کمینه کردن تولید لجن در فرآیندهای لجن فعال

سید علیرضا مؤمنی [۱] سید احمد میرباقری [۲]

(دریافت ۸٤/۶/۵ پذیرش ۸٤/۱۰/۳)

چکیده

از جمله مشکلات اصلی فرآیندهای لجن فعال، دفع لجن مازاد تولیدی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب است که اعتراضات زیادی را نیز به دنبال دارد. در این تحقیق کاهش تولید لجن مازاد به وسیله افزایش اکسیژن محلول حوضچه هوادهی بررسی شده است. تحقیق، در مقیاس پایلوت شامل واحدهای حوضچه ته‌نشینی اولیه، حوضچه‌هوادهی، حوضچه ته‌نشینی ثانویه و تجهیزات برگشت لجن است. حجم مفید حوضچه هوادهی برابر ۳٦۰ لیتر بوده و جریان ورودی ۹۰ لیتر در ساعت است. فاضلاب ورودی پایلوت، از فاضلاب خروجی واحد دانه‌گیری تصفیه‌خانه فاضلاب شمال اصفهان تأمین شده و در مدت زمان حدود ۵ ماه به صورت روزانه آزمایشهای لازم بر روی فاضلاب بخشهای مختلف پایلوت انجام پذیرفته است. نتایج حاصل از تحقیق نشانگر این مطلب است که افزایش اکسیژن محلول حوضچه هوادهی در کاهش میزان لجن مازاد سیستم لجن فعال مؤثر بوده، به گونه‌ای که با افزایش اکسیژن محلول از ۰/۵ به ۴/۵ میلی‌گرم بر لیتر، میزان لجن مازاد حدود ۲۵درصد کاهش یافته است. تغییرات اکسیژن محلول بر خاصیت ته‌نشینی لجن نیز مؤثر بوده است. با افزایش اکسیژن محلول، اندیس حجمی لجن ابتدا کاهش و سپس افزایش یافته است. محدوده مناسب اکسیژن محلول از نظر خاصیت ته‌نشینی لجن، میزان ۱ تا ۳ میلی‌گرم بر لیتر و میزان بهینه آن برابر ۲ تا ۲/۵ میلی‌گرم بر لیتر تعیین گردید. لازم به ذکر است که با افزایش اکسیژن محلول به بیش از ۳ میلی‌گرم بر لیتر، خاصیت ته‌نشینی لجن به شدت کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: *کمینه کردن، اکسیژن محلول، لجن مازاد، فرآیند لجن فعال.*

۱- دانش آموخته مهندسی عمران – محیط زیست، دانشگاه شیراز
seyyedalirezam@yahoo.com
۲- دانشیار بخش راه و ساختمان- دانشکده مهندسی، دانشگاه شیراز

Minimization of Excess Sludge in Activated Sludge Systems

Sayed Ali Reza Momeni[1], Sayed Ahmad Mirbagheri[2]

Abstract

The disposal of excess sludge from wastewater treatment plant represents a rising challenge in activated sludge processes. Hence, the minimization of excess sludge production was investigated by increasing the dissolved oxygen in aeration basin. Units of the pilot include: Primary sedimentation tank, aeration basin, secondary sedimentation tank, and return sludge tank. Volume of aeration basin is 360 l and influent flow rate is 90 L/h. Influent of pilot is taken from effluent of grit chamber of Isfahan's North Wastewater treatment plant. The experiments were done on different parts of pilot during the 5 month of study. Results show that increase of dissolved oxygen in aeration tank affect on decrease of excess sludge. Increase of dissolved oxygen from 0.5 to 4.5 mg/L resulted in 25% decrease of excess sludge. Variation of dissolved oxygen affect on settleability of sludge too. By increase of dissolved oxygen, SVI decreased and then increased. Value of 1-3 mg/L was the adequate range of dissolved oxygen by settleability of sludge and optimum range was 2-2.5 mg/L. It could be concluded by increasing of dissolved oxygen up to of 3 mg/L, sludge settleability significant decreased.

Keywords: *Minimization, Dissolved Oxygen Excess Sludge, Activated Sludge. Process.*

1- MSc. of Environmental Engineering, Dept. of Civil Engineering, University of Shiraz
2- Associate Prof. of Civil Engineering, University of Shiraz

Archive of SID

www.SID.ir

۱- مقدمه

تصفیه فاضلابها همواره با تولید دو بخش مجزای پساب و لجن همراه می‌باشد. پساب پس از تصفیه ثانویه، غالباً کیفیتی مطلوب برای دفع به محیط دارد؛ در حالی که لجن به دلیل آلودگی بسیار زیاد نیاز به تصفیه و تثبیت دارد. تصفیه فاضلاب در اصل با تغلیظ ناخالصیها و آلاینده‌های موجود در آنها و جداسازی از فاز مایع صورت می‌گیرد. بخش جدا شده که حاوی غلظت بسیار بالایی از آلاینده‌ها می‌باشد، محتوی مواد نامطلوبی بوده و باید به طور صحیح تصفیه و دفع گردد؛ این بخش به طور کلی "لجن" نامیده می‌شود. در یک تصفیه‌خانه فاضلاب شهری، تأسیسات تصفیه و تثبیت لجن به مراتب حساس‌تر، تخصصی‌تر و پرهزینه‌تر از سایر واحدها می‌باشد؛ به طوری که وسایل تصفیه و دفع لجن به طور معمول ۴۰ تا ۶۰ درصد هزینه ساخت و تا ۵۰ درصد هزینه راهبری یک تصفیه‌خانه را به خود اختصاص می‌دهند و سهم عمده‌ای از مشکلات بهره‌برداری مربوط به این تأسیسات را ایجاد می‌نمایند. براین اساس بایستی توجه خاصی به بهینه‌سازی فنی و اقتصادی روشهای تصفیه و تثبیت لجن معطوف گردد [۱].

