View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by shahrekord university of medical scinces

مجله دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد/ دوره ۱۵، ویژه نامه تکمیلی۱۳۹۲/۵۲-۴۱

مقاله پژوهشی

بررسی ضرایب بیوسنتیک برای تصفیه بیولوژیکی فاضلاب‌های شهری در مناطق سردسیر کشور

مهربان صادقی[۱]، عبدالمجید فدایی[۱*]، سلیمان خیری[۲]، اکرم نجفی چالشتری[۱]، کبری شاکری[۱]

[۱] گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران؛ [۲] گروه آمار زیستی و اپیدمیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۱۳

چکیده:

زمینه و هدف: **انتخاب ضرایب سینتیک رشد، متناسب با شرایط محلی، برای طراحی بهینه سیستم‌های تصفیه بیولوژیکی فاضلاب و دستیابی به استانداردهای تخلیه پساب‌ها به محیط الزامی است. این پژوهش با هدف تعیین ضرایب سینتیک رشد در فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی فاضلاب‌های شهری در مناطق سردسیر کشور انجام شد.**

روش بررسی: **این مطالعه به صورت مداخله‌ای - نیمه تجربی با استفاده از فرآیند سیستم لجن فعال با هوادهی ممتد در مقیاس پایلوت انجام پذیرفته است. متغیرهای تحقیق برای محاسبه ضرایب بازده سلولی (Y)، مرگ و میر (k_d)، نیمه اشباع (K_s) و رشد حداکثر (μ_{max}) به صورت روزانه اندازه گیری شد. پایلوت برای سه غلظت ۲۰۰۰، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ mg/L جامدات معلق مایع مخلوط و در سن لجن‌های مختلف در محدوده ۳۰-۲۰ روز و زمان‌های ماند هیدرولیکی بین ۲۸-۲۰ ساعت راهبری شد. ضرایب بیوسینتیک بر حسب COD و BOD_5 محاسبه گردید.**

یافته‌ها: **نتایج نشان داد که ضرایب Y، K، K_d، K_s و μ_{max} برحسب COD به ترتیب در محدوده ۰/۴۹-۰/۱۴، ۰/۷۲-۱/۰۹d^{-1}، ۰/۰۰۲-۰/۰۱۵ d^{-1}، ۱۷۸/۹۹-۲۵۱/۱۶ mg/L و ۰/۳۵- ۰/۱۵ d^{-1} بود. میزان این ضرایب بر حسب BOD_5 به ترتیب برابر با ۰/۴۹-۰/۲۲، ۱/۰۵d^{-1}- ۰/۵۳، ۰/۰۲۰- ۰/۰۰۸ d^{-1}، ۲۱۴/۶۰- ۱۰۲/۳۸ mg/L و ۰/۶۹ -۰/۱۲ d^{-1} به دست آمد. ضرایب سینتیک رشد به استثناء رنج پائینی ضریب حداکثر بازدهی سلولی و بازه ضریب مرگ و میر سلولی، که در مقایسه با سایر مطالعات مشابه کمتر بودند، در سایر ضرایب در گستره مطالعات مشابه قرار داشتند. راندمان حذف COD و BOD_5 به ترتیب در گستره ۹۳/۶ - ۸۵/۱۵٪ و ۹۴/۸۵-۸۸/۲٪ بود.**

نتیجه گیری: **به منظور اثر بخشی هزینه‌ها، ضرایب به دست آمده از این پژوهش را می توان برای طراحی سیستم‌های لجن فعال در سایر مناطق کشور که از شرایط اقلیمی و فرهنگی مشابه این تحقیق برخوردار هستند استفاده نمود.**

واژگان کلیدی: ضرایب بیوسینتیک، تصفیه بیولوژیکی فاضلاب، مناطق سردسیر.

