

بررسی میزان برگشت لجن جهت بهبود فرآیند تصفیه فاضلاب شهری شهرک نساجی قائم شهر در مقیاس آزمایشگاهی

مائده صادق پور^۱، قاسم نجف پور^{۲*}، حسن امینی راد^۳، بهار حسینی^۴

۱- مدرس دانشکده مهندسی عمران- محیط زیست دانشگاه آزاد واحد قائم شهر

۲- دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

۳- دانشکده عمران- محیط زیست دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

۴- کارشناس ارشد عمران- محیط زیست از دانشگاه صنعتی بابل

تاریخ پذیرش: ۸۷/۵/۲۴

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۲/۱۶

چکیده

میزان برگشت لجن از حوض ته نشینی به حوض هوادهی یکی از فاکتورهای مهم محسوب شده، لذا در تصفیه سیستم لجن فعال، برگشت لجن مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق تجربی با فرآیند تصفیه بیولوژیکی پساب خام شهرک نساجی قائم شهر و رساندن آن به مقدار مجاز برای تخلیه به برکه اطراف در اشل آزمایشگاهی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و راه حل اجرایی اصلاح آن ارائه شده است به این منظور از پایلوت پیوسته لجن فعال استفاده گردید. این سیستم از جنس پلکسی گلاس ساخته شده و شامل مخزن خوراک و مخزن هوادهی و مخزن ته نشینی است. شکل مخزن ته نشینی شامل دو بخش بوده که بخش فوقانی مکعبی بوده و بخش تحتانی مخروطی است. بخش مخروطی مخزن ته نشینی صرفاً برای تراکم پذیری و انتقال به حوض هوادهی تدارک گردید. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داده است که زمان ماند هیدرولیکی (HRT) برابر با ۸ ساعت از گزینه‌های بهینه بوده که در محدوده pH ۷/۵ الی ۸/۵ عمل نموده و میزان اکسیژن محلول آن (DO) در حدود ۴ تا ۶ میلی گرم در لیتر و دمای سیستم $25-22^{\circ}C$ حذف COD رابطه مستقیم با میزان برگشت لجن دارد. با افزایش میزان برگشت لجن از ۲/۵ به ۴۰ درصد میزان حذف COD فاضلاب شهری از ۷۰ به ۹۵ درصد افزایش یافته است. در این تحقیق پارامترهای بیوسنتیکی واکنش‌های بیولوژیکی در سیستم لجن فعال محاسبه گردید و مدل بیوسنتیکی حذف COD در سیستم لجن فعال به دست آمده است.

واژه های کلیدی: لجن فعال، زمان ماند هیدرولیکی (HRT)، پارامترهای بیوسنتیکی، SVI، سیستم لجن فعال پیوسته

مقدمه

خانوار شهرک را تصفیه نموده و با استفاده از فرآیند هوادهی ممتد ضمن رساندن بار آلی فاضلاب به استانداردهای خروجی پساب، نقش مهمی در سالم سازی محیط و جلوگیری از ورود فاضلاب خام به محیط زیست را دارا می باشد. پساب تصفیه شده به نهر کنار تصفیه خانه هدایت شده و به آب های پذیرنده دفع می شود. این تصفیه خانه دارای واحدهایی نظیر آشغالگیر، ایستگاه پمپاژ فاضلاب ورودی، تانک هوادهی، تانک ته نشینی، حوضچه کلر زنی و تانک ذخیره لجن می باشد.