فناوری اصلی در فرآیند تصفیه فاضلاب حذف مواد آلی توسط اکسیداسیون بیولوژیکی می‌باشد. محصولات نهایی این فرآیند، سلول‌های جدید (لجن)، دی‌اکسید کربن، محصولات میکروبی محلول و آب، می‌باشد. از فرآیند لجن فعال به طور گسترده در سراسر جهان در تصفیه فاضلابهای شهری و صنعتی استفاده می‌شود. تولید روزانه لجن مازاد حاصل از فرآیند لجن فعال متعارف، حدود ۱۵ تا ۱۰۰ لیتر به ازای حذف هر کیلوگرم BOD_5 می‌باشد که حاوی بیش از ۹۵درصد آب است [۲].

از آنجا که لجن تولید شده به عنوان یک ماده زائد همواره باید با استفاده از یک روش مقرون به صرفه به محیط تخلیه شود، تولید بیوماس، حائز اهمیت اقتصادی می‌باشد. امروزه راهکارهای کمینه کردن تولید لجن مازاد در فرآیند لجن فعال، در حال تبدیل به یک موضوع بسیار عملی است. بنابراین، به نظر می‌رسد که مرور روشهایی که برای کاهش تولید لجن از فرآیند لجن فعال در مقیاس صنعتی استفاده می‌شود بسیار ضروری است [۳].

عمده روشهای فرآیندی برای کنترل لجن مازاد تولیدی در فرآیند لجن فعال عبارت‌اند از:

- فرآیند هوازی با ته‌نشینی بی‌هوازی[1] [۴]؛
- فرآیند لجن فعال توأم با ازن‌زنی[2] [۵]؛
- کنترل زمان ماند لجن و تجزیه بیولوژیکی لجن[3] [۶]؛ و
- فرآیند اکسیژن محلول بالا[4] [۷].

وست گارت و همکارانش[5] در سال ۱۹۶۴ برای اولین بار گزارش کردند که افزودن مرحله بی‌هوازی در فرآیند لجن فعال با بار زیاد در مقایسه با روش متعارف بدون راکتور بی‌هوازی، میزان لجن مازاد تولیدی را به نصف کاهش می‌دهد [۸].

تحقیقات کامیا[6] و هیروتسوجی[7] در سال ۱۹۹۸ نشان داده است که با استفاده از ازن به میزان ۱۰ میلی‌گرم به ازای هر گرم MLSS در حوضچه هوادهی در هر روز، تولید لجن مازاد را به میزان ۵۰درصد کاهش می‌دهد. در صورتی که این میزان به بیش از ۲۰میلی‌گرم به ازای هر گرم MLSS برسد، لجن مازاد تولید نخواهد شد [۵].

استال[8] و شرارد[9] در سال ۱۹۷۶ گزارش کرده‌اند که با افزایش زمان ماند سلولی از ۲ به ۱۸ روز، تولید لجن مازاد تا ۶۰ درصد کاهش یافته در حالی که راندمان حذف COD ثابت می‌ماند [۹]. نتایج گزارش شده توسط واندرلیچ و همکاران[10] در سال ۱۹۸۵ به طور واضح نشان می‌دهد که در سیستم لجن فعال اکسیژن خالص، چنانچه زمان ماند سلولی از ۳/۷ به ۸/۷ روز افزایش یابد، تولید لجن، به ازای حذف هر میلی‌گرم COD از ۰/۳۸ به ۰/۲۸ میلی‌گرم جامدات معلق فرار[11] کاهش می‌یابد [۱۰].

در فرآیند لجن فعال متعارف، تأمین اکسیژن محلول به واسطه افزایش میزان بار تجهیزات تصفیه نقش محدود کننده بازی می‌کند. نتایج حاصل از فرآیند اکسیژن خالص لجن فعال نشان دهنده این مطلب است که رشد محصول‌دهی در مقایسه با سیستم لجن فعال متعارف، حتی در میزان بارگذاری بالای لجن، می‌تواند تا ۵۴درصد کاهش یابد. بون[12] و بورگس[13] در سال ۱۹۷۴ تولید لجن در سیستم‌های لجن فعال هوا و اکسیژن را مقایسه کرده و دریافتند که در زمان ماندهای سلولی مشابه، میزان لجن به دست آمده در سیستم اکسیژن خالص فقط ۶۰ درصد این میزان در سیستم هوا می‌باشد [۱۱]. عباسی و همکارانش در سال ۲۰۰۰ گزارش کردند که در صورت افزایش DO از ۱/۸ به ۶ میلی‌گرم بر لیتر در لجن فعال متعارف در راکتور در مقیاس آزمایشگاهی، تولید لجن مازاد از ۰/۲۸ به ۰/۲ mg MLSS/mg BOD_5 کاهش می‌یابد [۷].