مقدمه:

هدف اصلی تصفیه بیولوژیکی فاضلاب، پایدار سازی مواد آلی، لخته سازی و حذف جامدات کلوئیدی غیر قابل ته نشینی توسط مخلوطی از میکرو ارگانیسم های موجود در فاضلاب می‌باشد. در این فرآیند باکتری‌ها در مقایسه با سایر میکرو ارگانیسم ها از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. باکتری‌های موجود در فاضلاب باید مواد مورد نیاز خود را از محیط بگیرند و با انجام واکنش‌های کاتابولیتیکی و آنابولیتیکی انرژی مورد نیاز خود را کسب نموده و عمل سنتز را انجام دهند (۳-۱). بنابراین شناخت کافی میکرو ارگانیسم ها، سینتیک رشد آن ها و آهنگ مصرف سوبسترای مورد نظر توسط این میکرو ارگانیسم ها در فرآیند تصفیه ضروری است. در گذشته طراحی فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی بر اساس پارامترهای تجربی نظیر بار آلی، بار هیدرولیکی و دوره هوادهی به دست آمده از طریق آزمایشات مختلف انجام می‌پذیرفت (۴). اما امروزه این طراحی‌ها بر مبنای معادلات بیوسینتیکی انجام می‌گیرد به طوری که می‌توان گفت انتخاب ضرایب بیوسینتیکی مناسب از مهم‌ترین عوامل تأثیر گذار بر کارایی فرآیندهای

نویسنده مسئول: شهرکرد- دانشگاه علوم پزشکی- گروه مهندسی بهداشت محیط- تلفن: ۰۳۸۱-۳۳۳۰۲۹۹، E-mail:ali2fadae@yahoo.co

تصفیه و جنبه‌های اقتصادی آن می‌باشد. این معادلات براساس معادلات رشد بیولوژیکی و مصرف سوبسترا استوار می‌باشد که با اصطلاحات ضرایب بیوسینتیکی، نسبت غذا به میکرو ارگانیسم، متوسط زمان ماند سلولی و غیره بیان می‌شوند. حجم حوض هوادهی، مصرف سوبسترا، رشد میکرو ارگانیسم ها، کیفیت پساب، آهنگ برگشت لجن، میزان لجن دفعی، دوره هوادهی و آهنگ مصرف اکسیژن با استفاده از این معادلات قابل محاسبه است (۷-۵).

ضرایب بیوسنتیک فرآیندهای تصفیه توسط برخی محققان مورد بررسی قرار گرفته است. از جمله در پژوهشی، ضرایب بیوسنتیک فرآیند لجن فعال با غشای شناور را جهت تصفیه فاضلاب‌های شهری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ضرایب Y، K_d و μ_m در حد استاندارد بوده، اما ضریب k_s بیشتر از مقدار استاندارد گزارش شد (۸). در مطالعه ای دیگر، پارامترهای سینتیکی حذف بیولوژیکی کربن، نیتروژن و فسفر از فاضلاب شهری را در راکتورهای بسته مورد ارزیابی قرار گرفت (۹). نتایج تحقیقی دیگر حاکی از این بود که محاسبه ضرایب سینتیکی برای سیستم high performance compact reactor میزان μ_{max}، $r_{x.max}$، K_s، K_d و Y به ترتیب برابر با ۰/۱۲۵ h^{-1}، h^{-1} ۰/۳۳، ۸۰ mg/L، ۰/۰۰۲۸ h^{-1} و ۰/۴۴ می باشد (۱۰).

