

بررسی قابلیت تصفیه فاضلاب صنایع قندی در سیستم USBF

مریم احمدی^۱، دکتر حسین گنجی دوست^۲، دکتر بیتا آیتی^۳

نویسنده مسئول: تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی h-ganji@modares.ac.ir

پذیرش: ۸۷/۱۱/۲۲

دریافت: ۸۷/۹/۱۸

چکیده

زمینه و هدف: فرایند USBF یک نوع سیستم لجن فعال متعارف می‌باشد که با یک منطقه غیر هوازی و یک زلال‌ساز ترکیب و در یک بیوراکتور قرار داده شده است. این فرایند یک سیستم کارآمد جهت تصفیه انواع فاضلاب‌های بهداشتی، صنعتی است که در این تحقیق هدف، بررسی کارایی آن در تصفیه فاضلاب صنایع قندی می‌باشد.

روش بررسی: از یک پایلوت ۶۰ لیتری از جنس پلکسی‌گلاس شامل سه بخش هوازی به حجم ۳۸ لیتر، غیر هوازی به حجم ۱۴ لیتر و زلال‌ساز به حجم ۸ لیتر استفاده و ملاس مورد نیاز جهت تهیه فاضلاب خام از کارخانه قند ورامین تأمین شد. در طول دوره، فاضلاب خام وارد بخش غیرهوازی شده و در آنجا با لجن برگشتی از کف مخزن ته‌نشینی مخلوط می‌گردید. پس از آن، جریان از قسمت زیر زلال‌ساز بصورت نهرگونه وارد بخش هوازی و سپس پایین زلال‌ساز می‌شد. در این بخش بستر لجن، لخته‌های لجن را جذب کرده و فاضلاب تصفیه شده از سیستم خارج می‌شد. پس از تکمیل چرخه داخلی، لجن فعال جمع‌آوری شده در کف زلال‌ساز به قسمت غیرهوازی در ابتدای راکتور برگشت داده می‌شد. **یافته‌ها:** راندمان حذف COD با زمان ماند هیدرولیکی ۲۱ تا ۲۶ ساعت در بخش هوازی و ۸ تا ۱۰ ساعت در بخش غیرهوازی، حدود ۷۷ تا ۹۷ درصد بسته به میزان بارگذاری بارآلی COD در محدوده ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در سیستم متغیر بوده است. **نتیجه‌گیری:** راکتور USBF به عنوان یک فرایند تصفیه پیشرفته، قابلیت مناسبی در حذف بیولوژیکی فاضلاب صنایع قندی نسبت به سایر روش‌ها دارد.

واژگان کلیدی: لجن فعال، هوازی، غیر هوازی، USBF، ملاس

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس

۲- دکترای مهندسی محیط زیست، استاد بخش مهندسی عمران، مهندسی محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس

۳- دکترای مهندسی محیط زیست، استادیار بخش مهندسی عمران، مهندسی محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه

وارداتی اقدام به تصفیه شکر می‌نمایند که کیفیت آلودگی ایجاد شده بجز باقیمانده‌های چغندر مشابه آلودگی در زمان استفاده از چغندر و از نظر کمیت در سطح پایین تری قرار داشته و آلودگی کمتری ایجاد می‌کنند. اما بطور کلی پساب اینگونه واحدها علاوه بر دارا بودن باقیمانده‌های چغندر یا نیشکر و آب حاصل از شستشوی آنها معمولاً حاوی هیدراتهای کربن و انواع اسیدهای آلی از جمله مالیک، استیک و بوتیریک می‌باشد. لذا شناخت کلی مراحل تولید، مواد اولیه به کار رفته و ترکیبات حاصله بر انتخاب فرایند مناسب تصفیه تأثیر بسزایی دارد. در جدول ۱ مهمترین منابع تولید پساب و مشخصات آنها آمده است (۱،۲) که لزوم تصفیه اصولی آن را بیش از پیش مشخص می‌کند. تا کنون مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده‌اند که برخی از آنها عبارتند از:

صنایع قندی از جمله صنایع مهم در کشور و جهان هستند که به علت مصرف زیاد آب، مقادیر متناهی پساب با حجم بالای آلودگی تولید می‌کنند که در صورت تصفیه نامناسب از عوامل عمده آلوده کننده محیط زیست به حساب خواهند آمد. با توجه به اینکه فصل برداشت چغندر معمولاً اواخر تابستان و اوایل پاییز است، لذا فصل فعالیت اینگونه کارخانجات نیز معمولاً طی ماههای مهر، آبان و آذر هر سال بوده و بقیه فصول به تعمیرات، تعویض قطعات و امثال آن پرداخته می‌شود. لذا از نظر زیست محیطی، فعالیت این واحدها در فصول معینی از سال آلودگی‌های شدیدی را تولید می‌کند. البته تعدادی از آنها نظیر کارخانجات قند و شکر اهواز علاوه بر چغندر قند، در فصول دیگر سال نیز با استفاده از شکر خام