---

[1] Oxic-Settling-Anaerobic Process
[2] Ozonation- Combined Activated Sludge Process
[3] Control of Sludge Retention time and Biodegradation of Sludge
[4] High Dissolved Oxygen Process
[5] Westgarth et al.
[6] Kamiya
[7] Hirotsuji
[8] Stall
[9] Sherrard
[10] Wunderlich et al.
[11] Volatile Suspended Solids (VSS)
[12] Boon
[13] Burgess

Archive of SID
www.SID.ir

از طرفی تاکنون مکانیسم کاهش لجن تولیدی با استفاده از راهکار افزایش اکسیژن محلول کاملاً روشن نشده است. به منظور شرح ارتباط اکسیژن محلول با کاهش محصول‌دهی، مک ویرتر[1] در سال ۱۹۷۸ مشخص کرد که غلظت بالای اکسیژن محلول باعث تولید مقدار بیشتری بیوماس فعال و در نتیجه میزان تولید کمتر لجن خواهد شد [۳]. می‌توان چنین عنوان کرد که افزایش غلظت اکسیژن در مایع راکتور باعث انتشار عمقی اکسیژن می‌شود و این امر باعث افزایش حجم هوازی درون لخته بیولوژیکی[2] می‌گردد. نتیجه این مسأله این خواهد بود که بیوماس هیدرولیز شده موجود در بافت لخته، قابلیت تجزیه هوازی را پیدا کرده و در نتیجه مقدار لجن کاهش می‌یابد.

در این تحقیق، تأثیر تغییرات اکسیژن محلول در حوضچه هوادهی بر میزان لجن مازاد سیستم لجن فعال، با استفاده از فاضلاب شهری در مقیاس پایلوت و نیز اثر آن بر راندمان تصفیه بررسی شده است.

۲- مواد و روشها

۲-۱- شرح پایلوت

پایلوت شامل واحدهای عملیات فیزیکی مرکب از پمپاژ، سرریز تنظیم دبی ورودی ، حوضچه ته‌نشینی اولیه، حوضچه ته‌نشینی ثانویه، حوضچه برگشت لجن و واحد بیولوژیکی حوضچه هوادهی می‌باشد (شکل ۱).

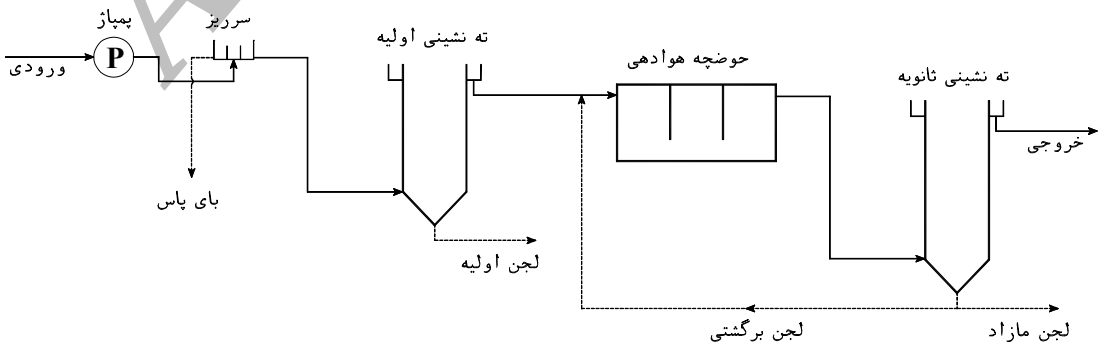
دستگاه پایلوت در مجاورت کانال فاضلاب ورودی حوضچه‌های ته‌نشینی اولیه تصفیه‌خانه فاضلاب شمال اصفهان مستقر گردیده و فاضلاب آشغالگیری و دانه‌گیری شده توسط پمپ مستغرق فاضلابی به پایلوت منتقل می‌شود. براساس محاسبات انجام شده، دبی مناسب دستگاه پایلوت برای ایجاد شرایط سیستم لجن فعال اختلاط کامل[3] به طور متوسط برابر ۹۰ لیتر در ساعت بوده که به منظور دست‌یابی به میزان جریان فاضلاب مورد نظر از حوضچه‌ای سه قسمتی مجهز به دو سرریز مثلثی و مستطیلی استفاده شده است.

فاضلاب پس از تنظیم، به مخزن ته‌شینی اولیه هدایت می‌شود. این حوضچه استوانه‌ای دارای قطری برابر ۵۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر بوده و زمان ماندی حدود ۲ ساعت را تأمین می‌کند. قسمت پایین مخزن به شکل مخروط و برای جمع‌آوری و ذخیره لجن درنظر گرفته شده است. فاضلاب توسط لوله‌ای از مرکز مقطع پایینی استوانه وارد مخزن ته‌نشینی شده و از سرریزهای مثلثی یک‌طرفهٔ تعبیه شده در قسمت بالایی استوانه، خارج می‌شود. لجن ته‌نشین شده نیز چندین بار در روز، توسط لوله‌ای از انتهای پایینی قسمت مخروطی به صورت متناوب تخلیه می‌شود.

