L)	>۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰-۴۰۰۰	<۴۰۰۰
BOD/COD	۱- ۰/۵	۰/۵- ۰/۱	<۰/۱
آمونیاک(mg/L)	<۴۰۰	نداریم	>۴۰۰
فلزات سنگین (mg/L)	کم -متوسط	کم	کم
قابلیت تجزیه بیولوژیکی	بالا	متوسط	کم

تنوع در کمیت و کیفیت شیرابه محل دفن زباله منجر به پیچیدگی تصفیه شیرابه شده است(۷). از جمله روش‌های تصفیه شیرابه محل دفن زباله، می‌توان به روش‌های تصفیه بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی اشاره کرد(۸). از جمله روش‌های فیزیکی مورد استفاده می‌توان به شناورسازی، تراکم و تعلیق، هوادهی، اکسیداسیون شیمیایی و به کارگیری فرایندهای غشایی اشاره کرد(۹). روش‌های تصفیه فیزیکی و شیمیایی بیشتر به عنوان کمک تصفیه و در ترکیب با سایر روش‌ها برای حذف کدورت و مواد معلق و رنگ‌ها به کار گرفته می‌شود. (۱۰). از جمله مزیت‌های روش تصفیه بیولوژیکی هوازی، می‌توان به حساسیت دمایی کم، نیاز به قلیاییت پایین و کارایی حذف بالا اشاره کرد. از جمله مشکلات تصفیه هوازی می‌توان به هزینه بالای عملیاتی و بهره وری، نیاز به مواد مغذی زیاد، نیاز به انرژی زیاد، بوی نامطبوع و میزان لجن تولیدی زیاد اشاره کرد. روش تصفیه بیولوژیکی بی‌هوازی به علت هزینه عملیاتی کمتر، تولید بیوگاز، تولید لجن کمتر و توانایی بیشتر در حذف پاتوژن‌ها در دهه‌های گذشته، بیشتر مورد توجه قرار گرفته است(۱۱و۱۲).

بهره‌گیری صحیح از فناوری بی‌هوازی در تصفیه، در نتیجه به کارگیری راکتورهای قوی بی‌هوازی بیولوژیکی حاصل می‌شود. یکی از راکتورهای نسبتا جدید در فرایند تصفیه بی‌هوازی، راکتورهای بافل‌دار[1] (ABR) است. این راکتور توسط مک‌کارتی و همکارانش در دانشگاه استنفورد به طور گسترده برای تصفیه

1- Anaerobic Baffle Reactor (ABR)

فاضلاب مورد استفاده قرار گرفت(۱۳). راکتور ABR از چند محفظه به هم چسبیده شده تشکیل شده است و هر اتاقک شامل دو بخش جریان رو به پایین و بالا است. رفتار مجموعه این راکتور را می‌توان با راکتور پلاگ مقایسه کرد. (۱۴و۱۵). این راکتور در مقایسه با سایر راکتورها دارای فضای مرده کمتر و زمان ماند سلولی بالا می‌باشد که شوک بار آلی را به خوبی تحمل می‌کند(۱۱) . مزایای این راکتور در جدول (۲) ارایه شده است (۱۶).

جدول ۲ - مزایای راکتور بافل دار بی هوازی (۱۶)

Table 2. The advantages of anaerobic baffle reactor (16)

عملکرد	توده زیستی	ساخت راکتور
زمان ماند هیدرولیکی پایین	لجن تولیدی پایین	طراحی ساده
پایدار نسبت به شوک هیدرولیکی	زمان ماند بالای مواد جامد	اجزا ثابت
ثبات در برابر بار آلی زیاد	عدم نیاز به نگهدارنده	بدون اختلاط مکانیکی
هزینه عملیاتی کم	عدم نیاز به جداسازی جامد وگاز	هزینه پایین ساخت

در ادامه برخی از پژوهش‌های انجام گرفته در مورد تصفیه بی‌هوازی شیرابه محل دفن زباله آورده شده است:

Bouallagui و همکاران از راکتور بی هوازی بستر ثابت به منظور تصفیه شیرابه در محل دفن و کاهش سولفات آن استفاده کردند. در این مطالعه راندمان حذف COD و کاهش غلظت سولفات به ترتیب برابر ۸۷٪ و ۹۱٪ بود (۱۷).