جدول ۱: مشخصات مربوط به فاضلاب قسمت های مختلف کارخانجات قند و شکر

منابع تولید فاضلاب	دبی (m ³ /ton)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)
مرحله شستشو و انتقال چغندر	۸-۱۰	۲۰۰-۲۱۰	۸۰۰-۴۳۰۰
فاضلاب تولیدی در قسمت تفاله‌گیری			
- ته مخزن	۰/۹	۹۸۰	۵۳۰
- اطراف مخزن	۵/۵	۵۰۰	۶۲۰
- انتقال تفاله با آب	۲	۹۱۰	۱۰۲۰
پرس تفاله	۰/۷	۱۷۱۰	۴۲۰
سیلوی تخلیه تفاله	۰/۸	۷۰۰۰	۲۷۰
دوگاب کیک آهکی	۰/۳۵	۸۶۰۰	۱۲۰۰۰۰
جریان خروجی از لاگون کیک آهکی	۰/۳	۱۴۲۰	۴۵۰
آب کندانسور	۷/۵	۴۰	-
فاضلاب فرایند استفان	بسته به ملاس ۰/۳۴-۰/۵	۱۰۵۰۰	۱۰۰-۷۰۰

ساکارز خالص که نسبت به ملاس تصفیه پذیری بسیار بالاتری دارد به راندمان حذف ۹۸ درصد رسیده‌اند (۴) درحالی که Ramjeawon (۱۹۹۵) با زمان ماند هیدرولیکی ۶ ساعت و نرخ بارگذاری آلی $12/5 \text{ kgCOD} / \text{m}^3 \cdot \text{d}$ در یک راکتور با حجم یک متر مکعب و نمونه فاضلاب صنایع قندی به راندمان حذف ۹۱ درصد دست یافته است (۵). Kumar و همکاران در سال ۲۰۰۵ تصفیه فاضلاب صنایع

در بررسی های Ragen و همکارانش در سال ۲۰۰۱ در زمینه میزان تجزیه پذیری فاضلاب سنتزی ملاس در یک پایلوت ۱۰ لیتری UASB در زمان ماند هیدرولیکی ۴ ساعت و نرخ بارگذاری آلی $6/7 \text{ kgCOD} / \text{m}^3 \cdot \text{d}$ ، حذف ۷۶ درصد حاصل شده است (۳). Yang و همکاران (۱۹۹۱) و Ramdhony (۱۹۹۸) در بررسی میزان تصفیه پذیری فاضلاب صنایع قندی با استفاده از محلول

مورد نظر هستند. سیستم های ترکیبی UASB با صافی چکنده و لجن فعال نیز در اولویت های میانی قرار دارند که با افزایش ظرفیت کارخانه ها به الویت های بالاتر منتقل می شوند (۱۰). در گزارش جولای ۲۰۰۱ محیط زیست در زمینه مقایسه فناوری های تصفیه فاضلاب های صنایع قندی، ذکر شده است که لاگون های بی هوازی قادر به حذف ۹۰-۸۵ درصد از BOD_5 با زمان ماند هیدرولیکی نسبتاً زیاد می باشند. فیلترهای چکنده نیز قادر هستند تا این میزان BOD_5 ورودی را حذف کنند اما در بار آلی بالا راندمان به نسبت پایینی داشته و احتمالاً به عنوان گزینه مناسبی در تصفیه این نوع از فاضلاب پیشنهاد نمی گردند. سیستم UASB با راندمان حذف ۹۰-۸۰ درصد BOD_5 و فرایند لجن فعال با راندمان حذف ۹۵-۸۵ درصد BOD_5 از دیگر فناوری ها در تصفیه این نوع فاضلاب می باشند (۱۱).

