علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره یازدهم، شماره چهار، زمستان ۸۸

بررسی عملکرد سیستم های هوادهی (لجن فعال) با بستر ثابت در تصفیه فاضلاب های با بار آلودگی بالا

امیر حسام حسنی [۱]
امیر حسین جاوید [۱]
علی ترابیان [۲]
سید مرتضی حسینیان [۳]
امیر حیات بخش [۴*]
Amir_hayatbakhsh_cee@yahoo.com

تاریخ دریافت:۸۴/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش:۸۵/۳/۳

Archive of SID

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی عملکرد سیستم های هوادهی (لجن فعال) با بستر ثابت در تصفیه فاضلاب های با بار آلودگی بالا و با استفاده از راکتور هوازی با جریان رو به پایین و رو به بالا صورت گرفته است. جهت انجام تحقیق از یک مخزن پلاکسی گلاس شامل سه قسمت به ترتیب راکتور هوازی با جریان روبه پایین ، راکتور هوازی با جریان رو به بالا و واحد ته نشینی ثقلی استفاده شده درون راکتورهای هوازی تعدادی مدیا از جنس PVC ، نوع CROSS FLOW و با سطح ویژه ۸۱/۳۴ متر مربع بر متر مکعب بستر قرار داده شد و عملکرد سیستم در غلظت های COD ۵۰۰ ، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر و در بارهای آلی ۱۶/۳۲، ۳۳/۳۶، ۵۰/۴۰ ، ۳۴/۵۶، ۴۴/۶۴ ، ۱۰۱/۵۲ ، ۶۳/۱۲ ، ۱۲۵/۲۸ و ۱۸۸/۴۰ گرم COD بر متر مربع در روز مورد بررسی قرار گرفت.

پس از انجام مراحل تحقیق مشاهده گردید که در بارهای آلی ۱۶/۳۲ ، ۳۳/۳۶ و۵۰/۴۰ گرم COD بر متر مربع در روز و غلظت های COD معادل ۵۰۰ ، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر، مقادیر متوسط بازده حذف COD به ترتیب ۹۶/۱۱ ، ۸۷/۹۳ ، ۶۹/۶۷ ٪، در بارهای آلی ۳۴/۵۶ ، ۴۴/۶۴ و ۱۰۱/۵۲ گرم COD بر متر مربع در روز و غلظت های COD ۵۰۰ ، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر مقادیر متوسط بازده حذف COD به ترتیب ۹۳/۶۷ ، ۸۳/۶۷ ، ۶۱/۶۷ ٪ و در بارهای آلی ۶۳/۱۲ ، ۱۲۵/۲۸ و ۱۸۸/۴۰ گرم COD بر متر مربع در روز و غلظت های COD ۵۰۰ ، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر مقادیر متوسط بازده حذف COD به ترتیب

۱- استادیار، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی
۲- دانشیار، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران
۳- کارشناس ارشد مهندسی شیمی، مهندسین مشاور فرپاک.
۴- کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی* (مسئول مکاتبات)

www.SID.ir

برابر ۸۹/۱۷ ، ۷۷/۳۳ ، ۵۲/۸۳ ٪ بوده است که در بارهای آلی ۳۴/۵۶ ، ۴۴/۶۴ و ۱۰۱/۵۲ گرم COD بر متر مربع در روز مطلوب ترین مقادیر درصد حذف COD حاصل شد و در بار آلی ۱۸۸/۴۰ گرم COD بر متر مربع در روز و غلظت COD معادل ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر با بازده حذف COD معادل ۵۲/۸۳٪ می توان از این سیستم به عنوان سیستم پیش تصفیه فاضلاب استفاده نمود. همچنین حداکثر بار آلی وارد شده به سیستم معادل ۱۸۸/۴۰ گرم COD بر متر مربع در روز و در غلظت COD معادل ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر تعیین شد.

بررسی‌های انجام شده در مورد توانایی لاینر رسی در حذف طبیعی آلاینده‌های مهم و نگران‌کنندهٔ شیرابه محل دفن کهریزک نشان می‌دهد که هرچند این نوع لاینر در حذف فسفات و تا حد زیادی سولفات کارایی دارد ولی حذف آلاینده‌هایی نظیر COD، BOD، نیترات، بی‌کربنات و کلراید یا بسیار کم صورت می‌گیرد و یا اصلاً اتفاق نمی‌افتد.