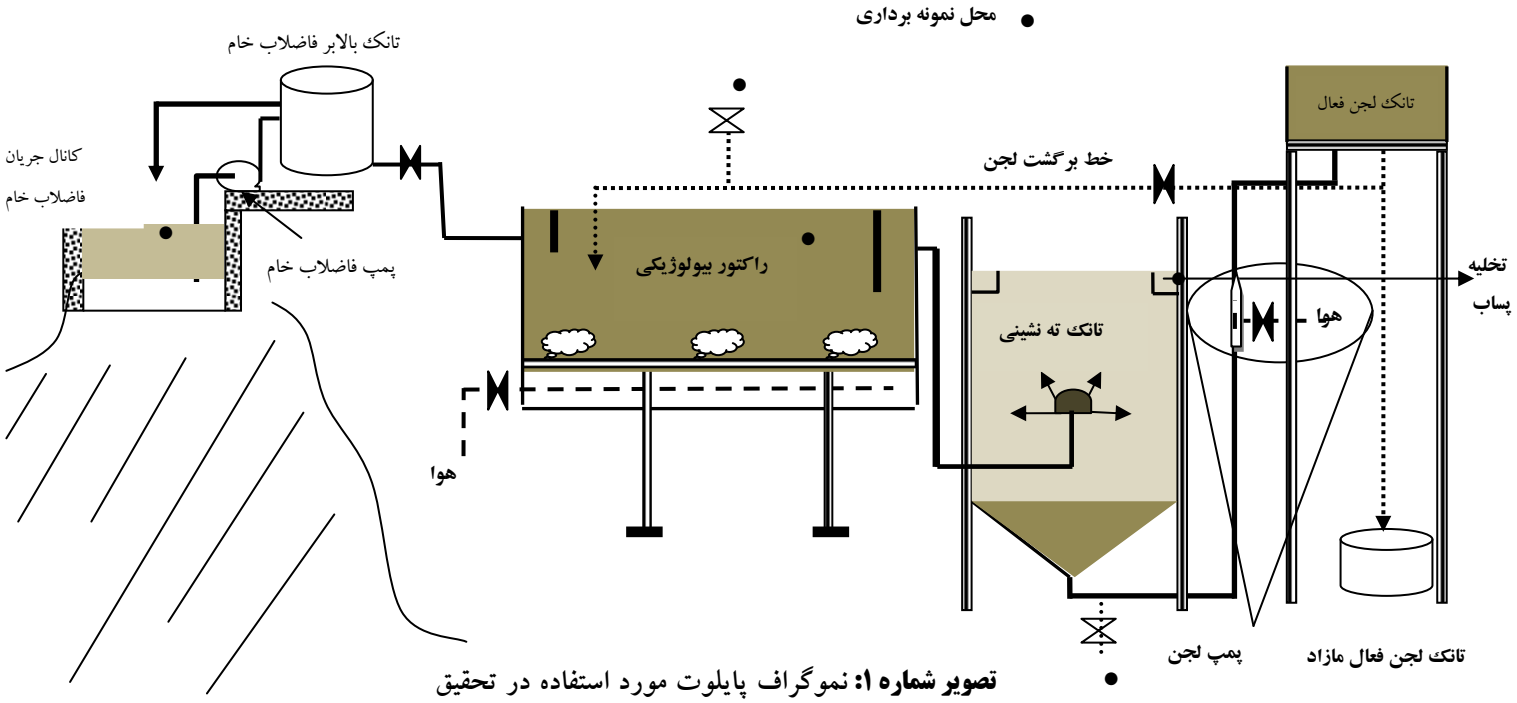
علیرغم انجام چنین تحقیقاتی، در حال حاضر مطالعات مدون و جامعی در رابطه با تعیین ضرایب بیوسینتیک ججبرای تصفیه بیولوژیکی فاضلاب در کشور انجام نشده و طراحی تصفیه خانه‌های فاضلاب بر اساس مبانی طراحی خارج از کشور انجام می‌پذیرد که ممکن است با شرایط منطقه‌ای ایران سازگار نباشد. در حال حاضر تعداد کمی از شهرهای کشور دارای تأسیسات جمع آوری و تصفیه فاضلاب می‌باشند و با احتساب توسعه آینده این جوامع و ایجاد شهرها و شرکت‌های جدید می‌توان انتظار داشت که تا سال ۱۴۰۰ حدود ۸۰۰ تصفیه خانه شهری به وجود آید (۱۲،۱۱). با توجه به این نکته که طراحی و بهره برداری از سیستم‌های تصفیه بیولوژیکی نیاز به سرمایه گذاری های عظیم مالی و انسانی داشته، جهت جلوگیری از به هدر رفتن چنین هزینه‌های گزاف لازم است طراحی منطبق با شرایط آب و هوایی منطقه و مشخصات واقعی فاضلاب‌ها انجام گیرد تا با به کارگیری ضریب اطمینان بالا از بروز مشکلات عمده در طراحی جلوگیری شده و ضمن استحصال راندمان بالاتر در تصفیه فاضلاب، از طریق کاهش و تعدیل ابعاد واحدها و تجهیزات الکترو مکانیکال کاهش هزینه‌های اجرایی و بهره برداری تصفیه خانه‌های فاضلاب را شاهد باشیم. این پژوهش با هدف تعیین ضرایب بیوسنتیک برای تصفیه فاضلاب‌های شهری در مناطق سردسیر کشور انجام شده است که می‌تواند در طراحی و بهره برداری از سیستم‌های تصفیه در مناطق سردسیر مورد استفاده قرار گیرد و گامی در جهت استقلال علمی کشور و منطبق نمودن طرح‌های مهندسی با شرایط بومی باشد.