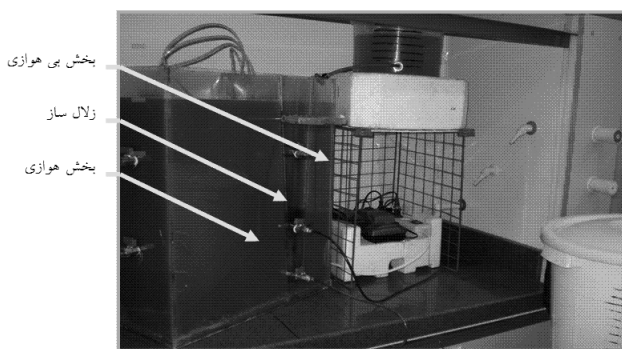
بنابراین از مهمترین روشهای موجود در تصفیه فاضلاب صنایع قندی سیستم های لجن فعال، صافی چکنده، تصفیه بی هوازی، لاگون و استفاده از زمین میباشند. کاربرد روشهای ترکیبی در تصفیه فاضلاب های صنعتی از جمله صنایع قندی در سال های اخیر افزایش یافته است. با عنایت به روند سریع و رو به رشد طراحی و اجرای پروژه های فاضلاب و همچنین با توجه به این موضوع که هدف هر طراحی باید به حداکثر رساندن راندمان حذف ماده آلی با صرف حداقل هزینه سرمایه گذاری و بهره برداری باشد، سیستم های موجود تصفیه را می توان به گونه ای اصلاح نمود که قابلیتشان افزایش یافته و عملکردشان بهبود یابد. فاضلاب صنایع قندی به دلیل ترکیب خاص این فاضلاب که شامل ساکاریدهای شبه گلوکزی (گلوکز، ساکارین، لاکتوز، مالتوز و ...) می باشد، موجب افزایش رشد میکروارگانیسم های رشته ای خواهد شد، لذا پایلوت مورد نظر که شامل بخش هوازی - غیرهوازی می باشد یکی از گزینه های مناسب در تصفیه این نوع فاضلاب می باشد چرا که ترکیب این دو بخش در کنترل میکروارگانیسم های رشته ای که باعث حجیم شدن لجن (یکی از مهمترین مشکلات موجود در راهبری تصفیه خانه های فاضلاب صنایع قندی بدلیل

قندی در زمان های ماند هیدرولیکی مختلف با استفاده از یک پیش تصفیه فیزیکی شیمیایی برای حذف جامدات معلق و چربی و سیستم ترکیبی فیلتر بیهوازی با جریان رو به پایین و فرایند لجن فعال در مقیاس آزمایشگاهی را مورد بررسی قرار داده اند. طبق نتایج حاصل، زمان ماند هیدرولیکی $0.8-2.5$ روز، دمای $1 \pm 27^\circ C$ و بارگذاری معادل با $3200-4500$ میلی گرم بر لیتر بر حسب COD، راندمان حذف ۹۰-۸۵ درصد COD در فیلتر بی هوازی را به دنبال داشته است در حالیکه فرایند لجن فعال قادر به حذف ۹۰ درصد از COD (خروجی از فیلتر بی هوازی) در زمان ماند هیدرولیکی کمتر از ۴ ساعت بوده است (۶).

در تحقیقات West با استفاده از دو راکتور UASB با ظرفیت کلی 3750 متر مکعب جهت تصفیه فاضلاب حاوی ملاس کارخانه قند در نرخ بارگذاری آلی $10 \text{ kgCOD} / \text{m}^3 \cdot \text{d}$ ، راندمان حذف ۶۵-۷۰ درصد COD و ۸۵ درصد BOD_5 حاصل شده است (۷).

یکی دیگر از روش های متداول در تصفیه فاضلاب واحدهای تولید قند و شکر، استفاده از زمین می باشد که باعث صرفه جویی در مصرف آب و نیز بازگرداندن مواد اصلی مورد نیاز به زمین خواهد شد. بر اساس تحقیقات انجام شده با کمک این روش و زمان ماند ۱۵۰ روز علاوه بر حل مشکلات آلودگی های ناشی از این واحد، بازدهی چغندر قند در مزارع تا حدود ۷۰ درصد افزایش یافته به طوری که در عمل این فاضلاب جایگزین ۴۰ تا ۷۰ درصد از کودهای مورد نیاز زمین شده است (۸،۹).

بر اساس تحقیقات انجام شده در زمینه مقایسه فنی و اقتصادی روشهای متداول تصفیه فاضلاب صنایع قند، برکه های بی هوازی و UASB به عنوان مهمترین سیستم های تصفیه بی هوازی و برکه های اختیاری، لجن فعال (هوادی گسترده) و صافی چکنده (دو مرحله ای) و سیستم های ترکیبی به عنوان مهمترین سیستم های تصفیه هوازی پیشنهاد شده اند. نتایج حاصل نشان می دهد که سیستم های ترکیبی برکه بی هوازی و اختیاری به دلیل عملکرد ضعیف در تصفیه فاضلاب های غلیظ صنعتی تنها در گرمترین مناطق کشور قادر به تولید پساب با کیفیت