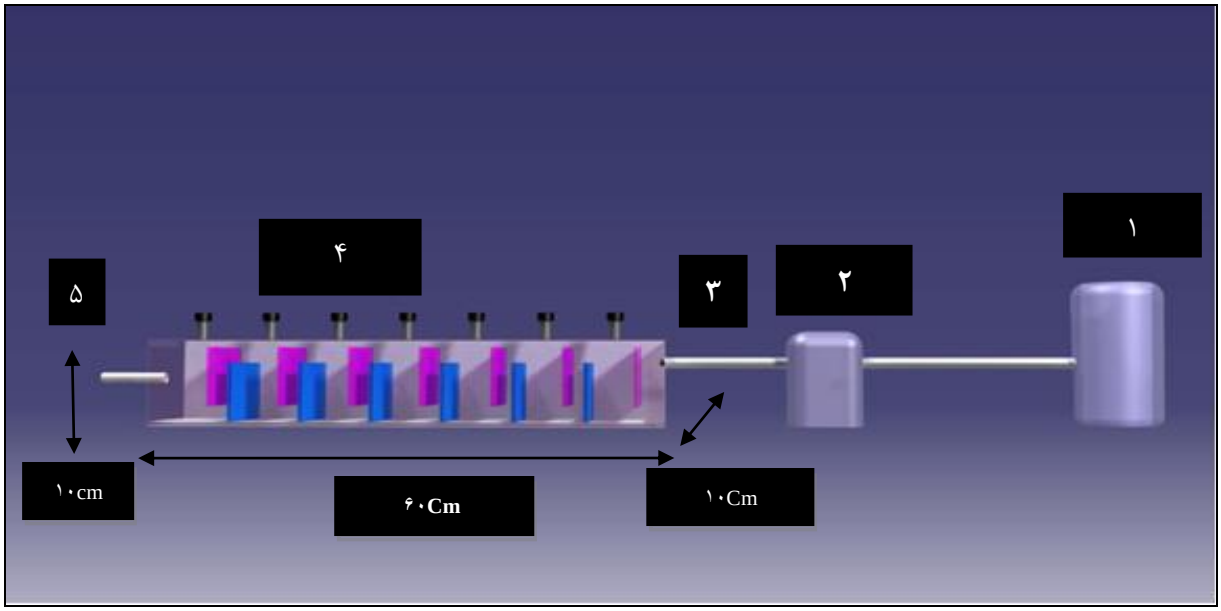
هم‌چنین TIMUR و همکاران در مقیاس آزمایشگاهی از راکتور بی هوازی SBR برای تصفیه شیرابه زباله استفاده کردند. نتایج حاصل از آزمایش حاکی از حذف ۸۴٪ از COD بود(۱۸). Bohdziewicz و همکاران از راکتور غشایی بی هوازی به منظور بهینه‌سازی پارامترهای فرایندی تصفیه شیرایه زباله بهره بردند. دراین پژوهش مقدارHRT بین ۱تا ۷ روز، میزان بارگذاری آلی بین۰/۷ تا ۴/۹ kg COD/mf و بهترین راندمان حذف COD برابر ۹۰ ٪ در HRT برابر ۲ روز و میزان بارگذاری ۲/۵ kg COD/mf بود(۱۹). Kennedy و همکاران از راکتور بی‌هوازی UASB برای تصفیه شیرابه استفاده کردند. در این کار میزان حذف COD در HRT های برابر با ۱۲و۱۸و۲۴ ساعت در غلظت‌های مختلف خوراک بین ۷۱٪ تا ۹۴٪ بود (۲۰). هم‌چنین کریمی و همکاران با استفاده از هاضم بی‌هوازی دو مرحله‌ای در مدت زمان ماند هیدرولیکی ۱۵ روز و در دمای ۳۱ درجه سانتی‌گراد در بارگذاری آلی ۲/۲ g/L.day به راندمان حذف COD بیش از ۹۳ ٪ دست یافتند(۲۱). اویسی و همکاران با استفاده از راکتور UASB در شرایط پیوسته در بارگذاری آلی برابر با ۲۲/۶ kg COD/mf.day و در زمان ماند هیدرولیکی ۶۰ ساعت به میزان حذف COD برابر با ۶۳/۵٪ دست یافتند (۲۲).

بررسی ها نشان می‌دهد که تاکنون از راکتور بی‌هوازی بافل‌دار برای تصفیه شیرابه محل دفن زباله تثبیت شده استفاده نشده است. در این تحقیق راکتور بافل‌دار بی‌هوازی برای تصفیه بیولوژیکی شیرابه محل دفن زباله ساخته شده و پارامترهای طراحی نظیر زمان ماند هیدرولیکی بر روی عملکرد راکتور بررسی می‌گردد.

مواد و روش‌ها

۱- راکتور *ABR*

راکتور ABR از جنس پلکسی گلاس (ضخامت دیواره خارجی و صفحات داخلی ۵ میلی متر) به طول و عرض و ارتفاع ۶۰،۱۰،۱۰ سانتی‌متر ساخته شد(شکل (۱)). راکتور شامل هفت محفظه به حجم ۶ لیتر بود که هر محفظه یک بخش بالا رو و یک بخش پایین رو به نسبت عرضی ۲:۱ داشت. در بخش فوقانی راکتور ۷ شیر به منظور نمونه برداری تعبیه شده بود.