تصفیه خانه فاضلاب شهرک نساجی در سال ۱۳۶۰ با هدف تصفیه فاضلاب خانگی حاصل از مجتمع مسکونی کارکنان کارخانه های نساجی شهرستان قائم شهر احداث و در سال ۱۳۶۲ به بهره برداری رسید. این تصفیه خانه در حال حاضر روزانه فاضلابی حدود ۱۱۰۰ مترمکعب تولیدی از ۱۳۲۵

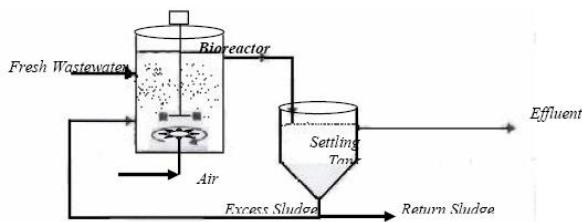
*- نویسنده مکاتبه کننده، استاد

و *MLSS* به روش‌های استاندارد و سنجش *COD* بروش کلریمتریک با رفلاکس بسته انجام گردید [۳].

بررسی آماری داده‌های تجربی برای تکرار هر آزمایش حداقل سه الی پنج بار به دست آمد. نتایج با به کارگیری تعیین انحراف معیار در حدود ۵ الی ۱۰ درصد محاسبه گردید. از نرم‌افزار *Excel* جهت محاسبه رگرسیون استفاده گردید.

۲-۲- راکتور در مقیاس آزمایشگاهی

به این منظور از یک مدل آزمایشگاهی پیوسته لجن فعال استفاده گردید. این سیستم از جنس پلکسی‌گلاس ساخته شده و شامل مخزن خوراک و مخزن هوادهی و مخزن ته‌نشینی با انتهای قیفی شکل بوده است (شکل ۲). مخزن ته‌نشینی شامل دو بخش بوده است که بخش فوقانی مکعبی و قسمت تحتانی آن مخروطی است. بخش مخروطی مخزن ته‌نشینی صرفاً برای تراکم‌پذیری لجن برای بازگشت لجن به قسمت هوادهی بوده است. در قسمت مکعبی مخزن ته‌نشینی شیرهایی جهت خروج فاضلاب تصفیه شده تعبیه گردید و در قسمت تحتانی آن شیری جهت بازگشت لجن تعبیه گردید (شکل ۳).



شکل ۲: پایلوت سیستم پیوسته لجن فعال



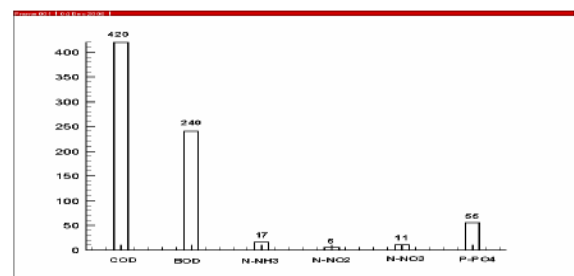
شکل ۳: بخش قیفی شکل مخزن ته‌نشینی

خوراک ورودی از مخزن خوراک (که در ارتفاع بالاتری از راکتور قرار داشت) وارد راکتور می‌شد و پس از گذراندن زمان ماند مورد نظر به مخزن ته‌نشینی هدایت و پس از ته‌نشین شدن، پساب تصفیه شده خارج می‌گشت. این سیستم مجهز به

فاضلاب از یک سو عامل آلودگی آب و از سوی دیگر در صورت تصفیه، مهم‌ترین عامل جایگزین آن خواهد بود. در بحث فاضلاب‌ها، تصفیه فاضلاب شهری از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد و نقش مهمی در آلودگی محیط زیست دارد. به منظور جلوگیری از آلودگی محیط زیست، لازم است این فاضلاب‌ها تصفیه شوند و سپس به طبیعت (رودخانه، چاه، ...) بازگردند حتی می‌توان از آب حاصل از تصفیه در خط تولید کارخانه‌ها یا برای امور کشاورزی مورد استفاده مجدد قرار گیرند. چنانچه فاضلاب به خوبی تصفیه نشود در نهایت آلاینده‌ها وارد محیط‌های آبی و خاکی می‌شوند که تهدیدات زیادی برای سلامت عمومی در پی دارد. در همین راستا پایلوتی در مقیاس آزمایشگاهی از تصفیه‌خانه شهرک نساجی قائم‌شهر تهیه گردید. تصفیه‌پذیری و بهبود شرایط فعلی فاضلاب خروجی در یک سیستم پیوسته آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. غالباً لجن فعال به خاطر رشد سریع میکروارگانیسم‌ها و در دسترس بودن هوای کافی موجب تسریع در عملکرد تصفیه شده که با برگشت لجن که از نظر میکروارگانیسم‌ها فعال هستند موجب تحول فوق العاده حذف آلودگی‌های آلی می‌گردد [۲و۱].