واژه های کلیدی: لجن فعال، بستر ثابت، فاضلاب های با بار آلودگی بالا.

مقدمه

عواملی نظیر افزایش جمعیت، پیشرفت های فن آوری و انقلاب صنعتی و در نهایت بهای اندکی که انسان برای محیط زیست به علت رایگان بودن آن قایل است، در تشدید و ویرانی محیط زیست موثر است. به یقین می توان گفت که مهم ترین بخش آلودگی محیط زیست که تاثیر سریع و بی درنگ آن جوامع بشری را تحت تاثیر خود قرار داده، آلودگی آب، تصفیه آب های آلوده و تامین آب سالم و قابل شرب است. این مسأله اهمیت بخش آب و فاضلاب در علم محیط زیست را بیش از پیش نمایان می سازد. مشکل آلوده شدن آب به وسیله فاضلاب وقتی بیشتر آشکار می شود که بدانیم هر متر مکعب فاضلاب بسته به کیفیت آن می تواند ۱۰ الی ۴۰ متر مکعب آب سالم را آلوده سازد (۱).

امروزه روش های مشتمل برفرآیندهای بیولوژیکی هوازی به طور گسترده ای در حذف مواد آلی از فاضلاب ها مورد استفاده قرار می گیرند و در این بین، فرآیند لجن فعال از قدیمی ترین و متداول ترین روش های تصفیه فاضلاب در دنیا به شمار می رود که کاربرد بسیار گسترده ای در عرصه تصفیه بیولوژیکی فاضلاب دارد. سیستم لجن فعال با بستر ثابت یکی از انواع فرآیند های تصفیه هوازی رشد چسبیده است که ترکیبی از دو سیستم لجن فعال و صافی چکنده بوده و در مخزن هوادهی آن میکروارگانیسم‌ها بر روی یک محیط یا بستر ثابت با سطوح زیاد رشد می کنند و به دلیل پایداری و زمان ماند میکروبی زیاد، در تصفیه بسیاری از فاضلاب های با بار آلودگی بالا قابل کاربرد است(۲).

از مزایای این سیستم به طور عمده می توان به غلظت زیاد توده میکروبی، امکان استفاده از بسترهای ارزان قیمت، توان تصفیه جریان های زیاد فاضلاب، امکان تصفیه موثر فاضلاب های با غلظت مواد آلی کم، امکان حذف موثر مواد آلی کند تجزیه شونده، سهولت راهبری، عدم نیاز به برگشت لجن، نیاز به انرژی کمتر در مقایسه با سیستم های متداول لجن فعال و صافی چکنده و کیفیت بهتر و تثبیت شده‌تر لجن اشاره نمود(۴) که با توجه به مزایای این سیستم و کاربرد آن در تصفیه فاضلاب های شهری و صنعتی به منظور بررسی رفتار و عملکرد سیستم و ایجاد اطلاعات پایه جهت طراحی و گسترش کاربری آن در تصفیه فاضلاب با بار آلودگی بالا، تحقیق حاضر انجام گرفته است.

روش تحقیق

تحقیق حاضر در مقیاس آزمایشگاهی و مطالعات پایلوت انجام گرفت و مشخصات پایلوت مورد استفاده عبارت است از مخزن پلاکسی گلاس به شکل مکعب مستطیل به طول ۵۱/۳۰، عرض ۳۳/۰۰ و ارتفاع ۵۹/۵ سانتی متر که به سه قسمت تقسیم گردید و طول هر بخش ۱۵/۷۰ سانتی متر و عرض هر بخش که در امتداد طول پایلوت بوده ۳۱/۰۰ سانتی