شکل ۲: سیستم راه‌اندازی شده در آزمایشگاه

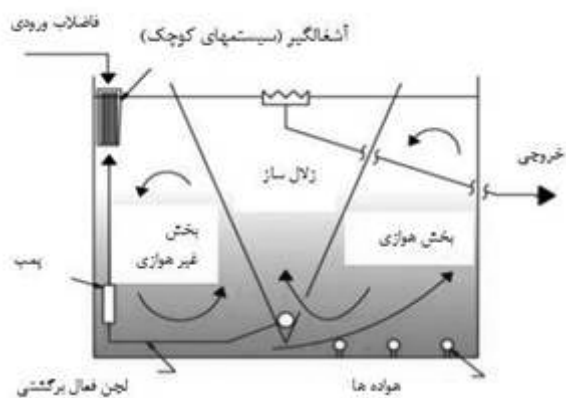
در طی دوره، فاضلاب قندی یا به عبارتی منبع کربنی با استفاده از ملاس تأمین شده از کارخانه قند ورامین تهیه و وارد بخش غیرهوازی می‌گردید و مواد مغذی (N, P) و میکرونوترینت (Fe, Ba, SO₄²⁻, Co, Ca)، به میزان کافی به آن اضافه می‌شد. تجهیزات جانبی بکار رفته در این تحقیق شامل مخزن خوراک اصلی، مخزن خوراک ثانویه، پمپ آب، پمپ هوا و سنگ‌های هواه بودند.

بارگذاری اولیه (COD) معادل ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بود که طی یک دوره ۶۰ روزه به ۳۰۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر افزایش داده شد. روندی که جهت افزایش نرخ بار به کار برده می‌شود، برای داشتن نتیجه قابل قبول از اهمیت زیادی برخوردار است. نسبت خوراک به میکروارگانیسم، (F/M)، باید در محدوده مناسب قرار داشته باشد در غیر این صورت سیستم در همان ابتدا ترش کرده و از کار می‌افتد. وقتی در هر مرحله راندمان حذف به حداکثر مقدار خود می‌رسد، می‌توان بار را به صورت پله‌ای افزایش داد. پس از افزایش بار، باید pH سیستم را به طور مداوم کنترل کرد. در صورت کاهش pH، باید بار اعمالی به سیستم به حالت قبل از افزایش بار برگردانده شود تا سیستم مجدداً به حالت پایدار دست یابد. طی تحقیق، نرخ بار آلی به تدریج (هر بار حدود ۱۰٪) افزایش یافت تا میکروارگانیسم‌ها زمان لازم برای تطابق را داشته و به سیستم‌ها شوک وارد نشود. در طی دوره تحقیق میزان دبی ورودی به پایلوت در

ترکیب خاص این فاضلاب) و در نتیجه خروج قابل توجهی از جامدات بیولوژیکی از روی سریزهای خروجی و کاهش راندمان ته‌نشینی می‌شوند، تأثیر بسزائی دارند. لذا هدف از این تحقیق، ترکیب دو فرایند هوازی و غیرهوازی به منظور اصلاح فرایند لجن فعال متعارف در قالب بیوراکتور Upflow USBF (Sludge Blanket Filtration) در تصفیه فاضلاب صنایع قندی بوده است که نتیجه امر استفاده از یک سیستم کارآمد با فضای مورد نیاز کمتر و هزینه نگهداری و راهبری پائین‌تر خواهد بود.

مواد و روشها

در این تحقیق از یک سیستم USBF از جنس پلکسی‌گلاس به حجم ۶۰ لیتر شامل سه بخش غیرهوازی (۱۴ لیتر)، زالال‌ساز (۸ لیتر) و هوازی (۳۸ لیتر) استفاده شد. فاضلاب خام وارد بخش غیرهوازی شده و در آنجا با لجن برگشتی از کف مخزن ته‌نشینی مخلوط می‌گردید. پس از این اختلاط، جریان به صورت نهرگونه از زیر زالال‌ساز وارد بخش هوازی و سپس پایین زالال‌ساز می‌شد. در آنجا بستر لجن لخته‌های لجن را جذب کرده و در نهایت فاضلاب تصفیه شده از سیستم خارج می‌شد. پس از تکمیل چرخه داخلی، لجن فعال جمع‌آوری شده در کف زالال‌ساز به قسمت غیرهوازی در ابتدای راکتور برگشت داده می‌شد. شماتیک فرایند مورد بررسی و سیستم راه‌اندازی شده در آزمایشگاه همراه با تجهیزات جانبی آن در اشکال ۱ و ۲ نشان داده شده است.