شکل ۱- نمایی از راکتور بافل‌دار بی‌هوازی ساخته شده جهت تصفیه شیرابه زباله کیاسر ساری

۱. مخزن۵لیتری ۲. پمپ پریستالتیک ۳. ورودی راکتور ۴. شیر نمونه‌گیری ۵. خروجی راکتور

Figure 1. A schematic of the fabricated anaerobic baffle reactor for Kiasar, Sari landfill leachate treatment. (1) 5 L feed tank, (2) peristaltic pump, (3) influent, (4) sampling ports, and (5) effluent

لجن بی‌هوازی مورد نیاز از تصفیه‌خانه فاضلاب شهری شهرک یثرب قائم‌شهر تهیه شد. میزان COD طبق روش شرح داده شده در کتاب آنالیز آب و فاضلاب با استفاده از اسپکتروفوتومتر UV/Vis (مدل۶۳۰۵، کشور انگلستان) اندازه‌گیری گردید (۲۳). قلیاییت نیز از طریق تیتراسیون با اسید سولفوریک ۱ نرمال تا رسیدن به نقطه پایانی اندازه‌گیری شد. PH نمونه با دستگاه PH متر (مدل 744، کشور سوییس) اندازه‌گیری شد. برای کار در دمای مزوفیلیک، دمای راکتور از طریق قرار دادن راکتور در حمام آب و تنظیم دمای آن با سه المنت حرارتی (مدلMH-71R، کشور ایران) در دمای ۳۵ درجه تنظیم گردید. شیرابه زباله از محل دفن زباله در کیاسر ساری تهیه شد. شیرابه از مخزن ۵ لیتری توسط یک عدد پمپ پریستالتیک (مدل BT100-2J، کشور چین) با حداکثر دبی ۵ میلی‌لیتر بر دقیقه به داخل راکتور پمپ می‌شد. ویژگی‌های شیرابه محل دفن زباله در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی شیرابه محل دفن زباله

Table 3. Physicochemical properties of landfill leachate

ردیف	پارامتر	مقدار
۱	COD	۲۶۰۰-۲۷۰۰ (mg/L)
۲	BOD	۹۱۰ (mg/L)
۳	pH	۸-۸/۳
۴	TKN	۳۳۰۰ (mg/L)
۵	NO″-N	۶۴۰ (mg/L)
۶	NH″-N	۴۵۰ (mg/L)

۷	NH″-N	۱۴۵۰ (mg/L)
۸	TP	۲۳۰۰ (mg/L)
۹	TDS	۷/۸ (ppm)
۱۰	SS	۲۵۰۰ -۲۷۰۰(mg/L)
۱۱	هدایت‌پذیری	۱۵/۵ (ms/m)
۱۲	قلیائیت	۷۲۰۰- ۷۵۰۰(mg CaCO″/L)

۲- آزمایش

نخست برای خوگرفتن باکتری ها و جلوگیری از مرگ آن ها در اثر شوک هیدرولیکی و تغییرات بار آلی، راکتور به مدت ۲۴ روز با زمان ماند هیدرولیکی برابر با ۲روز و شیرابه ورودی با غلظت ۸۴۰ میلی‌گرم در لیتر COD به طور ناپیوسته شروع به کار کرد. پس از رسیدن به شرایط پایدار و خوگرفتن باکتری‌ها مرحله پیوسته شروع شد. در این مرحله از خوراک با بار آلی متفاوت در زمان‌های ماند مختلف استفاده شد و میزان COD، قلیاییت و PH در ورودی و خروجی و محفظه‌های راکتور اندازه گیری گردید.

نتایج وبحث

۱- راندمان حذف *COD* با کاهش زمان ماند هیدرولیکی

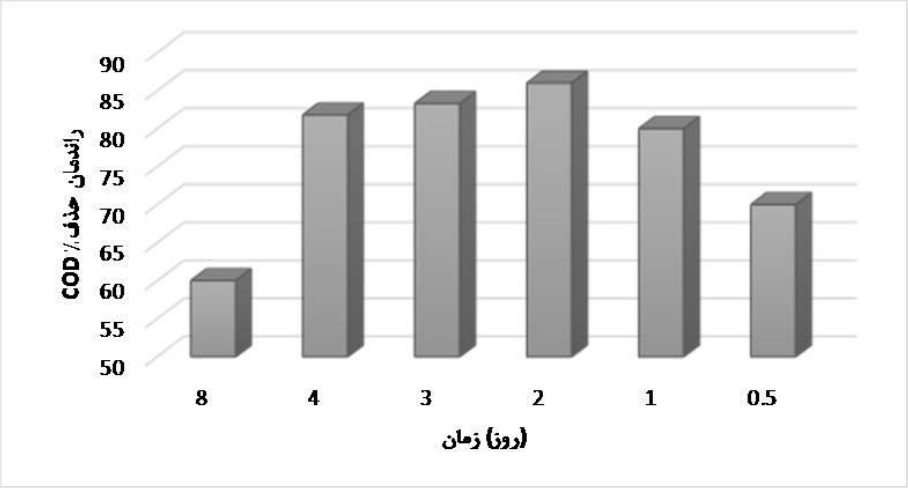
پس از رسیدن راکتور به شرایط پایدار، دوره راه‌اندازی به پایان رسید. راکتور به صورت پیوسته شروع به فعالیت کرد. در این دوره از شیرابه زباله در زمان‌های ماند هیدرولیکی مختلف، به‌منظور ارزیابی عملکرد راکتور استفاده شد. برای جلوگیری از شوک وارده ناشی از افزایش آلودگی شیرابه زباله و خوگرفتن باکتری‌ها، ابتدا از زمان‌های ماند طولانی‌تر استفاده شد. در آغاز، شیرابه زباله با غلظت ۲۷۰۰ میلی گرم در لیتر COD در زمان ماند ۸ روز وارد راکتور شد که میزان غلظت پساب در خروجی راکتور برابر با ۱۰۸۰ میلی گرم در لیتر COD بود که راندمان حذفی برابر با ۶۰ درصد داشت. در ادامه با کاهش زمان ماند هیدرولیکی و متناسب با آن افزایش بارگذاری آلی راندمان حذف COD افزایش یافت، به طوری که بالاترین میزان حذف COD برای شیرابه زباله، در زمان ماند ۲ روز به‌دست آمد که در آن غلظت شیربه زباله از ۲۷۰۰ میلی گرم بر لیتر COD به۳۸۰ میلی گرم بر لیتر COD رسید که راندمانی برابر با ۸۶ درصد داشت. راندمان حذف COD برای زمان‌های ماند هیدرولیکی مختلف در جدول (۴) و شکل (۲) آمده است.