Archive of SID

www.SID.ir

متر و ارتفاع در بخش اول و دوم ۵۹/۵ سانتی متـر و در بخـش سوم ۵۳/۷۰ سانتی متر می باشد. بخش اول "راکتور هـوازی بـا جریان رو به پایین" و بخش دوم "راکتور هوازی با جریان رو بـه بالا" را تشکیل می دهد. این دو بخش توسط یک تیغه (بفـل) از یکدیگر جدا شده اند به گونه ای که تیغه مـذکور بـه دو دیـواره طولی پایلوت متصل شده و از پایین به اندازه ۱۰/۵۰ سانتی متر فاصله دارد و ارتفاع آن معادل ۴۹/۰۰ سانتی متر است. هدف از انتخاب راکتور دو مرحلـه ای افـزایش بـازده سیـستم بـه علـت هوادهی در دو مرحله می باشد. بخش سوم پایلوت عبارت اسـت از واحد ته نشینی ثقلی که در ناحیه کف دارای شـیب ملایمـی در حدود ۳٪ به سمت لوله تخلیه لجن می باشد که ایـن بخـش نیز توسط تیغه (بفل) سراسری (یکپارچـه) از بخـش دوم مجـزا شده است و ارتفاع آن ۵۳/۷۰ سانتی متر مـی باشـد. در داخـل راکتورها از مـدیا یـا آکنـه بـه عنـوان بـستر ثابـت بـرای رشـد میکروارگانیسم ها بر روی آن ها استفاده شـده اسـت. مـدیاهای موردنظر از جـنس پـی وی سـی (P.V.C) و بـه صـورت ورق هایی به طول ۲۸، عرض ۲۰/۷۵ و ضـخامت ۰/۵ سـانتی متـــر می باشد که سینوس هایی به ارتفاع ۱/۵ سانتی متر دارنـد و در هر دو بخش (راکتورهای هوازی با جریان رو بـه پـایین و رو بـه بالا) تعداد ۲۱ عدد مدیا وجود دارد که این ۲۱ عدد مـدیا در دو ردیف بر روی یکدیگر قرار دارنـد و در ردیـف پـایین تعـداد ۱۱ عدد صفحه پی وی سـی کـه از ناحیـه ارتفـاع سـینوس هـا بـه یکدیگر متصل شده اند و در ردیف بالا ۱۰ عدد از این صـفحات که از ناحیه ارتفاع سینوس ها بـه یکـدیگر متـصل مـی باشـند، وجود دارد.

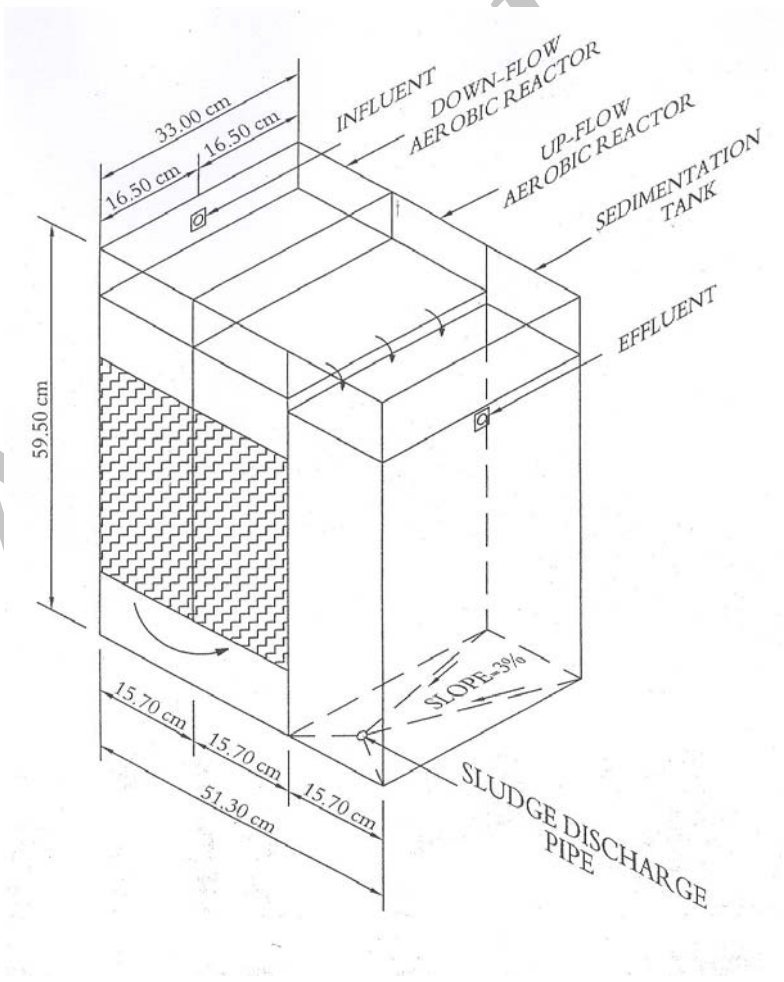
به منظور توزیـع یکنواخـت هـوا در بخـش اول و دوم پایلوت ، در کف هر یـک از آن هـا یـک هـواده عمقـی ، از نـوع سنگ هوای مدور حلقه ای شکل به قطر ۱۵ سـانتی متـر، قـرار داده شده است که هوا می تواند به راحتی از طریق آن هـا و بـه طور یکنواخت و مناسب به درون راکتور راه یابـدو جهـت تهیـه خوراک پایلوت، فاضلاب مصنوعی با مخلوط کردن اوره و نمـک های بافر فسفات در محلول آب و ملاس به نـسبت هـای معـین تهیه شد تا همواره نسبت C/N/P معادل۱۰۰/۰/۱ برای هر یک از غلظت های ۵۰۰ ، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر تنظـیم گردد. جهت ذخیره سازی فاضلاب مصنوعی نیز از مخـازن ۱۲۰ لیتری استفاده گردید که تمامی این مخازن توسط شلنگ هـای رابط به یکدیگر متصل بوده و باتوجـه بـه مـرتبط بـودن آن هـا همواره سطح فاضلاب درون این مخازن در ارتفاع یکـسان قـرار داشت و فاضلاب موردنیـاز از آخـرین مخـزن جهـت تغذیـه بـه سیستم انتقال مـی یافـت. همچنـین باتوجـه بـه غلظـت هـای مختلف فاضلاب و دبی های متغیر به منظـور تنظـیم جریـان از یک دستگاه پمپ تزریق (دوزینگ پمپ) با حداکثر ظرفیـت ۲۴ لیتر در ساعت و توان ۰/۱کیلو وات و بـه منظـور تـأمین هـوای موردنیاز راکتور از یک عدد کمپرسور هوای فـشرده بـا ظرفیـت ۱۵۰ لیتر در ساعت استفاده شده است.