فاضلاب خروجی از مخزن ته‌نشینی اولیه به منظور تکمیل فرآیند تصفیه و حذف BOD باقیمانده تا حد مورد نظر، وارد حوضچه هوادهی می‌گردد. حوضچه هوادهی به شکل مکعب مستطیل و به طول ۱۲۵ سانتی‌متر، عرض ۶۰ سانتی‌متر و عمق ۴۸ سانتی‌متر بوده و دارای ارتفاع آزادی حدود ۱۲ سانتی‌متر می‌باشد. به این ترتیب حجم مفید حوضچه حدود ۳۶۰ لیتر می‌باشد که با توجه به دبی ورودی، ۹۰ لیتر در ساعت، زمان ماند ۴ ساعت را برای انجام فرآیند تصفیه فراهم می‌آورد. به منظور جلوگیری از پدیده اتصال کوتاه[4] بین ورودی و خروجی حوضچه هوادهی، دو مانع عرضی داخل این حوضچه تعبیه شده که ضمن جلوگیری از این پدیده، جریان را به سمت جریان قالبی یا نهرگونه سوق می‌دهد.

هوادهی مورد استفاده در این پایلوت از نوع عمقی می‌باشد. به منظور تأمین هوای مورد نیاز، از یک دستگاه کمپرسور استفاده شده

[1] Mc Whirter
[2] Floc
[3] Complete-mix activated sludge
[4] Short circuiting



شکل ۱- نمودار جریان در پایلوت تصفیه‌خانه

Archive of SID
www.SID.ir

است. برای تنظیم هوای مورد نیاز، لوله خروجی کمپرسور مجهز به شیر تخلیه بوده و هوای تنظیمی با استفاده از شیلنگ‌های پلاستیکی به دیفیوزرهای تعبیه شده در کف حوضچه هوادهی منتقل می‌گردد. برای تنظیم تزریق یکنواخت هوا در سرتاسر حوضچه، کلیه شیلنگ‌ها مجهز به شیر تنظیم می باشند؛ بدین ترتیب می‌توان میزان هوای مورد نظر در حوضچه را تنظیم و تأمین نمود.

حوضچه ته‌نشینی ثانویه نیز همانند حوضچه ته‌نشینی اولیه است و قسمت پایین آن به شکل مخروط و برای جمع‌آوری و ذخیره لجن درنظر گرفته شده است. فاضلاب خروجی از حوضچه هوادهی توسط لوله‌ای از مرکز مقطع پایینی استوانه وارد مخزن ته‌نشینی شده و از سرریزهای مثلثی یکطرفه تعبیه شده در قسمت بالایی استوانه خارج می‌شود. لجن ته‌نشین شده نیز توسط لوله‌ای از انتهای پایینی قسمت مخروطی به حوضچه برگشت لجن منتقل می‌گردد. بخش اعظم لجن حوضچه برگشت لجن با استفاده از یک دستگاه پمپ کوچک به صورت مداوم به حوضچه هوادهی منتقل شده و بخش مازاد آن به صورت منقطع دفع می‌گردد.

۲-۲- نمونه‌برداری و آزمایشها

به منظور پایش عملکرد پایلوت، کنترل پارامترهای بهره‌برداری و ایجاد تغییرات مورد نظر در آنها و همچنین بررسی تأثیر تغییرات اعمال شده بر روی این پارامترها و به خصوص اثر تغییر اکسیژن محلول بر میزان لجن تولیدی سیستم، نمونه‌برداری به صورت روزانه از ورودی و خروجی ته‌نشینی اولیه و سیستم لجن فعال ونیز از حوضچه هوادهی انجام گردیده است. نمونه‌های برداشت شده به آزمایشگاه منتقل شده و آزمایشهای لازم برای تعیین پارامترهای کیفی فاضلاب براساس کتاب روشهای استاندارد برای آزمایشهای آب و فاضلاب بر روی آنها انجام شده است. بخشی از آزمایشهای انجام شده به منظور تعیین کیفیت فاضلاب ورودی به پایلوت، ورودی به حوضچه هوادهی و خروجی از حوضچه ته‌نشینی ثانویه و در نتیجه تعیین راندمان حذف هر یک از واحدها می‌باشد. بخشی دیگر از آزمایشها مربوط به فرآیند لجن فعال و کنترل و بهره‌برداری این بخش است. با انجام این بخش از آزمایشها، میزان اکسیژن محلول حوضچه هوادهی تنظیم شده و میزان لجن برگشتی و لجن مازاد نیز تعیین می‌شود تا شرایط بهره‌برداری، یکنواخت و پایدار نگهداری شود.

۳- نتایج و بحث

در ابتدا برای تعیین نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف[1] استفاده شده است. این آزمون برای کل نتایج حاصل به تفکیک نوع آزمایش و محل نمونه‌برداری انجام شده است.

۳-۱- عملکرد پایلوت در حذف BOD_5

مقایسه بین BOD_5 ورودی و خروجی می‌تواند معیار خوبی برای نحوه عملکرد یک تصفیه‌خانه باشد. با در نظر گرفتن میزان BOD_5 ورودی و خروجی و همچنین درصد حذف BOD_5 در یک تصفیه‌خانه، می‌توان تا حدودی به نحوه عملکرد میکروارگانیسم‌ها برای تجزیه و تثبیت مواد آلی و در نهایت تصفیه بیولوژیکی فاضلاب پی برد.