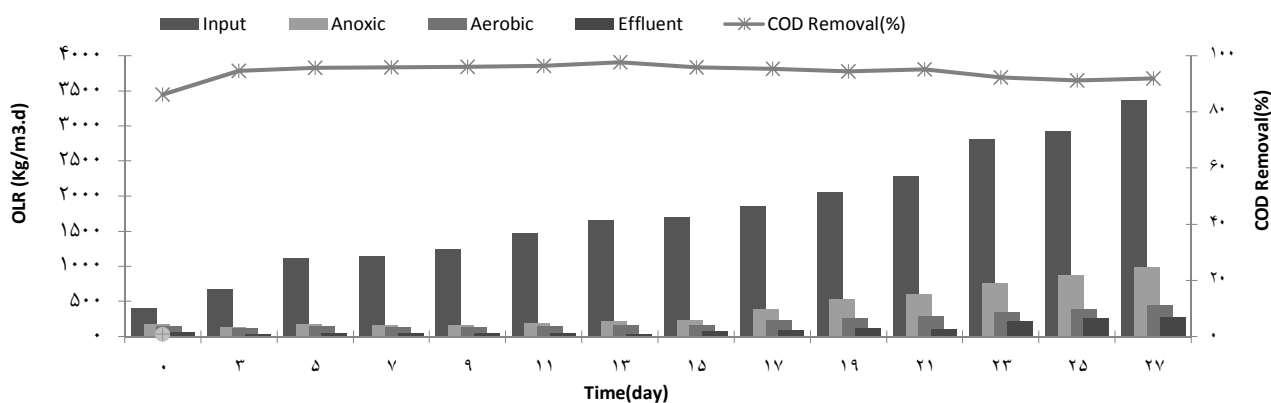


شکل ۱: شماتیک پایلوت مورد استفاده در تحقیق

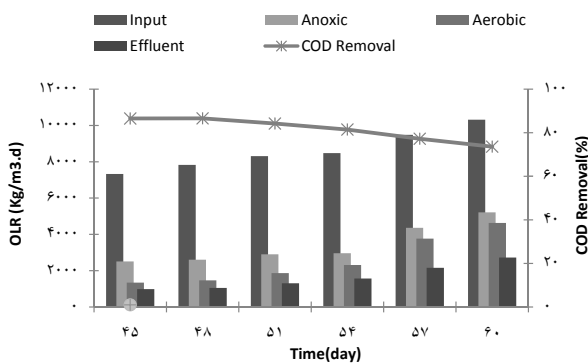
یافته ها و بحث

در اشکال ۳ تا ۵ میزان حذف COD بر اساس بار آلی ورودی به سیستم نسبت به زمان در هر یک از بخشهای غیرهوازی، هوازی و خروجی از سیستم (زالاساز) در طی تحقیق در سه محدوده مختلف COD ورودی شامل ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ میلی گرم بر لیتر، ۱۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ میلی گرم بر لیتر و ۲۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود، طی مدت ۲۷ روز میزان بار آلی ورودی به سیستم تا COD معادل ۱۰۰۰۰ میلی گرم بر لیتر افزایش و میزان COD در آن کاهش یافته است که به دلیل انطباق کامل سیستم با فاضلاب ورودی و در نهایت کاهش COD خروجی می باشد. با بررسی اشکال فوق در این بخش واضح است که با افزایش میزان بار آلی ورودی تا میزان COD معادل ۳۰۰۰۰ میلی گرم بر لیتر، میزان COD خروجی نیز افزایش یافته است به طوری که با ورود COD معادل ۲۳۰۰۰ میلی گرم بر لیتر، میزان COD خروجی از سیستم ۳۱۰۰ میلی گرم بر لیتر گردید.

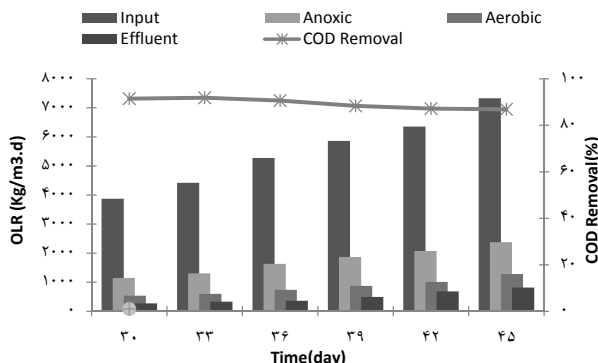
محدوده ۲-۱/۵ لیتر بر ساعت تنظیم شد به طوری که زمان ماند هیدرولیکی در بخش هوازی در محدوده ۲۶-۲۱ ساعت و در بخش غیرهوازی در محدوده ۱۰-۸ ساعت قرار داشت. جهت کنترل میزان رشد میکروارگانیسم ها و فعالیت آنها در سیستم، اندازه گیری منظم MLVSS و MLSS صورت می گرفت. طبق تحقیقات، میزان MLVSS مطلوب بین ۴۰۰۰ تا ۶۰۰۰ میلی گرم بر لیتر می باشد که به طور میانگین در طی تحقیق در حدود ۵۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نگه داشته شد. کنترل و تنظیم pH در محدوده ۷/۵-۸/۵ و اکسیژن محلول در بخش هوازی حدود ۲-۴ میلی گرم بر لیتر و در بخش غیرهوازی تا کمتر از ۰/۲ بطور منظم و روزانه صورت گرفت. همچنین نحوه تغییرات COD بعنوان پارامتر اصلی جهت بررسی راندمان حذف و کارایی سیستم مورد بررسی قرار گرفت. نکته قابل ذکر این که کلیه آزمایش ها براساس کتاب روش های استاندارد متد آزمایش ها آب و فاضلاب انجام شد (۱۲).