شکل های ۱ و ۲ نمایی از پـایلوت مـورد اسـتفاده در این تحقیق را نشان می دهند.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۱- نمایی از پایلوت پلاکسی گلاس



شکل ۲- نمایی از پایلوت پلاکسی گلاس

www.SID.ir

- **روش انجام آزمایشات**

کلیه آزمایش های انجام شده در این تحقیق براساس دستورالعمل های ارایه شده در کتاب استاندارد متد انجام گرفته است(۵). برای انتخاب بهترین روش آزمایشگاهی نیز پس از بررسی کلیه روش های موجود در کتاب مذکور و باتوجه به تجهیزات و امکانات موجود در آزمایشگاه محیط زیست واحد علوم و تحقیقات تهران دانشگاه آزاد اسلامی، بهترین روش انتخاب و آزمایش های مربوط انجام گرفت.

مراحل مختلف تحقیق

مراحل اجرایی تحقیق را پس از نصب الکتروپمپ تزریق از نظر غلظت COD یا مشخصه کیفی فاضلاب می توان به ۳ مرحله کلی یعنی غلظت های ۵۰۰ ، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر تقسیم نمود و از لحاظ کمی با توجه به زمان هوادهی یا ماند در دو بخش هوادهی، هر مرحله به ۳ مرحله مجزای دیگر شامل زمان های هوادهی ۱۶، ۸ و ۴ ساعت قابل تقسیم است که در مجموع ۹ مرحله به شرح جدول ۱خواهد بود.

جدول ۱- مراحل مختلف تحقیق

مراحل اجرایی	غلظت COD	زمان هوادهی (ساعت)	بار آلی(گرم COD بر متر مربع در روز)
مرحله اول	۵۰۰	۱۶	۱۶/۳۲
مرحله دوم	۵۰۰	۸	۳۴/۵۶
مرحله سوم	۵۰۰	۴	۶۳/۱۲
مرحله چهارم	۱۰۰۰	۱۶	۳۳/۳۶
مرحله پنجم	۱۰۰۰	۸	۴۴/۶۴
مرحله ششم	۱۰۰۰	۴	۱۲۵/۲۸
مرحله هفتم	۱۵۰۰	۱۶	۵۰/۴۰
مرحله هشتم	۱۵۰۰	۸	۱۰۱/۵۲
مرحله نهم	۱۵۰۰	۴	۱۸۸/۴۰

نتایج تحقیق

در جدول ۲ مقادیر متوسط pH ورودی و خروجی، COD ورودی و خروجی ، بازده حذف COD و بار آلی در هر مرحله اجرایی ارایه شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- مقادیر متوسط نتایج حاصل از عملکرد سیستم در مراحل اجرایی