روش بررسی:

این تحقیق از نوع مداخله‌ای بوده و به صورت نیمه تجربی در یک دوره زمانی یک ساله در محل تصفیه خانه فاضلاب شهرکرد در مقیاس پایلوت انجام پذیرفت. کلیه متغیرهای مورد مطالعه در مدت زمان راهبری پایلوت با اعمال و آزمون متغیرهای لازم طی شرایط تقریبا کنترل شده و سطح پاسخ مطالعه نسبت به متغیرهای مورد مطالعه تجربی، مورد بررسی قرار گرفتند.

پایلوت مورد استفاده در این مطالعه یک سیستم لجن فعال با هوادهی ممتد جریان پیوسته متشکل از یک واحد حوض هوادهی، یک واحد حوض ته نشینی ثانویه، تجهیزات دفع و برگشت لجن ثانویه و متعلقات مربوطه و همچنین سیستم هوادهی دیفیوزری بود. این دو حوض به صورت متوالی قرار گرفته و جهت جبران افت انرژی ایجاد شده، خروجی

ته نشینی ثانویه کمی پایین‌تر از خروجی حوض هوادهی قرارگرفت (تصویر شماره ۱).



تصویر شماره ۱: نموگراف پایلوت مورد استفاده در تحقیق

برای راه اندازی سیستم، حوضچه هوادهی و ته نشینی ثانویه به طور همزمان با فاضلاب خام (پس از حوضچه دانه گیری) پرشدند. همزمان ۳۰٪ حجم حوض هوادهی نیز با لجن فعال پر شد. لجن فعال از خط لجن برگشتی سیستم لجن فعال مشابه در مقیاس کامل و در شرایط کاملاً هوازی تهیه گردید. راه اندازی پایلوت و تأمین شرایط پایدار، ۲۰ روز به طول انجامید. بعد از ایجاد شرایط پایدار متغیرهای مورد نظر شامل اکسیژن مورد نیاز شیمیایی محلول ($sBOD_5$= Solution Biochemical Oxygen Demand= $sBOD_5$)، اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی پنج روزه محلول (Solution Chemical Oxygen Demands= sCOD)، جامدات معلق مایع مخلوط (MLSS=Mixed Liquid Suspended Solids= MLSS=)، جامدات معلق مایع مخلوط فرار (MLVSS= Mixed Liquor Volatile Suspended Solids= MLVSS)، به صورت روزانه بر روی نمونه‌های برداشت شده از قسمت ورودی به هواده، حوضچه هوادهی و خروجی از ته نشینی ثانویه اندازه گیری شد. پارامترهای محیطی شامل غلظت اکسیژن محلول (Dissolved Oxygen= DO)، pH و درجه حرارت در حوضچه هوادهی به طور روزمره کنترل شد. آزمایشات برای سه غلظت MLSS و ۵ سن لجن (در محدوده ۳۰-۲۰ روز) و زمان‌های ماند هیدرولیکی در محدوده ۲۸ h-۲۰ انجام پذیرفت. نمونه گیری به صورت روتین و بر اساس یک برنامه منظم بین ۹ تا ۱۰ صبح انجام گرفت. غلظت MLSS در حوض هوادهی در مرحله اول (روزهای ۹۹-۱)، مرحله دوم (روزهای ۱۹۹-۱۰۰) و مرحله سوم (روزهای ۲۹۹-۲۰۰)، به ترتیب برابر با ۲۰۰۰، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ mg/L تنظیم شد. در این مطالعه از سن لجن به عنوان یک پارامتر کنترل کننده برای آهنگ رشد توده باکتری استفاده شد. سن لجن با دفع روزانه حجم مشخصی لجن از سیستم تعیین شد. پس از بررسی پارامترها، به منظور تعیین ضرایب بیوسینتیکی با رسم نمودار $\frac{1}{SRT}$ در مقابل U یا $\frac{S_0-S}{\theta X}$ (S_0 غلظت سوبسترا ورودی به راکتور، S غلظت سوبسترا خروجی در حالت پایدار، X غلظت میکرو ارگانیسم ها)، شیب خط برابر با Y و نقطه تقاطع نمودار با محور $\frac{1}{SRT}$ برابر با $-k_d$ حاصل شد. همچنین طبق معادله