منابع و مشخصه‌های پساب

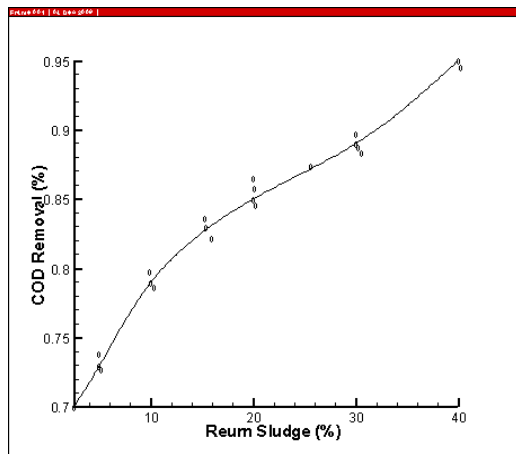
فاضلاب این تحقیق از فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه شهرک نساجی قائم‌شهر تأمین گردید و دارای مشخصه‌هایی به صورت نمودار زیر می‌باشد.



شکل ۱: مشخصات شیمیایی فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه شهرک نساجی

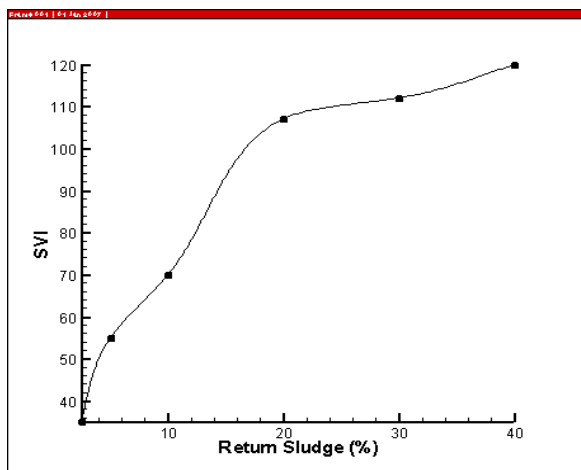
آب مورد استفاده در آزمایشات و همچنین جهت تهیه محلول‌های شیمیایی از آب مقطر با pH ۷/۲ تا ۷/۸ و سایر مواد شیمیایی مورد استفاده در آزمایشات از جمله اسیدسولفوریک، سولفات جیوه، سولفات نقره، فتالات پتاسیم و بیکرومات پتاسیم توسط شرکت *Merck, Germany* و کلیه مواد با استاندارد مواد شیمیایی خالص بوده‌اند. همه آزمایش‌های شیمیایی از جمله: pH , DO , BOD , $MLVSS$

DO و pH بررسی گردیده و نتایج به دست آمده در این آزمایشات به روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد [۳].
 شکل ۴ تأثیر درصد بازگشت لجن بر حذف COD را نشان می‌دهد که با افزایش درصد برگشت لجن از ۲/۵ به ۴۰ درصد، راندمان حذف COD از ۷۰ به ۹۵ درصد افزایش یافته است و این مسأله تأثیر مستقیم افزایش $MLSS$ موجود در سیستم هوادهی را بر راندمان حذف به طور واضح بیان می‌کند.