شکل ۳: میزان حذف COD در بخش های مختلف سیستم در بارهای آلی ۳۵۰۰-۳۵۰۰۰ Kg/m³.d

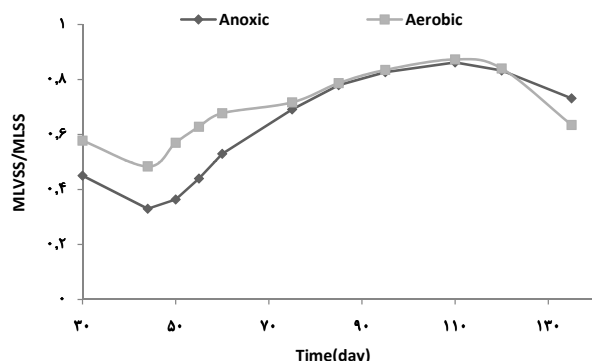


شکل ۵: میزان حذف COD در بخش های مختلف سیستم در بارهای آلی ۷۵۰۰-۱۰۵۰۰ Kg/m³.d



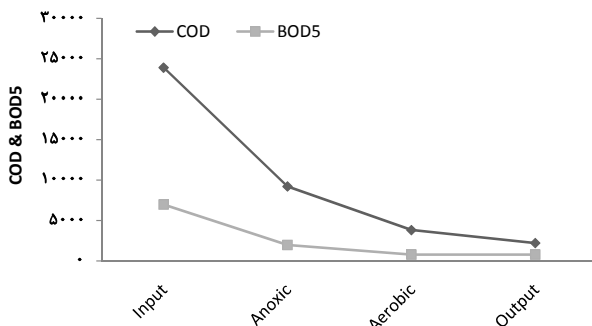
شکل ۴: میزان حذف COD در بخش های مختلف سیستم در بارهای آلی ۳۵۰۰-۷۵۰۰ Kg/m³.d

سیستم نسبت به بخش غیرهوازی بیشتر است که بدلیل رشد بیشتر میزان MLVSS (نسبت به MLSS) در بخش هوازی می باشد.



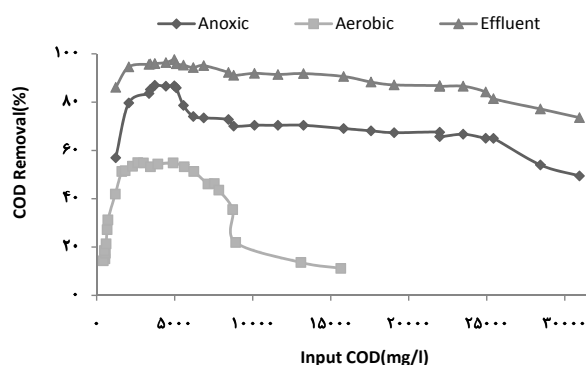
شکل ۷: نسبت تغییرات MLVSS/MLSS با زمان در بخش هوازی و غیر هوازی سیستم

همان طور که در قبل توضیح داده شد به دلیل سهولت اندازه گیری COD، آزمایشات COD اساس کلیه بررسی ها و نتیجه گیریها را تشکیل می داد. اما جهت اطمینان از حصول نتایج، آزمایش BOD نیز در هر دوره از تحقیق انجام شد. جهت همبستگی درست بین نسبت BOD/COD، از نمونه های فیلتر شده جهت آزمایشات BOD و COD استفاده گردید. شکل ۸ میزان کاهش BOD و COD را در خوراک ورودی، بخش غیرهوازی، بخش هوازی و خروجی از سیستم را نشان می دهد که میزان BOD از ۷۰۰۰ میلی گرم بر لیتر در ورودی به میزان ۷۷۰ میلی گرم بر لیتر در خروجی و COD از ۲۳۰۰۰ میلی گرم بر لیتر در ورودی به ۲۱۰۰ میلیگرم بر لیتر در خروجی کاهش یافته است.