جدول۴ - مقدار *COD* در ورودی وخروجی راکتور *ABR*

Table 4. Influent and effluent COD of ABR reactor

زمان ماند هیدرولیکی (روز)	میانگین غلظت *COD* ورودی (*mg/L*)	میانگین غلظت *COD* خروجی (*mg/L*)
۸	۲۷۰۰	۱۰۸۰
۴	۲۷۰۰	۴۹۰
۳	۲۷۰۰	۴۵۰
۲	۲۷۰۰	۳۸۰
۱	۲۷۰۰	۵۴۰
۰/۵	۲۷۰۰	۸۱۰

نتایج به‌دست آمده حاکی از آن بود که در هر مرحله با کاهش زمان ماند هیدرولیکی از ۹۶ به ۴۸ ساعت، میزان بازده حذف COD افزایش یافت. دلیل این امر، وجود مقادیر بیشتر و مناسب سوبسترا برای رشد و تولید مثل میکروارگانیسم‌ها بود(۲۴). با کاهش زمان ماند از ۴۸ ساعت به ۲۴ و از ۲۴ به ۱۲ ساعت، بازده حذف COD کاهش یافت. دلیل این امر شوک ناشی از افزایش بارگذاری آلی و کاهش انتقال جرم در زمان‌های ماند کوتاه‌تر به دلیل تماس کمتر بین سوبسترا و میکروارگانیسم‌ها بود (۲۵ و ۲۶). از سوی دیگر با افزایش غلظت COD شیرابه محل دفن زباله در چهار مرحله، بازده حذف COD به علت افزایش سرعت واکنش ناشی از افزایش انتقال جرم، افزایش یافت(۲۴).



شکل ۲ - میزان حذف *COD* در زمان ماند هیدرولیکی مختلف

Figure 2. COD removal versus different hydraulic retention time

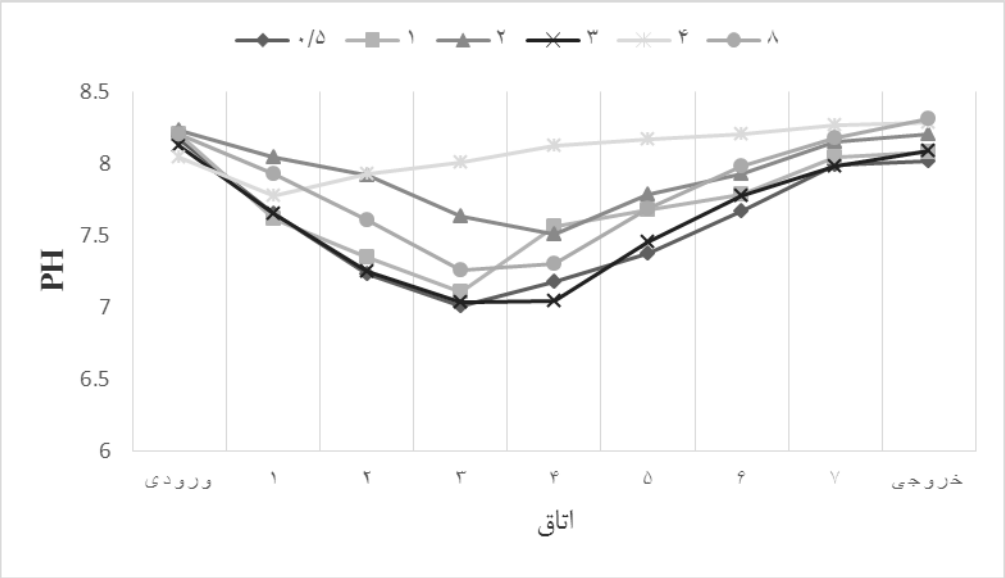
۲-تغییرات *PH*

میزان PH ورودی به راکتور بین ۸ تا ۸/۳ بود که این میزان در خروجی راکتور بین ۸ تا ۸/۴ تغییر پیداکرد. در محفظه اول با فعالیت باکتری های هیدرولیز کننده و تجزیه مولکول های بزرگ به کوچک، PH به میزان کمی کاهش یافت. در محفظه دوم و سوم به علت فعالیت باکتری های اسید ساز و تولید اسیدهای چرب فرار از مولکول های ساده، میزان PH کاهش پیدا کرد و در ادامه در اتاق های آخر با مصرف اسید های چرب فرار به علت فعالیت باکتری های متان ساز میزان PH افزایش پیدا کرد. تغییرات PH در طول راکتور ABR در بارگذاری های مختلف در جدول (۵) و شکل (۳) ارایه شده است.