$\frac{1}{S}=\frac{XR}{So-S}=\frac{KS}{K}\frac{1}{S}+\frac{1}{K}=\frac{1}{U}$ با رسم نمودار $\frac{XR}{So-S}$ یا $\frac{1}{U}$ در برابر $\frac{1}{S}$ نقطه تقاطع نمودار با محور $\frac{1}{U}$ برابر $\frac{1}{K}$ به دست آمد. شیب خط برابر X بوده که با ضرب در مقدار k مقدار k_s محاسبه شد (۱۴،۶) شبیه سازی فرآیند بر اساس هر دو پارامتر COD و BOD_5 صورت گرفت و تغییرات با استفاده از معادله $\frac{1}{SRT}=\frac{YKS}{S+Ks}-K_d$ ترسیم شد. کلیه ترکیبات مورد استفاده در این تحقیق از کمپانی MERCK و با درصد خلوص بالاتر از ۹۷ درصد خریداری گردید. کلیه اندازه گیری‌ها به صورت مستقیم بوده و آنالیزهای آزمایشگاهی بر اساس دستورالعمل ذکر شده در کتاب روش‌های استاندارد برای آب و فاضلاب انجام پذیرفت (۱۳) از نرم افزار SPSS برای آنالیز آماری نمونه‌ها از آزمون آماری ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. کلیه آنالیزها سه مرتبه تکرار شدند.

یافته‌ها:

در طی اولین مرحله بررسی (روزهای ۹۹-۱) غلظت MLSS در حوض هوادهی در حدود mg/L ۲۰۰۰ در نظر گرفته شد. در طول این دوره میزان بارگذاری آلی در محدوده ۰/۳۷۱ $KgCOD/m^3.d$ تا ۰/۱۷۵$KgsBOD/m^3.d$) ۰/۲۴۷ تا ۰/۱۳۹) متغیر بود. بر اساس آزمون همبستگی پیرسون بین U و $\frac{1}{SRT}$ رابطه خطی مستقیمی دیده شد (بر حسب COD: r= ۰/۹۵۲ و P=۰/۰۰۱ و بر حسب BOD: r= ۰/۹۵۳۲ و P<۰/۰۰۱). همچنین نتایج نشان داد بین $\frac{1}{S}$ و $\frac{1}{U}$ هم رابطه خطی مستقیمی وجود دارد (بر حسب COD: r=۰/۹۵۴ و P=۰/۰۰۱ و بر اساس پارامتر BOD: r=۰/۹۵۷۵ و P<۰/۰۰۱ راندمان حذف COD در این مرحله بین ۸۷/۴۵ و ۸۵/۱۵ و راندمان حذف BOD بین ۸۹/۱۱ و ۸۷/۲۱٪ گزارش شد (جدول شماره ۱).