شکل ۴: تأثیر افزایش برگشت لجن بر راندمان حذف COD

شکل ۵ تغییرات SVI برحسب افزایش درصد بازگشت لجن را نشان می‌دهد. با افزایش درصد برگشت لجن مشاهده گردید و خصوصیات لجن از لحاظ ته‌نشینی بهبود یافت.



شکل ۵: تأثیر افزایش برگشت لجن بر SVI

تغییرات دمای سیستم با زمان نیز در شکل ۶ آمده است.

تجهیزات هوادهی با دفیوزر بود. اختلاط در این سیستم توسط حباب‌های هوا انجام می‌شد.

پارامترهای طراحی و مشخصه‌های مهم سیستم

پارامترهای طراحی و مشخصه‌های سیستم لجن فعال پیوسته با استفاده از آزمایشات انجام شده اندازه‌گیری و محاسبه شده که نتایج در جدول ۱ آمده است [۴ و ۵].

جدول ۱: پارامترهای طراحی سیستم لجن فعال پیوسته

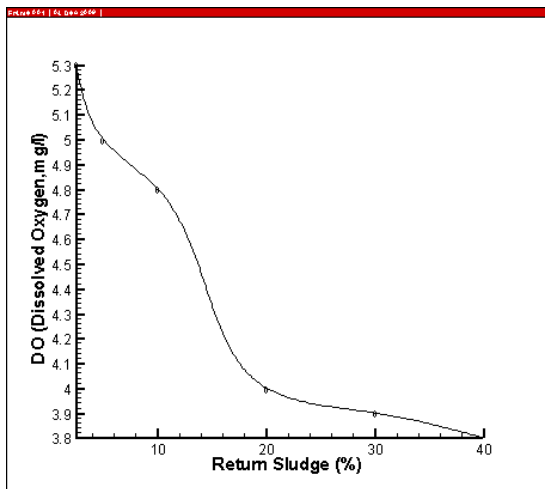
HRT (Hours)	بار حجمی BOD	$\frac{F}{M}$	SRT
۹	۲۴۰	۰/۱۷۳	۲۶

بحث و نتایج

پس از طراحی و نصب و آب‌بندی راکتور، فاضلاب خام شهرک نساجی وارد سیستم شد برای کشت زیست‌شناختی بهترین منابع لجن خروجی از خواص ته‌نشینی ثانویه و مایع مخلوط هوادهی می‌باشد. در این تحقیق از لجن موجود در حوض هوادهی تصفیه‌خانه شهرک نساجی برداشت گردید. به این منظور از دو ظرف یک لیتری که شامل مقداری لجن و فاضلاب خام است را به مدت ۱۲ ساعت هوادهی گردید و سپس این دو ظرف ۱ لیتری را به مخزن هوادهی اصلی منتقل نموده و حجم مخزن هوادهی را به ۱۰ لیتر رسانیده شد و این هوادهی تا ۳۶ ساعت همچنان ادامه یافت تا حجم فاضلاب مخزن هوادهی به ۲۴ لیتر رسید. سیستم به مدت ۲۰ روز به این صورت نگهداری و کنترل شد تا میکروارگانیسم با شرایط و با فاضلاب آداپته شوند. پس از آن شیر مخزن خوراک (ورودی به سیستم) با دبی $3 \frac{lit}{hour}$ تنظیم گردید و زمان ماند هیدرولیکی (HRT) برابر با ۸ ساعت یکی از بهترین گزینه‌های قابل بحث در این آزمایشات می‌باشد. در این سیستم برای هر بار اندازه‌گیری درصدی مشخص از برگشت لجن، ۲ تا ۳ برابر زمان ماند هیدرولیکی، سیستم همچنان در حالت پیوسته باقی می‌ماند تا به حالت پایدار (*Steady state*) برسد و سپس آزمایشات بر روی سیستم انجام گردید [۶].