مراحل اجرایی	pH		COD			بار آلی (گرم COD بر متر مربع در روز)
	ورودی	خروجی	ورودی (میلی گرم بر لیتر)	خروجی (میلی گرم بر لیتر)	درصدحذف (٪)	
مرحله اول	۶/۹۸	۷/۳۱	۵۰۱/۵۶	۱۹/۵۲	۹۶/۱۱	۱۶/۳۲
مرحله دوم	۶/۹۸	۷/۳۱	۵۰۳/۶۷	۳۱/۸۸	۹۳/۶۷	۳۴/۵۶
مرحله سوم	۶/۹۴	۷/۳۰	۴۹۹	۵۴/۰۸	۸۹/۱۷	۶۳/۱۲
مرحله چهارم	۶/۸۶	۷/۲۸	۱۰۲۶	۱۲۳/۸۵	۸۷/۹۳	۳۳/۳۶
مرحله پنجم	۷/۰۱	۷/۳۰	۹۹۵/۳۳	۱۶۲/۴۶	۸۳/۶۷	۴۴/۶۴
مرحله ششم	۶/۹۳	۷/۳۳	۹۹۴/۸۳	۲۲۵/۵۶	۷۷/۳۳	۱۲۵/۲۸
مرحله هفتم	۶/۷۳	۷/۱۵	۱۵۱۵/۸۳	۴۵۹/۷۹	۶۹/۶۷	۵۰/۴۰
مرحله هشتم	۶/۸۸	۷/۲۲	۱۵۱۲	۵۷۹/۶۰	۶۱/۶۷	۱۰۱/۵۲
مرحله نهم	۶/۷۹	۷/۲۶	۱۵۰۶/۶۷	۷۱۰/۷۷	۵۲/۸۳	۱۸۸/۴۰

بررسی اثر افزایش غلظت COD در زمان هوادهی ثابت

- **بررسی بازده حذف COD در غلظت های متفاوت**

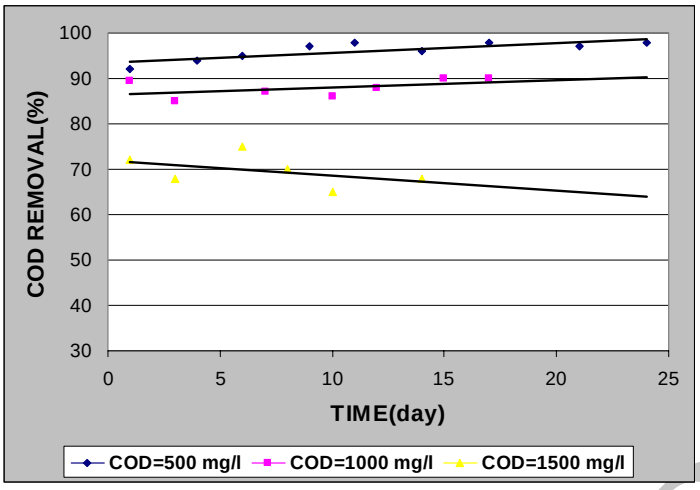
بازده حذف COD در غلظت های ۵۰۰ ، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر پس از پایداری سیستم در نمودارهای ۵-۳ به ترتیب مربوط به زمان هوادهی ۱۶، ۸ و ۴ ساعت نشان داده شده است. با افزایش غلظت COD از ۵۰۰ به ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر بازده حذف COD به طور میانگین از ۹۲/۹۸ ٪ به ۶۱/۳۹٪ کاهش می یابد و در غلظت COD ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر بازده حذف نسبت به COD ۵۰۰ میلی گرم در لیتر تفاوت کمی را نشان می دهد و به طور میانگین ۸۲/۹۸ ٪ می باشد.