شکل ۸: میزان کاهش BOD و COD در خوراک ورودی، بخش غیرهوازی، بخش هوازی و خروجی از سیستم

میزان راندمان حذف در هر بخش سیستم به صورت مجزا در شکل ۶ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود بالاترین راندمان حذف مربوط به محدوده بارگذاری COD، ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ میلی گرم بر لیتر می باشد، به طوری که حداکثر راندمان حذف در طی تحقیق که حدود ۹۷ درصد است مربوط به COD معادل ۵۰۰۰ میلی گرم بر لیتر می باشد. پس از آن میزان راندمان حذف روند نزولی دارد که این روند با شیب ملایمی از ۹۷ درصد به ۸۴ درصد در COD معادل ۲۵۰۰۰ میلی گرم بر لیتر و سپس تا میزان ۷۴ درصد در انتهای دوره (COD معادل ۳۰۰۰۰ میلی گرم بر لیتر) کاهش یافته است. همچنین از مقایسه نمودارهای فوق بر می آید که با افزایش میزان بار آلی ورودی، راندمان حذف در هر دو بخش هوازی و غیرهوازی و در نهایت خروجی سیستم افزایش می یابد. لازم به ذکر است به طور میانگین راندمان حذف در بخش غیرهوازی نسبت به بخش هوازی بیشتر و در نتیجه این بخش نقش مؤثرتری در فرایند تصفیه داشته است.



شکل ۶: مقایسه راندمان حذف در هر بخش سیستم (غیرهوازی، هوازی و خروجی)

شکل ۷ نسبت MLVSS/MLSS و در واقع نسبت بین مواد آلی موجود در فاضلاب نسبت به کل مواد موجود را در دو بخش هوازی و غیرهوازی سیستم نشان می دهد. بدیهی است هر چه این نسبت بیشتر باشد، نشاندهنده تازگی و در نتیجه فعالیت بودن لجن و توانایی بیشتر میکروارگانیسم ها در امر تصفیه خواهد بود. با گذشت زمان این نسبت در هر دو بخش پایلوت افزایش یافته است، اما میزان افزایش در بخش هوازی

بارگذاری‌های کمتر از COD معادل ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر که معمول‌ترین و متداول‌ترین محدوده بار آلودگی در پساب صنایع قندی می‌باشد به طور میانگین راندمان حذف ۹۴ درصد، در محدوده بارگذاری ۲۰۰۰۰-۱۰۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، راندمان ۸۹ درصد و در محدوده بارگذاری ۳۰۰۰۰-۲۰۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، راندمان ۸۲ درصد مشاهده گردید. بالاترین راندمان حذف مربوط به محدوده بارگذاری COD، ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد به طوری که حداکثر راندمان حذف در طی تحقیق که حدود ۹۷ درصد است مربوط به COD معادل ۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. با افزایش میزان بار آلی ورودی، راندمان حذف در هر دو بخش هوازی و غیرهوازی و در نهایت خروجی سیستم افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است به طور میانگین راندمان حذف در بخش غیرهوازی نسبت به بخش هوازی بیشتر و در نتیجه این بخش نقش مؤثرتری در فرایند تصفیه داشته است.

منابع

1. Pena M, Coca M, Gonzalez G, Rioja R, Garcia MT. Chemical oxidation of wastewater from molasses fermentation with ozone. *Chemosphere*. 2003;51:893-900.
2. Qasim SR. *Wastewater Treatment Plants: Planning, Design and Operation*, Japan: CBS Publishing Japan Ltd; 1985.
3. Ragen AK, Wong SHL, Ramjeawon T. Pilot plant investigation of the treatment of synthetic sugar factory wastewater using the upflow anaerobic sludge blanket (UASB) process. *Food and Agricultural Research, Reduit, Mauritius*. [updated 2001; cited 2008 Jun 10]. Available from: <http://www.gov.mu/portal/sites/ncb/moa/farc/amas2001/pdf/s45.pdf>.
4. Yang PY, Chang LJ, Whalen SA. Anaerobic/aerobic pre-treatment of sugarcane mill wastewater for application of drip irrigation. *Water Sci Technol*. 1991;24(9):243-50.
5. Ramjeawon T. *Integrated Management of Cane-Sugar Factory Wastewater in Mauritius Using the Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Process*. PhD thesis, Faculty of Engineering, University of Mauritius; 1995.
6. Kumar A, Sapkal DB, Gunjal BB, Sercu B, Langenhove HV. A combined biological treatment