جدول شماره ۱: مشخصات راهبری سیستم لجن فعال با هوادهی ممتد بر حسب COD و BOD_5 برای جامدات معلق مایع مخلوط برابر با mg/L ۲۰۰۰ در حوضچه هوادهی

میانگین نسبت غذا به میکرو ارگانیسم mg sCOD/d.mg vss (mg sBOD/d.mg vss)	(۰/۰۷۳)۰/۱۴۲	(۰/۰۹۸)۰/۱۹۷	(۰/۰۹۸)۰/۱۹۹	(۰/۰۷۵)۰/۱۷۲	(۰/۱۰۳)۰/۲۱۹
میانگین میزان بارگذاری آلی Kg COD/m3.d (Kg sBOD/m3.d)	(۰/۱۳۹)۰/۲۴۷	(۰/۱۷۲)۰/۳۴۵	(۰/۱۷۶)۰/۳۵۶	(۰/۱۴۷)۰/۳۳۲	(۰/۱۷۵)۰/۳۷۱
میانگین زمان ماند میکروبی (روز)	۲۹/۶۹	۲۷/۵۵	۲۵/۲۳	۲۳/۶۲	۲۱/۴۷
میانگین COD محلول خروجی (میانگین BOD محلول خروج) (mg/L)	(۱۷/۲۶)۳۹	(۲۰/۱۹)۵۰	(۱۹/۳)۴۷/۱	(۱۴/۵)۴۰/۱۵	(۱۸/۹۸)۴۵/۸۸
میانگین COD محلول ورودی (میانگین BOD محلول ورودی) (mg/L)	(۱۵۸/۵)۳۱۱	(۱۷۹)۳۵۹	(۱۶۲/۵)۳۳۰	۲۹۷ (۱۳۱)	۳۰۹ (۱۴۶)
میانگین جامدات معلق فرار مایع مخلوط (mg/L)	۱۴۱۰	۱۳۲۲	۱۲۲۲/۶	۱۲۶۰/۳	۱۰۹۶
میانگین جامدات معلق مایع مخلوط (mg/L)	۱۹۲۰	۱۷۵۱	۱۷۲۲	۱۹۳۶	۱۶۹۲
میانگین راندمان حذف COD (٪) (میانگین راندمان حذف BOD) (٪)	(۸۹/۱۱)۸۷/۴۵	(۸۸/۷۲)۸۶/۰۶	(۸۸/۱۲)۸۵/۷۳	(۸۸/۹۳)۸۶/۴۸	(۸۷/۲۱)۸۵/۱۵
زمان ماند هیدرولیکی	۲۷/۳	۲۵	۲۳	۲۱/۴	۲۰
دبی (لیتر/ساعت)	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
دوره بهره برداری (روز)	۱-۱۹	۲۰-۳۹	۴۰-۵۹	۶۰-۷۹	۸۰-۹۹

در مرحله دوم (روزهای ۱۹۹-۱۰۰) در حالی که غلظت MLSS در حوض هوادهی ۳۰۰۰mg/L بود. میزان بارگذاری آلی بین ۰/۳۶Kg COD/m^3.d تا ۰/۲۸۱ (۰/۲۲۱ KgsBOD/m^3.d تا ۰/۱۵۹) به دست آمد. رابطه خطی مستقیم بین U و $\frac{1}{SRT}$ (بر حسب COD:۰/۹۶۰۳ =r و P=۰/۰۰۱ و برحسب BOD: ۰/۹۵۲ =r و P<۰/۰۰۱) و $\frac{1}{S}$ و $\frac{1}{U}$ (بر حسب COD:۰/۹۶۷ =r و P=۰/ ۰۰۱ و بر حسب BOD: ۰/۹۵۷=r و P<۰/۰۰۱) دیده شد. راندمان حذف COD در این مرحله بین ۹۲/۱۵ تا ۹۱/۹۳٪ متغیر بود. راندمان حذف BOD نیز بین ۹۴/۳ و ۹۳/۷۱٪ به دست آمد (جدول شماره ۲).