وقتی در سیستم لجن به اندازه کافی تولید شد سعی در بررسی اثر میزان برگشت لجن بر راندمان تصفیه گردید. در مدت زمان انجام آزمایشات تغییرات $MLSS$ ، COD ، دما و

فعالیت بیولوژیکی میکروارگانیسم‌ها و مصرف بیشتر اکسیژن محلول می‌باشد.



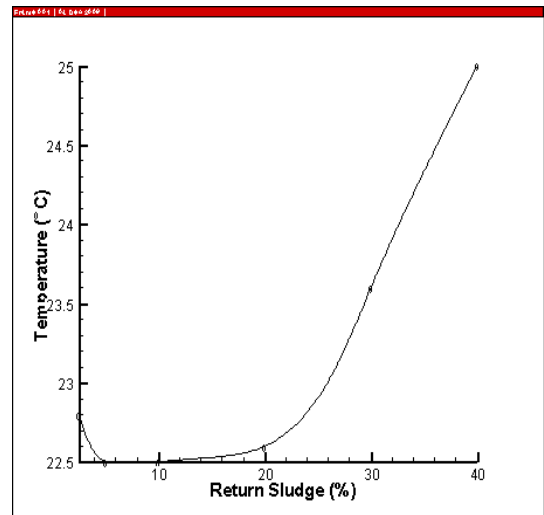
شکل ۸: تأثیر میزان برگشت لجن بر DO

در این سیستم سعی بر آن بود که میزان DO بین ۳/۸ تا ۶ میلی‌گرم در لیتر باقی بماند در DOهای بالاتر از این محدوده راندمان حذف کاهش یافته که دلایل آن را می‌توان از شکسته شدن لخته‌های بیولوژیکی و فیلتر نمودن فاضلاب جهت آزمون COD دانست.

در این سیستم همواره سعی بر آن بود که زمان ماند در حوضچه ته‌نشینی ثانویه کمتر از ۴ ساعت باشد تا مشکل رایزینگ وجود نداشته باشد قابل ذکر است که فعالیت‌های بیوکاتالیستی لجن در میزان مواد غذایی سیستم در نسبت COD:N:P در میزان ۱۰۰:۵:۱ کنترل گردید [۴ و ۵].

اگر میزان $\frac{F}{M}$ کمتر از ۰/۲ باشد باکتریها در فاز خودخوری (*Endogenous growth*) می‌باشند و لجن دارای خاصیت ته‌نشینی خوبی می‌باشد [۶].

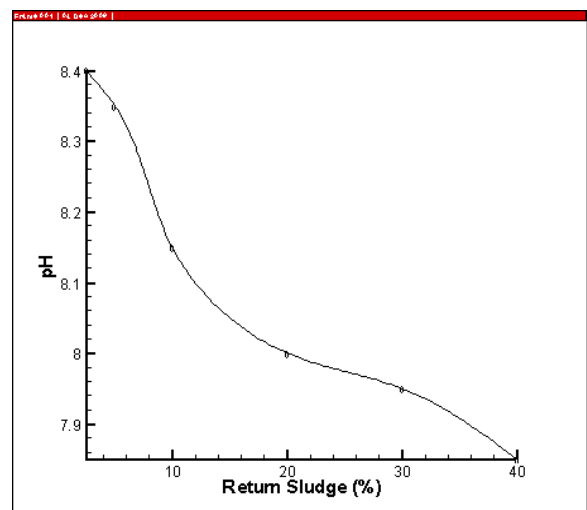
در این تحقیق باکتری‌ها در فاز خودخوری بودند. با افزایش میزان برگشت لجن $\frac{F}{M}$ کاهش و زمان ماند سلولی افزایش و میزان لجن مازاد pH سیستم نیز کاهش یافت و راندمان حذف افزایش می‌یابد ولی $\frac{F}{M}$ نباید خیلی زیاد کم شود زیرا باکتری‌های رشته‌ای رشد پیدا می‌کنند و بالکینگ رشته‌ای اتفاق می‌افتد و پدیده نیتریفیکاسیون مشاهده گردید [۹].