ملاحظه می‌شود که کارایی سیستم USBF قابل قیاس با سیستم‌های بیولوژیکی دیگر از جمله UASB (حذف ۷۶ درصد در زمان ماند هیدرولیکی ۴ ساعت و نرخ بار گذاری آلی $6/7 \text{ kgCOD} / \text{m}^3 \cdot \text{d}$)، فیلتر بی‌هوازی (حذف ۸۵-۹۰ درصد COD در زمان ماند هیدرولیکی $2/5-0/8$ روز و بارگذاری معادل با $3200-4500$ میلی‌گرم بر لیتر بر حسب COD)، لجن فعال (حذف ۹۰ درصد COD خروجی از فیلتر بی‌هوازی در زمان ماند هیدرولیکی کمتر از ۴ ساعت و بارگذاری معادل با $3200-4500$ میلی‌گرم بر لیتر) و دو راکتور UASB (حذف ۶۵-۷۰ درصد COD در نرخ بار گذاری آلی $10 \text{ kgCOD} / \text{m}^3 \cdot \text{d}$) می‌باشد (۳، ۶، ۷).

نتیجه‌گیری

فرایند USBF به عنوان یک گزینه مناسب در تصفیه فاضلاب‌های صنایع قندی پیشنهاد می‌گردد. به طوری که در

- system for biodegradation of sugar industry. Abstract Book Draft, Department of Environmental Science and Engineering, Guru Jambheshwar University Hisar, Haryana-India. 2005.
7. West SS. Co-generation opportunities utilizing sugar industry wastewater through the use of biological treatment systems. *Philippine Bio-Science. Co*. [updated 2004; cited 2008 Jun 14]. Available from: http://www.cogen3.net/doc/countryinfo/philippines/CogenOpporUtilizingSugarWastewater_steward.pdf.
 8. Shaigan J. *Sugar Industries Problems in Iran*, IJCCE Journal. 1993;2:55-60.
 9. Mohammad Esmaili F. *Design of Engineering Methods for Waste Minimization in Food Industries*, M.Sc. Thesis in Environmental Engineering, Tarbiat Modares University; 2000.
 10. Ahmadi M, Tajrishi M, Abrishamchi A. Comparison of the technical and economical methods in Iranian sugar industries wastewater treatment. *Water & Wastewater*. 2005;53:54-61.
 11. *Environmental Report on Sugar Sector*, Monthly Environmental News. 2001;5(7):11-27.
 12. APHA/AWWA/WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st ed. Washington DC, USA: APHA; 2005.

USBF Performance in Treating Sugar Industries Wastewater

Ahmadi M.¹, *Ganjidoust H.², Ayati B.³

¹Department of Environmental Engineering, Tarbiat Modares University

²Civil Engineering Department, Environmental Engineering Division, Tarbiat Modares University

³Civil Engineering Department, Environmental Engineering Division, Tarbiat Modares University

Received 8 December 2008; Accepted 10 February 2009

ABSTRACT

Background and Objectives: Upflow Sludge Blanket Filtration (USBF) system is a modification of the conventional activated sludge process that incorporates an anoxic zone with an upflow sludge blanket filtration clarifier in one bioreactor. It has no inherent capacity limits and is used in a wide range of applications in municipal, industrial and agricultural wastewater treatment. The main objective of this study was to evaluate the performance of a continuous USBF reactor for the treatment of sugar industrial wastewater.

Materials and Methods: Sixty liter laboratory pilot scale plant was made of plexiglass consists of 14 liter anoxic zone, 38 liter aerobic zone and 8 liter clarifier. Used molasses for raw wastewater was obtained from Varamin Sugar Company. During the study, the wastewater has been initially fed to anoxic zone of the bioreactor. It mixed with recycled activated sludge returned from the clarifier and the mixed liquor entered into aerobic zone of the bioreactor. From aeration zone, the mixed liquor passed through the sludge zone at the bottom of the clarifier which was then separated by upflow sludge blanket filtration and then the clear water discharged from the system. To complete the internal circulation loop, collected activated sludge at the bottom of the clarifier was recycled to the anoxic zone.

Results: Experimental studies indicated that average removal efficiency of COD with HRTs from 21 to 26 hours in the aerobic zone and from 8 to 10 hours in the anoxic zone were from 77 to 97 percent depended on input feed (1000 to 30000 mg/L).

Conclusion: USBF as an advanced biological process had a proper COD removal efficiency for the biological treatment of sugar industries wastewater compared to other researchers methods.

Key words: activated sludge, aerobic, anoxic, USBF, molasses

*Corresponding Author: *h-ganji@modares.ac.ir*

Tel: +98 21 8288 3332 *Fax:* +98 21 8800 5040