نتایج آزمایشها بر روی BOD_5 ورودی و خروجی پایلوت نیز می‌تواند گویای نحوه عملکرد آن باشد. برای دستیابی به این موضوع میزان BOD_5 در ورودی و خروجی پایلوت و نیز ورودی حوضچه هوادهی به صورت روزانه در طول دوره تحقیق آزمایش شده و تغییرات آن مورد بررسی قرار گرفت که نتایج این آزمایشها به صورت شکل ۲ ارائه گردیده است.

همانطور که در این شکل ملاحظه می‌شود میزان BOD_5 ورودی از تغییرات زیادی برخوردار است؛ لکن این تغییرات در خروجی کاهش یافته به گونه‌ای که میزان BOD_5 خروجی از پایلوت در محدوده مقدار مجاز برای مصارف کشاورزی می‌باشد که این موضوع می‌تواند بیانگر نحوه عملکرد مناسب تصفیه‌خانه در جهت حذف BOD_5 و تصفیه فاضلاب باشد. متوسط غلظت BOD_5 در ورودی و خروجی پایلوت براساس نتایج و آزمایشهای طرح در طی دوره تحقیق به ترتیب ۲۲۴ و ۶۶ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد.

محدوده تغییرات BOD_5 ورودی در محدوده ۱۴۷ میلی‌گرم بر لیتر و ۳۴۳ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که دامنه تغییرات آن حدود ۱۹۵ است. میانگین BOD_5 خروجی برابر ۶۶ میلی‌گرم بر لیتر بوده و محدوده تغییرات داده‌ها برابر ۵۶ با میزان حداقل ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر و حداکثر ۹۶ میلی‌گرم بر لیتر است. مشاهده می‌شود که کل مقادیر در محدوده مجاز تخلیه پساب به منظور استفاده برای آبیاری فضای سبز است.

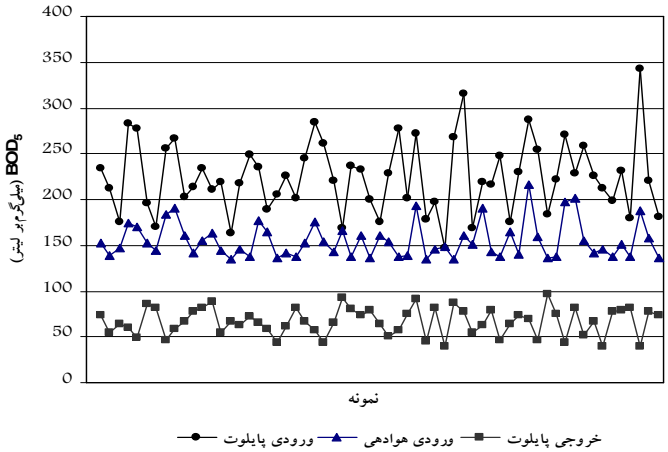
۳-۲- عملکرد پایلوت در حذف COD

شکل ۳، نحوه تغییرات COD ورودی و خروجی را نشان می‌دهد، همانطور که از این نمودار مشاهده می‌شود، متوسط غلظت COD در ورودی و خروجی پایلوت براساس نتایج و آزمایشهای طرح در طی دوره تحقیق به ترتیب ۵۱۶ و ۱۷۵ میلی‌گرم بر لیتر است.

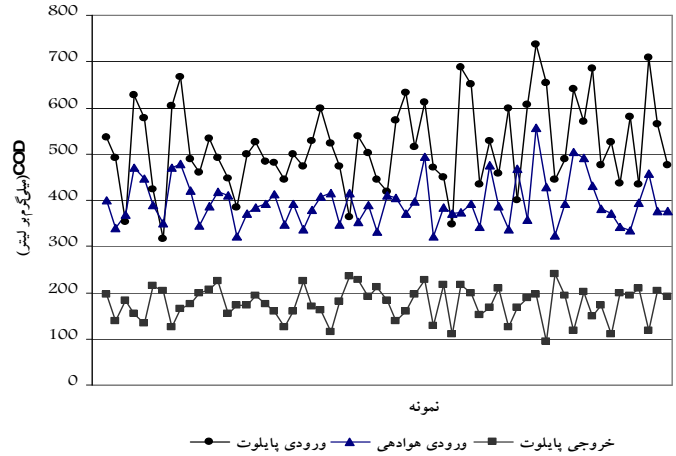
محدوده تغییرات COD ورودی پایلوت از ۳۱۶ میلی‌گرم بر لیتر تا ۷۳۶ میلی‌گرم بر لیتر بوده که دامنه تغییراتی برابر ۴۲۱ را

[1] Kolmogorov-Smirnov-test

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲- تغییرات BOD_5 فاضلاب در بخشهای مختلف پایلوت



شکل ۳- تغییرات COD فاضلاب در بخشهای مختلف پایلوت

دارا می‌باشد. این شرایط ورودی باعث شده است که مشخصات پساب خروجی پایلوت در محدوده استانداردهای مورد نظر برای استفاده از پساب باشد به طوری که با توجه به آزمایشهای دوره تحقیق، محدوده تغییرات COD خروجی از ۹۳ میلی‌گرم بر لیتر تا ۲۴۰ میلی‌گرم بر لیتر بوده که دامنه تغییراتی برابر ۱۴۷ داشته است.