جدول۵- تغییرات PH در طول راکتور *ABR* در بارگذاری های مختلف

Table 5. pH changes versus the length of ABR reactor in different loadings

زمان ماند هیدرولیکی(day)	ورودی	محفظه ۱	محفظه ۲	محفظه ۳	محفظه ۴	محفظه ۵	محفظه ۶	محفظه ۷	خروجی
۸	۸/۲۱	۷/۹۳	۷/۶۱	۷/۲۶	۷/۳۱	۷/۶۹	۷/۹۸	۸/۱۸	۸/۳۱
۴	۸/۰۵	۷/۷۸	۷/۹۳	۸/۰۱	۸/۱۳	۸/۱۷	۸/۲۱	۸/۲۷	۸/۲۹
۳	۸/۱۳	۷/۶۵	۷/۲۵	۷/۰۴	۷/۰۵	۷/۴۶	۷/۷۸	۷/۹۸	۸/۰۹
۲	۸/۲۳	۸/۰۵	۷/۹۲	۷/۶۴	۷/۵۱	۷/۷۹	۷/۹۳	۸/۱۵	۸/۲۱
۱	۸/۲۱	۷/۶۲	۷/۳۵	۷/۱۱	۷/۵۶	۷/۶۸	۷/۷۹	۸/۰۵	۸/۰۸
۰/۵	۸/۱۷	۷/۶۵	۷/۲۳	۷/۰۱	۷/۱۸	۷/۳۸	۷/۶۷	۷/۹۹	۸/۰۲



شکل۳- تغییرات *PH* در طول راکتور *ABR*

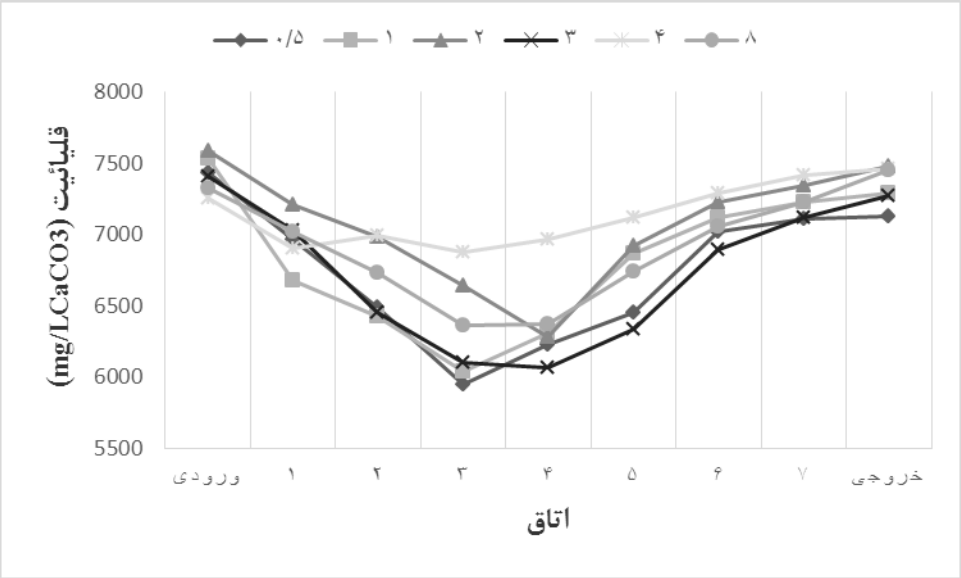
Figure 3. pH changes with the length of ABR reactor

۳- قلیاییت

از جمله پارامترهای عملیاتی مهم در فرآیندهای بی‌هوازی قلیاییت است. به منظور کنترل PH باید مقادیر کافی قلیائیت وجود داشته باشد(۲۷). در واقع قلیاییت مانند بافر عمل کرده و مانع تغییرات سریع PH در طول عملکرد سیستم می‌شود. مقادیر بالای قلیاییت باعث بهبود فرایند تثبیت در هاضم می‌شود. کاهش بیش از حد قلیاییت و در پساب خروجی هاضم‌های بی‌هوازی نشانگر بروز مشکل و عملکرد نامناسب این سیستم‌ها است(۲۸).