شکل ۶: تأثیر میزان برگشت لجن با دما

همان طور که مشاهده می‌شود تغییرات دمائی بسیار اندک و بین ۲۲/۵ تا ۲۵ درجه سانتیگراد بوده که این دما، دمایی مناسب برای نمو میکروارگانیسم‌های هوازی است. لازم به ذکر است به دلیل محدودیت سیستم در تغییرات و کمبود امکانات قادر به توسعه دامنه تغییرات دما نبوده لذا نقش دما در تسریع واکنش بیوشیمیایی میکروارگانیسم‌ها را نمی‌توان نادیده گرفت [۷]

تغییرات pH سیستم با میزان برگشت لجن در شکل ۷ ارائه شده کاهش pH با افزایش درصد لجن را نشان می‌دهد که روند تصفیه رسیدن به pH به محدود pH خنثی است.



شکل ۷: تأثیر میزان برگشت لجن با pH

شکل ۸ کاهش DO با افزایش لجن را در شکل ۸ مشاهده نموده که دلیل کاهش DO نشان‌دهنده افزایش

K_S بستگی شدید به درجه حرارت و طبیعت سوبسترا دارد [۱۰ و ۱۱].

برای تعیین این دو پارامتر که معرف میزان تولید و هضم لجن موجود در فرآیند است باید شیب و عرض از مبدأ منحنی $\frac{1}{\theta_c}$ برحسب $\frac{S_o - S}{\theta_x}$ را به دست آوریم [۱۰ و ۱۲].

از آزمایشات انجام شده و رسم منحنی و پیدا کردن شیب و عرض از مبدأ به روش کمترین مربعات خطا میزان $Y = 0.515$ و میزان $K_d = 0.042$ ، با میزان رگرسیون $R^2 = 0.9941$ به دست آمد. جدول ۲ یک پارامترهای به دست آمده تجربی با زمان ماند ۹ ساعت و ۴۰ درصد لجن برگشتی خلاصه شده است.

۵- نتیجه گیری

از بررسی نتایج حاصل از فرآیند پیوسته لجن فعال جهت تصفیه فاضلاب شهری شهرک یثرب قائم‌شهر نتایج زیر حاصل شده است:

با افزایش میزان لجن برگشتی و افزایش هوادهی در سیستم و تنظیم $MLSS$ در حدود ۳۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر علاوه بر مبارزه با پدیده دی‌نیتریفیکاسیون در تصفیه‌خانه شهرک یثرب می‌توان راندمان حذف COD را تا ۹۵ درصد افزایش داد.

نرخ هوادهی به این سیستم باید به اندازه‌ای باشد که اکسیژن محلول در آن در دامنه ۶-۳/۸ میلی‌گرم در لیتر باقی بماند، به وسیله کنترل هواده‌ها و همچنین تجهیز کردن هواده‌ها به دیفیوزر (به منظور ایجاد حبابهای ریز و افزایش ضریب انتقال جرم) این امر امکان‌پذیر است لذا برای تصفیه‌خانه توصیه می‌گردد که غلظت اکسیژن محلول کمتر از ۲ میلی‌گرم در لیتر نباشد.

بیشترین میزان بالکینگ در روزهای سرد سال مشاهده گردید که با کاهش زمان ماند سلولی و بهینه کردن سن لجن و دورریزی به موقع بخشی از لجن و افزایش $\frac{F}{M}$ می‌توان این پدیده را کنترل کرد [۱ و ۵].