- **بررسی تغییرات بار آلی در غلظت های متفاوت**

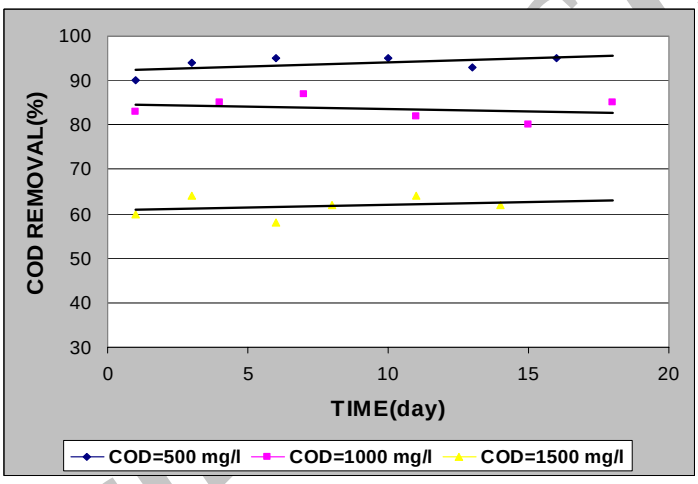
تغییرات بار آلی در غلظت های ۵۰۰ ، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر درنمودارهای ۶ تا ۸ ترسیم شده است. با توجه به این که بیشترین بار آلی مربوط به غلظت بالا (۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر) که مقدار متوسط آن ۱۱۳/۵۲ گرم COD بر متر مربع در روز و کمترین آن مربوط به غلظت پایین (۵۰۰ میلی گرم در لیتر) است که مقدار متوسط آن ۳۷/۹۲ گرم COD بر متر مربع در روز می باشد، می توان با بازده حذف COD مورد نیاز بار آلی مورد نیاز جهت طراحی سیستم را تعیین نمود و از نمودارهای مذکور می توان نتیجه گرفت که در غلظت COD ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر بار آلی بهینه با مقدار متوسط ۶۷/۶۸ گرم COD بر متر مربع در روز به سیستم اعمال می شود.

Archive of SID

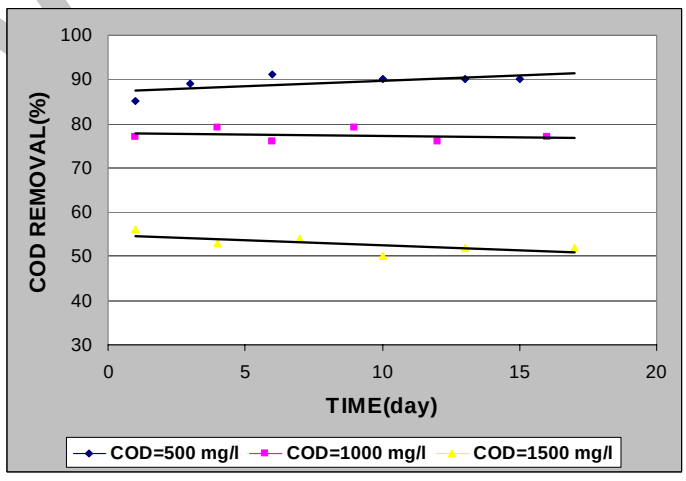
www.SID.ir



نمودار ۳- بازده حذف COD در غلظت های متفاوت و زمان هوادهی ۱۶ ساعت



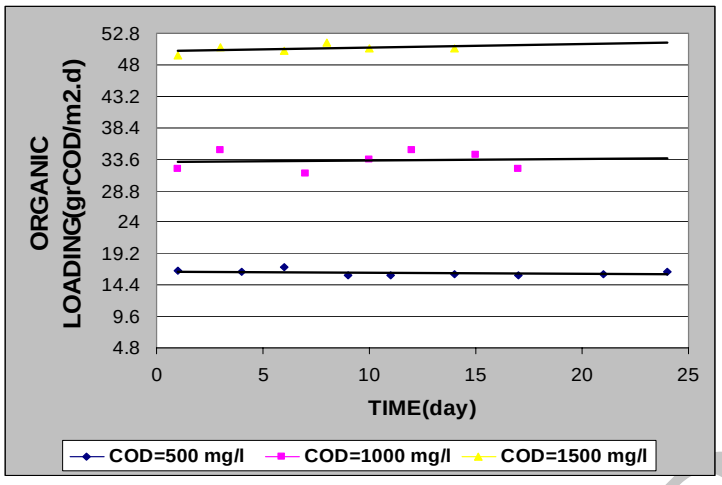
نمودار ۴- بازده حذف COD در غلظت های متفاوت و زمان هوادهی ۸ ساعت