مقدار قلیاییت شیرابه ورودی به سیستم بین ۷۲۰۰ تا ۷۵۰۰ میلی گرم بر لیتر کربنات بود. در طول مطالعه مطابق شکل (۴) مشاهده شد که با کاهش زمان ماند هیدرولیکی به زمان های کمتر، میزان قلیاییت در خروجی راکتور کاهش پیدا کرد که این کاهش با کاهش میزان بازده حذف COD در ارتباط است. در زمان ماند هیدرولیکی ۸ روز، میزان قلیاییت خروجی از سیستم کاهش پیدا کرد. در زمان ماند هیدرولیکی ۴ روز بار قلیاییت کاهش پیدا کرد. در زمان‌های ماند هیدرولیکی به مرور

مقدار قلیاییت افزایش یافت. به نظر می‌رسد علت این افزایش در خروجی راکتور کاهش غلظت اسید چرب فـرار و افـزایش PH و نیـز بـه علت ایجـاد آمـونیـاک و تـرکیب آن با گاز کربن دی اکسید و تشکیل NH_4-HCO_3 و افزایش ظرفیت بافری و قلیاییت می‌باشد.

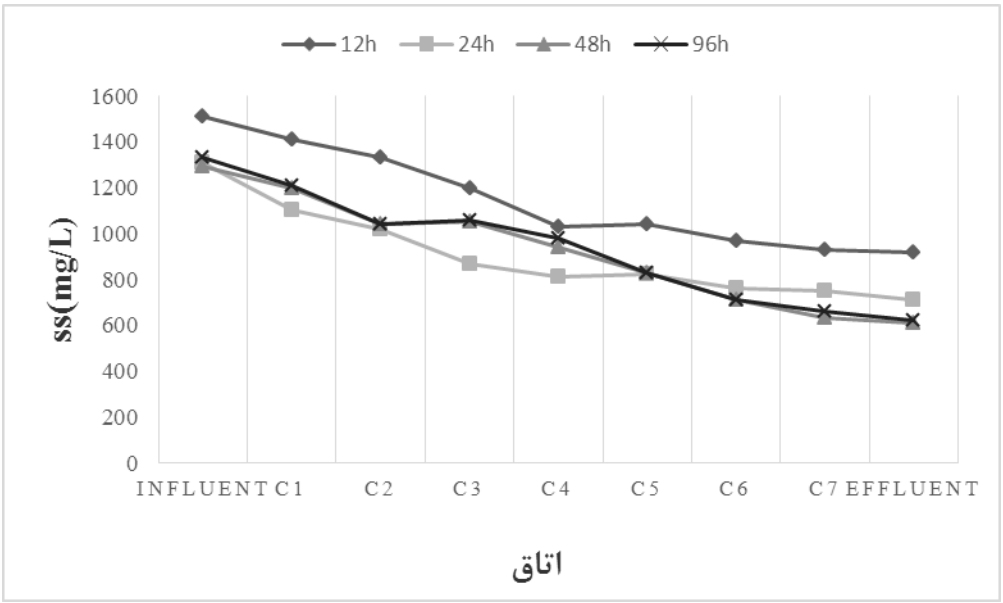


شکل۴- تغییرات *قلیاییت* در طول راکتور *ABR*

Figure 4. Alkalinity changes with the length of ABR reactor

۴- مواد جامد معلق(SS)

اندازه‌گیری کل مواد جامد معلق در آزمایش‌های آب‌های آلوده بی‌نهایت با ارزش است. مواد جامد معلق یکی از پارامترهای به کار رفته در ارزیابی قدرت فاضلاب‌های خانگی و تعیین بازدهی واحدهای تصفیه می‌باشد. نمودار (۵) میزان تغییرات مواد جامد معلق را در طول مدت راهبری در راکتور نشان می‌دهند.



شکل۵- تغییرات مواد جامد معلق در طول راکتور *ABR*

Figure 5. Suspended solid changes with the length of ABR reactor

نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد مقدار مواد جامد معلق در طول راکتور کاهش یافته، به طوری که میزان کاهش مواد معلق جامد در ۵ اتاق اول بیشتر از دو اتاق آخر می‌باشد که دلیل این امر می‌تواند ناشی از فعالیت باکتری‌های هیدرولیز کننده و تبدیل پلیمرهای نامحلول به مونومرهای محلول باشد. هم‌چنین با افزایش زمان ماند هیدرولیکی در هر کدام از مراحل مقدار مواد جامد معلق در خروجی کمتر می‌شود که دلیل آن ناشی از افزایش زمان تماس بین توده زیستی و سوبسترا می‌باشد(۲۹). به منظور مقایسه، تحقیقات مشابه انجام گرفته در مورد تصفیه شیرابه محل دفن زباله با استفاده از راکتورهای مختلف در جدول (۶) ارایه شده است.