۳-۳- عملکرد پایلوت در حذف TSS

مواد معلق در فاضلاب قسمتی از کل مواد جامد[1] موجود در آن می‌باشد که تعیین آن برای پیش‌بینی مقدار لجن حاصل از تصفیه فاضلاب اهمیت ویژه‌ای دارد. شکل ۴ نحوه تغییرات TSS ورودی و خروجی را نشان می‌دهد. همانطور که در این نمودار مشاهده می‌شود، متوسط غلظت TSS در ورودی و خروجی پایلوت براساس نتایج و آزمایشهای طرح در طی دوره تحقیق، به ترتیب ۳۱۹ و ۱۲۲ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

محدوده تغییرات TSS ورودی پایلوت از ۲۳۲ میلی‌گرم بر لیتر تا ۴۴۵ میلی‌گرم بر لیتر بوده که دامنه تغییراتی برابر ۴۲۱ دارد. از طرفی محدوده تغییرات TSS خروجی، از ۳۶ میلی‌گرم بر لیتر تا ۲۰۱ میلی‌گرم بر لیتر بوده که دامنه تغییراتی برابر ۱۶۵ داشته است.

۳-۴- میزان لجن تولیدی سیستم

برای بررسی تأثیر تغییرات اکسیژن محلول بر میزان لجن تولیدی فرآیند لجن فعال، شرایط بهره‌برداری پایلوت در مدت

[1] Total Solids (TS)

Archive of SID
www.SID.ir

تحقیق و دوره‌های مختلف با اکسیژن محلول متفاوت باید یکسان و یکنواخت باشد. از این رو به منظور کنترل این امر و حصول اطمینان از یکنواختی شرایط بهره‌برداری، به صورت روزانه از بخشهای مختلف پایلوت نمونه‌برداری شده و آزمایشهای لازم بر روی آنها انجام گرفته است. همزمان با انجام این آزمایشها که به منظور کنترل فرآیند می‌باشد، آزمایشها و بررسیهای لازم برای تعیین میزان لجن تولیدی سیستم انجام گرفته است. باتوجه به این که سیستم لجن فعال یک فرآیند با برگشت لجن می‌باشد ، میزان لجن دفعی سیستم برابر با میزان لجن تولیدی است. لذا با اندازه‌گیری میزان و غلظت لجن مازاد در هر روز که می‌باید دفع گردد ، میزان لجن تولیدی فرآیند به دست می‌آید.

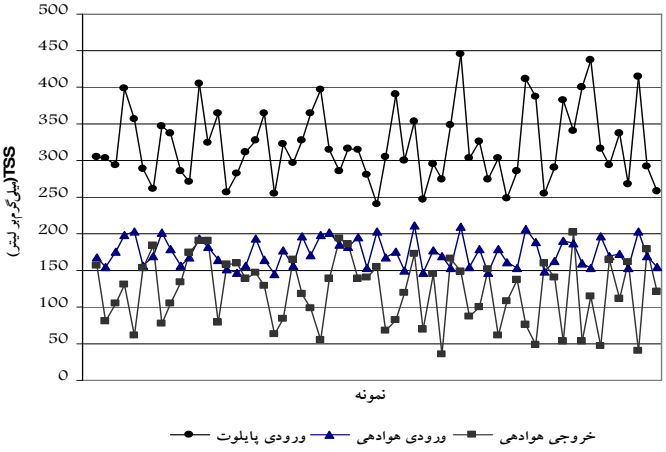
دوره تحقیق شامل چند مرحله بوده و در هر مرحله، میزان اکسیژن محلول، متفاوت از مراحل دیگر می‌باشد. مراحل اجرایی بدین صورت بوده که پس از راه‌اندازی اولیه سیستم و پایداری شرایط، اکسیژن محلول در حد ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر تنظیم شده و بهره‌برداری گردیده است. در طول این دوره آزمایشهای لازم شامل: BOD_5 ، COD ، TSS ، DO و اندیس حجمی لجن[1] به صورت روزانه انجام و میزان لجن دفعی اندازه‌گیری شده است. پس از پایان هر مرحله، با افزایش میزان اکسیژن محلول به حد مورد نظر، مجدداً حدود یک هفته زمان برای سازگاری سیستم در نظر گرفته شده است. در طول دوره سازگاری، آزمایشهای کنترلی به منظور تنظیم سیستم به صورت منظم و روزانه انجام پذیرفته است. پس از اطمینان از سازگاری سیستم با شرایط جدید، همانند مرحله قبل، آزمایشها بر روی نمونه‌های برداشتی از پایلوت، انجام شده است. اکسیژن محلول مورد بررسی در این تحقیق در محدوده ۰/۵ تا ۴/۵ میلی‌گرم بر لیتر و شامل ۰/۵، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۴/۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. این مقادیر به ترتیب صعودی در دوره‌های مختلف به سیستم اعمال شده و تغییرات حاصله ثبت و مورد بررسی قرار گرفته است.

در طول دوره بهره‌برداری از پایلوت، با افزایش اکسیژن محلول میزان لجن مازاد کاهش یافته که نشان دهنده کاهش میزان لجن تولیدی سیستم می‌باشد. نتایج حاصل از این تغییرات در شکل ۵ نشان داده شده است. همانگونه که در شکل مشخص است، با افزایش اکسیژن محلول حوضچه هوادهی از ۰/۵ به ۴/۵ میلی‌گرم بر لیتر، میزان لجن مازاد از ۸۰ به ۶۰ لیتر در روز کاهش یافته است.