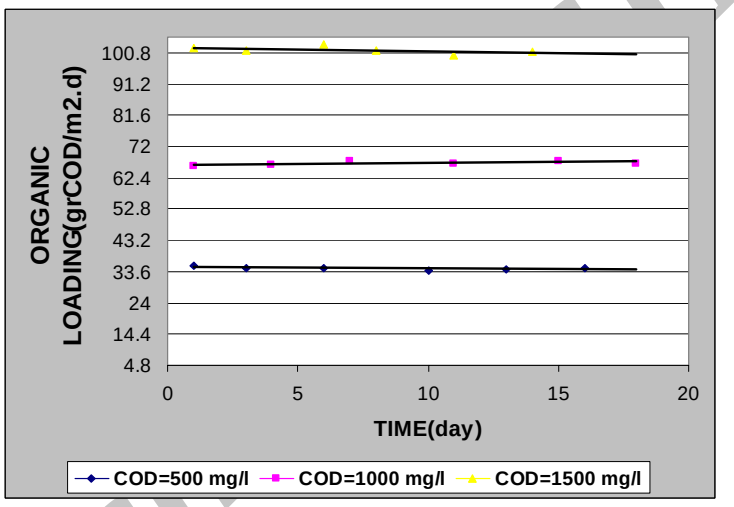
نمودار ۵- بازده حذف COD در غلظت های متفاوت و زمان هوادهی ۴ ساعت