جدول۶- مقایسه نتایج به دست آمده با پژوهش‌های گذشته

Table 6. A comparison between the obtained results and previous researches

مرجع	نوع راکتور	زمان ماند هیدرولیکی(ساعت)	میزان COD (گرم بر لیتر)	بیشترین راندمان حذف(درصد)
۱۷	راکتور بی هوازی بستر ثابت	۱۲۰	۴۳	۹۱
۱۸	SBR	۲۴۰-۳۶	۳/۸-۱۵/۹	۸۴
۱۹	راکتور غشایی بی‌هوازی	۴۸	۲/۸-۵	۹۰
۲۰	UASB	۱۲-۲۴	۳/۲۱-۹/۱۹	۹۱
۲۱	هاضم بی‌هوازی دو مرحله‌ای	۳۶۰	۴۸/۵-۶۲/۱	۹۳
۲۲	UASB	۶۰	۲۰	۶۳/۵

با مقایسه نتایج آزمایش با نتایج سایر پژوهش‌ها مشخص می‌شود که راکتور بافل‌دار بی‌هوازی دارای کارایی مناسبی به منظور حذف COD شیرابه محل دفن زباله است. هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد که این راکتور توانایی قابل قبولی در کنترل PH و جداسازی میکروارگانیسم‌های اسید ساز از سایر میکروارگانیسم‌ها دارد. هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد که در این راکتور، قلیاییت به عنوان یک بافر در سطح مناسبی حفظ می‌شود و برای کنترل آن نیاز به اضافه کردن ماده شیمیایی نمی‌باشد. ضمن این‌که در این راکتور مواد جامد معلق نیز به میزان قابل ملاحظه‌ای حذف می‌شوند. هم‌چنین نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که این راکتور قابلیت خوبی در حذف COD در کمتر از ۴ گرم بر لیتر دارد.

نتیجه گیری

۱- راکتور *ABR* عملکرد خوبی در تصفیه بیولوژیکی بی‌هوازی شیرابه محل دفن زباله و حذف *COD* از خود نشان داد. با کاهش زمان ماند هیدرولیکی از ۸ روز به ۴ روز و از ۴ روز به ۳ روز و از ۳ روز به ۲ روز، راندمان حذف *COD* راکتور افزایش یافت. علت این امر، افزایش بار آلی هیدرولیکی و افزایش سطح تماس بین سوبسترا و میکروارگانیسم‌ها بود(۲۴). سپس با کاهش زمان ماند هیدرولیکی به ۱ روز و ۱۲ ساعت، راندمان حذف *COD* کاهش پیدا کرد. علت این امر، ناشی از شوک وارد شده به باکتری‌ها در اثر افزایش بار آلی می‌باشد. با وجود این، در این مطالعه در تمام بارگذاری‌ها، راندمان حذف *COD* بیش از ۵۵ درصد بود.

۲- مقدار PH در خروجی راکتور بین ۸ تا ۸/۴ در بارگذاری های مختلف متغیر بود. به طور کلی در دو محفظه اول به علت فعالیت باکتری های اسید ساز کاهش PH اتفاق افتاد که کمترین میزان آن برابر با ۷/۲۳ بود.

۳- با کاهش زمان ماند هیدرولیکی، میزان قلیاییت در طول راکتور افزایش پیدا کرد. دلیل آن را می‌توان با کاهش مقدار اسید چرب فرار در طول راکتور و نیز شکست مولکول‌های نیتروژن‌دار مانند پروتیین‌ها و آمینواسیدها و در نتیجه تولید آمونیاک توجیه کرد. با ترکیب آمونیاک و در اکسیدکربن مقدار قلیاییت افزایش یافت و خاصیت بافری در برابر کاهش PH به وجود آمد.

۴- در غلظت ثابت شیرابه محل دفن زباله، با افزایش تعداد اتاق راکتور میزان مواد جامد معلق کاهش یافت. هم‌چنین با افزایش زمان ماند هیدرولیکی در هر کدام از مراحل مقدار مواد جامد معلق در خروجی کمتر بود که دلیل آن ناشی از افزایش زمان تماس بین توده زیستی و سوبسترا می‌باشد.

قدردانی

به این وسیله از اداره آب و فاضلاب شهر قائم‌شهر و متصدی تصفیه خانه شهرک یثرب قائم‌شهر به خاطر همکاری بی‌شائبه ایشان کمال تشکر و سپاسگزاری به عمل می آید.

منابع

1. K.Y. Foo, B.H. Hameed, An overview of landfill leachate treatment via activated carbon adsorption process, Journal of Hazardous Materials (2009)54–60
2. S. Renou, J.G. Givaudan, S. Poulain, F. Dirassouyan, P. Moulin, Landfill leachate treatment: review and opportunity, J. Hazard. Mater. 150 (2008) 468–493
3. Qasim, S.R., Walter, C., Sanitary Landfill Leachate. Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, Pennsylvania. 1994
4. O. Aktas¸, F. Cecen, Addition of activated carbon to batch activated sludge reactors in the treatment of landfill leachate and domestic wastewater, J. Chem Technol. Biotechnol. 76 (2001) 793–802.
5. S. Baig, I. Coulomb, P. Courant, P. Liechti, Treatment of landfill leachates: Lapeyrouse and Satrod case studies, Ozone Sci. Eng. 21 (1999) 1–22
6. K.Y. Foo, B.H. Hameed, An overview of landfill leachate treatment via activated carbon adsorption process, J. Hazard. Mater. 171 (2009) 54–60.
7. T.V.Nooten, L. Diels, L. Bastiaens, Design of amultifunctional permeable reactive barrier for the treatment of landfill leachate contamination: laboratory column evaluation, Environ. Sci. Technol. 42 (2008) 8890–8895.
8. Jolanta Bohdziewicza, Ewa Neczajb, Anna Kwarciakb, Landfill leachate treatment by means of anaerobic membrane bioreactor, Desalination (2008) 559–565.
9. S. Renoua, J, G. Givaudan a, S. Poulain a, F. Dirassouyan b, P. Moulin, Landfill leachate treatment: Review and opportunity, Journal of Hazardous Materials 150 (2008) 468–493
10. J.M. Lema, R. Mendez, R. Blazquez, Characteristics of landfill leachates and alternatives for their treatment: a review, Water Air Soil Pollut. 40 (1988) 223–250.