تخمین ثابت‌های بیوسینتیک

طبق معادله Monod تصحیح شده و آزمایشات مربوطه به سیستم مقادیر ثابت سینتیک محاسبه شد.

$$\frac{\theta X}{S_o - S} = \left(\frac{K_S}{K} \right) \left(\frac{1}{S} \right) + \frac{1}{K}$$

$$\frac{1}{\theta_c} = YU - k_d$$

$$U = \frac{S_o - S}{\theta_x}$$

شیب منحنی $\frac{\theta x}{S_o - S}$ برحسب $\frac{1}{S}$ بنا به روش گرافیکی *Least Squares* تقریباً برابر ۴۸/۷۶۵ و عرض از مبدأ آن برابر ۰/۴۸۷۲، با میزان رگرسیون $R^2 = 0.935$ است. از شیب معادله میزان $K_S = 100 \text{ mg/l}$ به دست آمده است و با استفاده از عرض از مبدأ میزان $K = 2.05 \text{ d}^{-1}$ به دست آمده است.

$$\frac{K_S}{K} = 48.765 \text{ شیب}$$

$$\frac{1}{K} = 0.4872 \text{ عرض از مبدأ}$$

جدول ۲: پارامترهای بیوستیکی مدل مونود را با ۴۰٪ برگشت لجن نشان می‌دهد.

HRT	$\frac{F}{M}$ Based on BOD	θ_c d	DO mg/l	MLS S mg/l	pH	S VI	K_S mg/l	K_d d^{-1}	Y
۹ hrs	۰/۱۷۳	۲۶	۳/۸	۳۵۰۰	۷/۹۶	۱۳۰	۱۰۰	۰/۰۴۲	۰/۵۱۵

pharamaceutical wastewater using oreobic axcidation integrated with chemical treatment" *Process Biochemistry*, Vol. 40, (2002) 165-175.

با افزایش میزان برگشت لجن خصوصیات لجن بهبود یافت.

زمان ماند هیدرولیکی در مخزن ته‌نشینی هیچ‌گاه نباید از ۴ ساعت بیشتر شود چون پدیده دی‌نیتریفیکاسیون صورت می‌گیرد. این پدیده که در تصفیه‌خانه شهرک نیز مشاهده شده به راحتی با کاهش زمان ماند در مخزن ته‌نشینی قابل کنترل می‌باشد.

۶- مراجع

1. M.F. Colmenarejo, A. Rubio Association (APHA), 1999, "Standard methods for the examination of water and wastewater", 20th edition, APHA, , Washington DC., (1999)
2. G.D. Najafpour, *Biochemical Engineering and Biotechnology*. Elsevier, Amsterdam. (2007)
3. APHA, American Public Health Association,; *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, APHA, AWWA, Washington, DC. (1998)
4. Metcalf & Eddy Inc; *Wastewater Engineering, disposal & resue*, 4th edition; Mc Graw Hill; New York. (2003)
5. S.J. Arceivala, *Wastewater Treatment for Pollution Control*; Mc GrawHill publishing Company, (1988)
6. M. Fouad and R. ond Bhargava, "A simplified model for steady state biofilm activated sludge reactor", *J. of Environ. Manage*, Vol. 74, (2005) 245-253.
7. R.E. Muck, Grady CPL, , Temperature effects on the microbial growth in countinuous flow stirred tank reactors, *J. Environ. Eng. Div*; Vol 100, (1974) 1147-1163.
8. N.F. Gray, *Biology of Wastewater Treatmen*.; Oxford university press, NewYork, Chap 4. (1992)
9. V. Murugesun, R. Elangovan, "Biokinetic parameters for activated sludge treating vegetable tannery waste", *Ind J. Environ protection*, Vol 12; (1994) 110-114.
10. M. Richard, S. Brown, F. Collins, "Activated sludge microbiology problems and their control", 20th Annual USEPA National operator Trainers Conference, Buffalo, New York, (2003)
11. W.H. Blanc, S.D. Clark, *The monad biochemical engineering*, New York, Marcel Dekker, (1996) 185-188.
12. D. Samuel sumanRaj, Y. Anjaneyulu, "Evaluation of biokinetic parameters for