Archive of SID

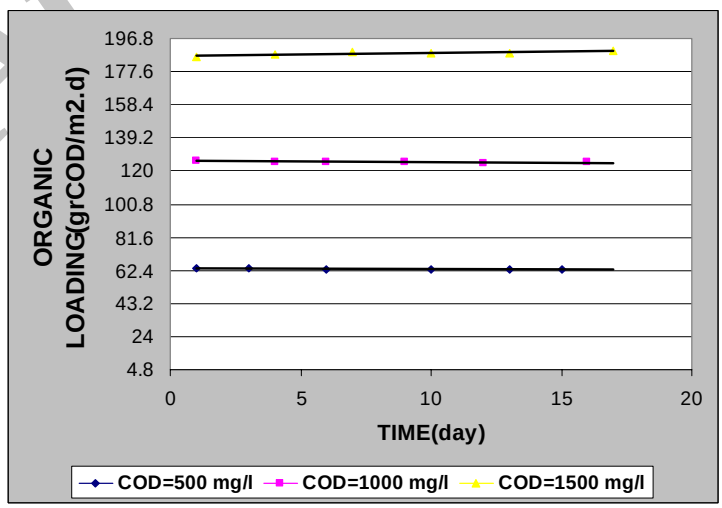
www.SID.ir



نمودار ۶- تغییرات بار آلی در غلظت های متفاوت و زمان هوادهی ۱۶ ساعت



نمودار ۷- تغییرات بار آلی در غلظت های متفاوت و زمان هوادهی ۸ ساعت



نمودار ۸- تغییرات بار آلی در غلظت های متفاوت و زمان هوادهی ۴ ساعت

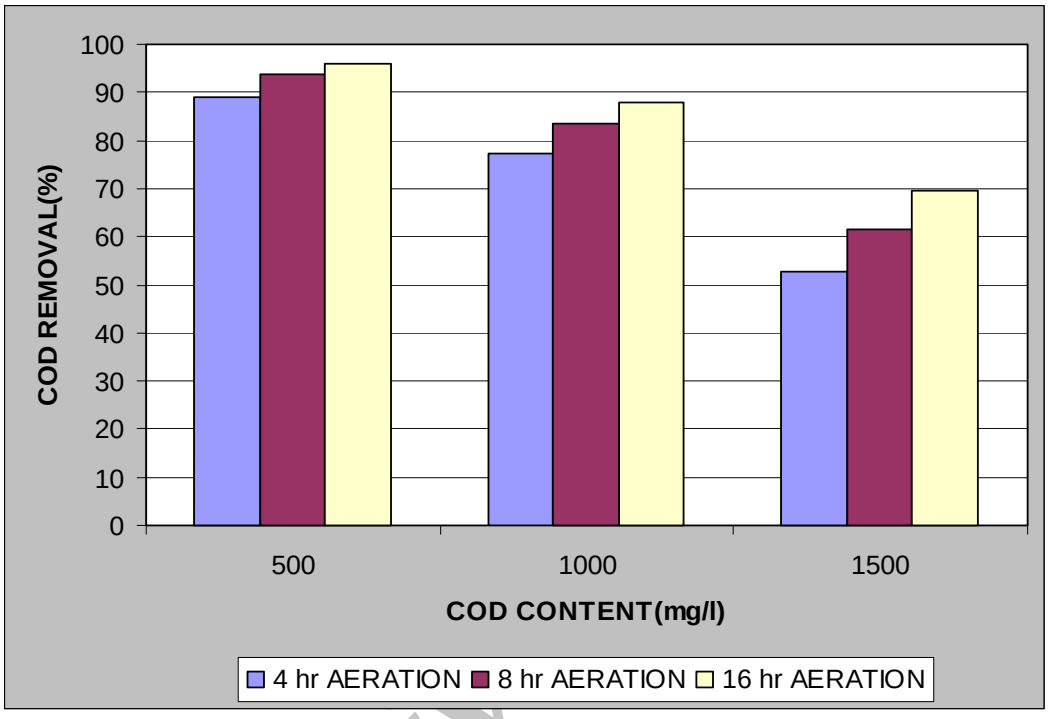
Archive of SID

www.SID.ir

بررسی اثر کاهش زمان هوادهی در غلظت COD ثابت

- **بررسی اثر کاهش زمان هوادهی در بازده حذف COD**

با توجه به نمودار ۹ می توان نتیجه گرفت که با کاهش زمان هوادهی از ۱۶ به ۴ ساعت، بازده حذف COD نیز به طور میانگین از ۸۴/۵۷٪ به ۷۳/۱۱٪ کاهش می یابد و با توجه به زمان های هوادهی ۱۶ ، ۸ و ۴ ساعت، بهترین زمان هوادهی ۸ ساعت با بازده حذف COD با میانگین ۷۹/۶۸٪ می باشد.



نمودار ۹- تغییرات کاهش زمان هوادهی در بازده حذف COD

نتیجه گیری

با توجه به اطلاعات به دست آمده، نتیجه گیری مطالعه حاضر به شرح زیر می باشد:

- در بارهای آلی ۱۶/۳۲، ۳۳/۳۶ و ۵۰/۴۰ گرم COD بر متر مربع در روز و غلظت های COD ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر مقادیر متوسط بازده حذف COD به ترتیب ۹۶/۱۱، ۸۷/۹۳ و ۶۹/۶۷٪ می باشد.
- در بارهای آلی ۳۴/۵۶، ۴۴/۶۴ و ۱۰۱/۵۲ گرم COD بر متر مربع در روز و غلظت های COD ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر مقادیر متوسط بازده حذف COD به ترتیب برابر با ۹۳/۶۷، ۸۳/۶۷ و ۶۱/۶۷٪ می باشد.
- در بارهای آلی ۶۳/۱۲، ۱۲۵/۲۸و ۱۸۸/۴۰ گرم COD بر متر مربع در روز و غلظت های COD ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر مقادیر متوسط بازده حذف COD به ترتیب ۸۹/۱۷ ، ۷۷/۳۳ و ۵۲/۸۳٪ می باشد.
- کاهش زمان هوادهی از ۱۶ به ۸ ساعت باعث کاهش بازده حذف COD به طور میانگین از ۸۴/۵۷ به ۷۹/۶۷٪ (حدوداً ۶٪) می شود، در حالی که در کاهش زمان هوادهی از ۸ به ۴ ساعت، کاهش بازده حذف COD به طور میانگین از ۷۹/۶۷ به ۷۳/۱۱٪ (حدوداً ۸ ٪) می شود.

Archive

www.SID.ir

- زمان هوادهی ۸ ساعت با بار های آلی ۳۴/۵۶ ، ۴۴/۶۴ و ۱۰۱/۵۲ گرم COD بر متر مربع در روز در غلظت های COD ۵۰۰ ، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر به عنوان مطلوب ترین زمان سیستم جهت هوادهی می باشد.

منابع

۱. حسینیان، سیدمرتضی، "اصول طراحی تصفیه خانه های فاضلاب شهری و پساب صنعتی" ، چاپ اول ، انتشارات آینده سازان ، ۱۳۷۷.

2. Alleman, J.E., "The History of Fixed-Film Wastewater Treatment Systems", Article-Biofilmhistory. html, 2000.
3. Metcalf & Eddy, "Wastewater Enginerring; Treatment, Disposal and Reuse", Fourth Edition, Mc Graw-Hill, 2003.
4. Schlegel, S. & Telchraber, B., "Operational Results and Experience with Submerged Fixed-film Reactors in the Pretreatment of Industrial Effluents", Water Science and Technology, Vol.41, No.4-5, pp 453-459, 2000.
5. Standard methods for examination of water & wastewater, 18th edition, 1992.

Archive of SID

www.SID.ir