یکی دیگر از پارامترهایی که به منظور کنترل شرایط اندازه‌گیری شده است، میزان MLSS حوضچه هوادهی می‌باشد. شکل ۶ تغییرات میزان MLSS حوضچه هوادهی در مقابل تغییرات اکسیژن محلول سیستم را نمایش می‌دهد. همانگونه که ملاحظه می‌شود، در طول دوره تحقیق ، با افزایش اکسیژن محلول، علیرغم سعی در ثابت نگه داشتن میزان MLSS حوضچه هوادهی، این پارامتر حتی با اندکی کاهش روبرو بوده است.

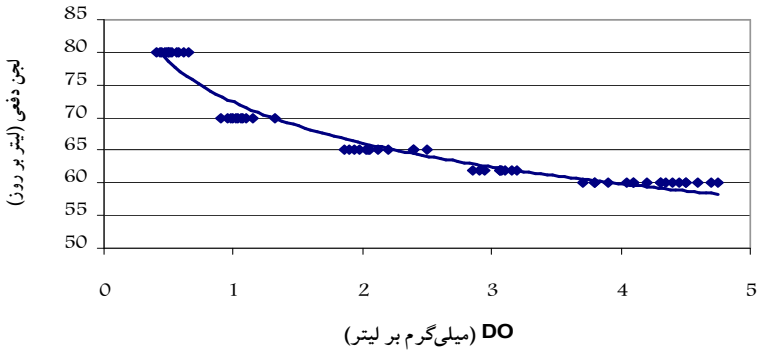
خاصیت ته‌نشینی لجن توسط اندیس حجمی لجن مشخص می‌شود. به منظور تعیین این شاخص، چندین نوبت در روز آزمایش ستون ته‌نشینی انجام شده و با توجه به اندازه‌گیری روزانه TSS ، اندیس حجمی لجن تعیین گردیده است. نتایج حاصل از این آزمایشها در شکل ۷ تغییرات SVI لجن را درمقابل تغییرات اکسیژن محلول نشان می‌دهد. همانگونه که در این شکل مشخص است، با افزایش اکسیژن محلول ، SVI لجن ابتدا کاهش و سپس

[1] Sludge Volume Index (SVI)

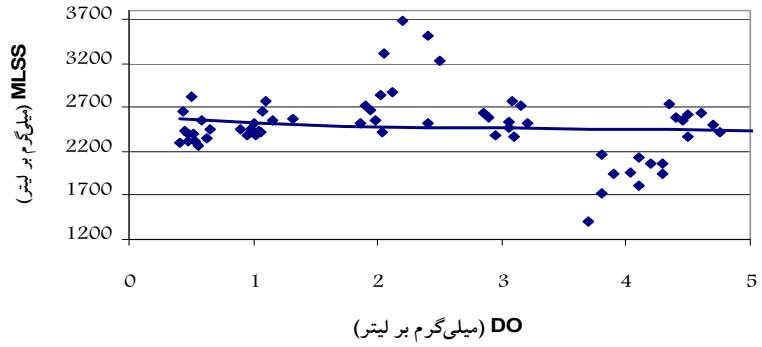


شکل ۴ – تغییرات TSS فاضلاب در بخشهای مختلف پایلوت

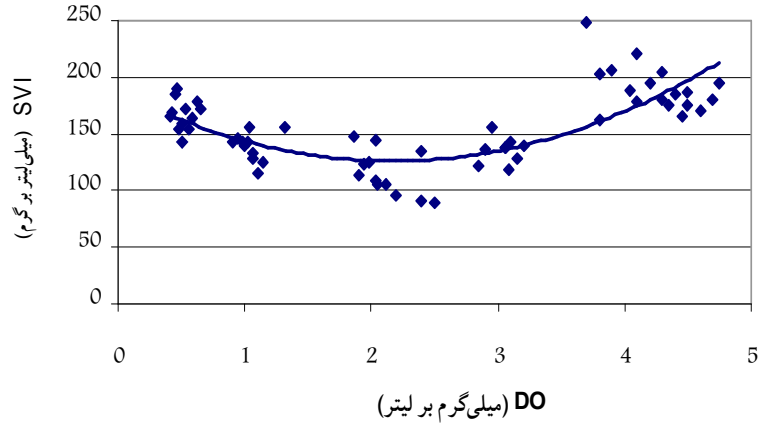
Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۵- تغییرات میزان لجن تولیدی با افزایش DO فاضلاب



شکل ۶ - تغییرات میزان MLSS حوضچه هوادهی با افزایش DO فاضلاب



شکل ۷- تغییرات میزان اندیس حجمی لجن با افزایش DO فاضلاب

افزایش یافته و به تبع آن خاصیت ته‌نشینی لجن در ابتدا بهبود یافته و با افزایش بیشتر اکسیژن محلول ، تنزل می‌یابد.

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب ارائه شده در بخشهای قبل می‌توان به نتایج حاصله در زیر اشاره کرد:

- افزایش اکسیژن محلول حوضچه هوادهی در کاهش میزان لجن تولیدی سیستم لجن فعال مؤثر است.

- با افزایش اکسیژن محلول از ۰/۵ به ۴/۵ میلی‌گرم بر لیتر، میزان لجن مازاد حدود ۲۵درصد کاهش یافته است.