11. R.H. Kettunen, T.H. Hoilijoki and J.A. Rintala, Anaerobic and sequential anaerobic–aerobic treatments of municipal landfill leachate at low temperature Bioresours. Technol., 58 (1996) 31–40.
12. R. He, D.S. Shen and C.R. Fang, Study on the characteristics of the bioreactor–landfill system. Acta Scientiae Circumstrantiae, 21 (6) (2001) 753–757.
13. Jianlong Wang, Yongheng Huang, Xuan Zhao, Performance and characteristics of an anaerobic baffled reactor, 93 (2004) 205–208Bioresource Technology,
14. Barber WP, Stuckey D. The use of the anaerobic baffled reactor (ABR) for wastewater treatment: A review. Water Res.1999,33(7):1559-78
15. Plumb J, Bell J, Stuckey DC. Microbial populations associated with treatment of an industrial dye effluent in an anaerobic baffled reactor. Appl Environ Microbiol 2001; 67(7):3226–35.
16. William P. Barber M And David C. Stuckey M, The Use Of The Anaerobic Baffled Reactor (ABR) For Wastewater Treatment: A Review.,Pergamon,1354(98)00371-6
17. Olfa Ben Dhia Thabet, Hassib Bouallaguia , Jean-luc Cayol Bernard Ollivier , Marie Laure Fardeau, Moktar Hamdi, *Anaerobic degradation of landfill leachate using an upflow anaerobic fixed-bed reactor with microbial sulfate reduction*, Journal of Hazardous Materials 167 (2009) 1133–1140.
18. H. Timur1m and i. Oè zturk, anaerobic sequencing batch reactor treatment of landfill leachate, s0043-1354(99)00048-2.
19. Jolanta Bohdziewicza, Ewa Neczajb, Anna Kwarciakb, 2008, Landfill leachate treatment by means of anaerobic membrane bioreactor, Desalination 559–565.
20. K. J. KENNEDY and E. M. LENTZ, treatment of landfill leachate using sequencing batch and continuous flow upflow anaerobic sludge blanket (uasb) reactors, S0043-1354(00)00114-7.

۲۱. کریمی جشنی ایوب و همکاران، بررسی تصفیه‌پذیری شیرابه محل دفن زباله‌های شیراز به روش هضم بی‌هوازی دو مرحله‌ای، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، ۱۳۸۷

۲۲. اویسی داود و همکاران، کارایی راکتور بی‌هوازی UASB در تصفیه شیرابه محل دفن زباله کهریزک تهران، نهمین همایش ملی بهداشت محیط، ۱۳۸۵

23. APHA, AWWA, WEF. (1992). Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 18th Ed Washington DC., USA.
24. Thanwised, Phatlapha, Wanpen Wirojanagud, and Alissara Reungsang. "Effect of hydraulic retention time on hydrogen production and chemical oxygen demand removal from tapioca wastewater using anaerobic mixed cultures in anaerobic baffled reactor (ABR)." international journal of hydrogen energy 37, no. 20 (2012): 15503-15510.
25. Ji, G. D., T. H. Sun, J. R. Ni, and J. J. Tong. "Anaerobic baffled reactor (ABR) for treating heavy oil produced water with high concentrations of salt and poor nutrient." Bioresource

Technology 100, no. 3 (2009): 1108-1114.

26. Chen, Chin-Chao, Hong-Pin Chen, Jou-Hsien Wu, and Chiu-Yue Lin. "Fermentative hydrogen production at high sulfate concentration." International Journal of Hydrogen Energy 33, no. 5 (2008): 1573-1578.
27. Ren, N.Q., Zhao, D., Chen, X.L., Li, J.Z. Mechanism and controlling strategy of the production and accumulation of propionic acid for anaerobic wastewater treatment. Sci China, 2002, 319–32.
28. S.Y. Bodkhe, A modified anaerobic baffled reactor for municipal wastewater treatment, Journal of Environmental Management.2009. Volume (90): P. 2488–2493.
29. Zhu, Ge-Fu, Jian-Zheng Li, Peng Wu, Hui-Zheng Jin, and Zheng Wang. "The performance and phase separated characteristics of an anaerobic baffled reactor treating soybean protein processing wastewater." Bioresource Technology 99, no. 17 (2008): 8027-8033.