- تغییرات اکسیژن محلول بر خاصیت ته‌نشینی لجن نیز مؤثر است. با افزایش اکسیژن محلول ، SVI لجن ابتدا کاهش و سپس افزایش یافته است. میزان ۱ تا ۳ میلی‌گرم بر لیتر، محدوده مناسب اکسیژن محلول از نظر خاصیت ته‌نشینی لجن و میزان بهینه آن برابر ۲ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد؛ به گونه‌ای که با افزایش اکسیژن

www.SID.ir

محلول به بیش از ۳ میلی‌گرم بر لیتر، خاصیت ته‌نشینی لجن به شدت کاهش یافت.

- اعمال تغییرات در میزان اکسیژن محلول حوضچه هوادهی ، بر کیفیت پساب خروجی تأثیر گذار نبوده و همواره مشخصات پساب خروجی برای استفاده مجدد از پساب تصفیه شده در محدوده استانداردها بوده است. لذا این پساب قابلیت استفاده مجدد را دارا می‌باشد.

- برای افزایش اکسیژن محلول در حوضچه هوادهی، باید تجهیزات تأمین کننده اکسیژن افزایش یابد. این مسأله در مقیاس واقعی و برای تصفیه‌خانه‌های بزرگ ، هزینه‌های زیادی را طلب می‌کند که باید از نظر اقتصادی بررسی شود. لکن در صنایعی که از نظر میزان هوای در دسترس، محدودیت ندارند، به منظور کاهش میزان لجن مازاد به حدی که باعث افزایش بیش از حد SVI و در نتیجه کاهش قابلیت ته‌نشینی لجن نگردد ، می‌توان بدون حساسیت اکسیژن محلول را افزایش داد.

- با توجه به کاهش خاصیت ته‌نشینی لجن در مقادیر اکسیژن محلول بالا، درصورت تصمیم به کاهش میزان لجن مازاد سیستم با استفاده از راهکار افزایش اکسیژن محلول به بیش از ۳ میلی‌گرم بر لیتر، استفاده از راهکارهایی برای حذف جامدات معلق از پساب خروجی ضرورت دارد.

۵- قدردانی

از مساعدت مسئولین محترم شرکت آب و فاضلاب اصفهان، خصوصاً از زحمات آقای مهندس سیّد محمّد موسوی رئیس محترم تصفیه‌خانه فاضلاب شمال اصفهان به خاطر مساعدت و راهنماییهای ارزشمند در راه‌اندازی و بهره‌برداری از پایلوت و همکاری صمیمانه آقای مهندس اشجع و سرکار خانم سبزواری مسئولین محترم بهره‌برداری و آزمایشگاه و دیگر پرسنل محترم تصفیه‌خانه تشکر می‌شود.

۶- مراجع

۱- ترکیان، ا. (۱۳۷۴). *مهندسی محیط زیست، جلد اول: آب و فاضلاب*، کنکاش، اصفهان، چاپ اول.

2- Tchobanoglous, G. Burton, F. (1991). *Wastewater engineering, treatment, disposal, and reuse,* McGraw-Hill, Metcalf & Eddy, Inc, USA.

3- Liu, Y., Tay, J.H. (2001). "Strategy for Minimization of Excess Sludge Production from the Activated Sludge Process." *J. Biotechnology Advances*. 19, 97-107.

4- Chudoba, P., Chevalier, J.J., Chang, J., and Capdeville, B. (1997). "Effect of Anaerobic Stabilization of Activated Sludge on its Production Under Batch Conditions at Various S0/X0 Ratios." *J. Water Sci. Technol*., 23, 917-26.

5- Kamiya, T., Hirotsuji, J. (1998). "New Combined System of Biological Process and Intermittent Ozonation for Advanced Wastewater Treatment." *J. Water Sci. Technol*., 38, 145-153.

6- Carrio, L.A., Lopez, A.R., Krasnoff, P.J., and Donnelon, J.J . (1985). "Sludge Reduction by in-Plant Process Modification: New York City's Experiences." *J. Water Pollut. Control Fed*, 57, 116-121.

7- Abbassi, B., Dullstein, S., and Rabiger, N. (2000). "Minimization of Excess Sludge Production by Increase of Oxygen Concentration in Activated Sludge Flocs: Experimental and Theoretical Approach." *J. Water Res.*, 34, 139-146.

8- Westgarth, W.C., Sulzer, F.T., and Okun, DA. (1964). "Anaerobiosis in the activated sludge process." Proceeding of the Second IAWPRC Conference, Tokyo, 43-55.

9- Stall, T.R., Sherrard, J.M. (1976). "Effect of Wastewater Composition and Cell Residence Time on Phosphorus Removal in Activated Sludge." *J. Water Pollut. Control Fed*., 48, 307-22.

10- Wunderlich, R., Barry, J., Greenwood, D., and Carry, C. (1985). "Start- up of a High-Purity, Oxygen-Activated Sludge System at the Los Angeles County Sanitation Districts, Joint Water Pollution Control Plant." *J. Water Pollut. Control Fed.* 57, 1012-18.

11- Boon, A.G., Burgess, D.R. (1974). "Treatment of Crude Sewage in Two High- Rate Activated Sludge Plants Operated in Series." *J.Water Pollut. Control.* 74, 382-388.

Archive of SID
www.SID.ir