جدول شماره ۲: مشخصات راهبری سیستم لجن فعال با هوادهی ممتد بر حسب **COD** و **BOD_5** برای جامدات معلق مایع مخلوط برابر با **mg/L** ۳۰۰۰ در حوضچه هوادهی

میانگین نسبت غذا به میکرو ارگانیسم **mg sCOD/d.mg vss (mg sBOD/d.mg vss)**	(۰/۰۵۵)۰/۰۹۸	(۰/۰۷۶)۰/۱۳۲	(۰/۰۷۹)۰/۱۳۵	(۰/۰۷۳)۰/۱۲۳	(۰/۰۷۳)۰/۱۲۰
میانگین میزان بارگذاری آلی **Kg sCOD/m3.d (Kg sBOD/m3.d)**	(۰/۱۵۹)۰/۲۸۱	(۰/۱۹۲)۰/۳۳۶	(۰/۱۹۸)۰/۳۳۵	(۰/۲۱۶)۰/۳۶۶	(۰/۲۲۱)۰/۳۶۰
میانگین زمان ماند میکروبی (روز)	۲۹/۵۷	۲۷/۸۱	۲۵/۶۰	۲۳/۹۱	۲۱/۴۳
میانگین **COD** محلول خروجی (میانگین **BOD** محلول خروج) **(mg/L)**	(۱۰/۳۲)۲۵	(۱۵)۲۹/۵	(۱۳)۲۸	(۱۲/۵)۲۶/۵	(۱۱/۶)۲۴/۲
میانگین **COD** محلول ورودی (میانگین **BOD** میانگین محلول ورودی) **(mg/L)**	(۱۸۱/۵)۳۱۹	(۲۰۰)۳۵۰	(۱۹۰)۳۲۳	(۱۹۳)۳۲۷	(۱۸۴)۳۰۰
میانگین جامدات معلق فرار مایع مخلوط **(mg/L)**	۲۳۸۹/۵	۲۱۸۱	۱۹۹۲	۲۳۲۷/۵	۲۱۸۸
میانگین جامدات معلق مایع مخلوط **(mg/L)**	۲۸۷۱	۲۵۳۶	۲۴۹۰	۲۹۶۵	۲۹۹۷
میانگین راندمان حذف **COD** (٪) (میانگین راندمان حذف **BOD**) (٪)	(۹۴/۳)۹۲/۱۵	(۹۳)۹۱/۵۷	(۹۳)۹۱/۳۳	(۹۳/۵۰)۹۱/۸۹	(۹۳/۷۱)۹۱/۹۳
زمان ماند هیدرولیکی	۲۷/۳	۲۵	۲۳	۲۱/۴	۲۰
دبی (لیتر/ساعت)	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
دوره بهره برداری (روز)	۱۱۹-۱۰۰	۱۳۹-۱۲۰	۱۵۹-۱۴۰	۱۷۹-۱۶۰	۱۹۹-۱۸۰

در آخرین مرحله از بارگذاری سیستم (روزهای ۲۹۹-۲۰۰) غلظت MLSS درحوض هوادهی به mg/L ۴۰۰۰ افزایش یافت و میزان بارگذاری آلی بین Kg COD/m^3.d ۰/۴۱ تا ۰/۲۶۱ (۰/۱۳۷ KgsBOD/m^3.d تا ۰/۲۲۵) در نظر گرفته شد. پس از تعیین ضرایب بیوسینتیک مشاهده شد رابطه خطی مستقیم بین U و $\frac{1}{SRT}$ (بر حسب COD: ۰/۹۶ =r و P=۰/۰۰۱ و بر حسب BOD: ۰/۹۵۳۲ =r و P<۰/۰۰۱) و $\frac{1}{S}$ و $\frac{1}{U}$ (بر حسب COD: ۰/۹۶۷۲ =r و P=۰/۰۰۱ و بر حسب BOD: ۰/۹۵۷۵ =r و P<۰/۰۰۱) وجود دارد. راندمان حذف COD در محدوده ۹۳/۳۷ تا ۹۱/۴۵٪ و راندمان حذف BOD بین ۹۴/۹ تا ۹۳/۷۷٪ محاسبه شد. نتایج حاصل از این مراحل در جدول شماره ۳ نشان داده شده است (جدول شماره ۳).

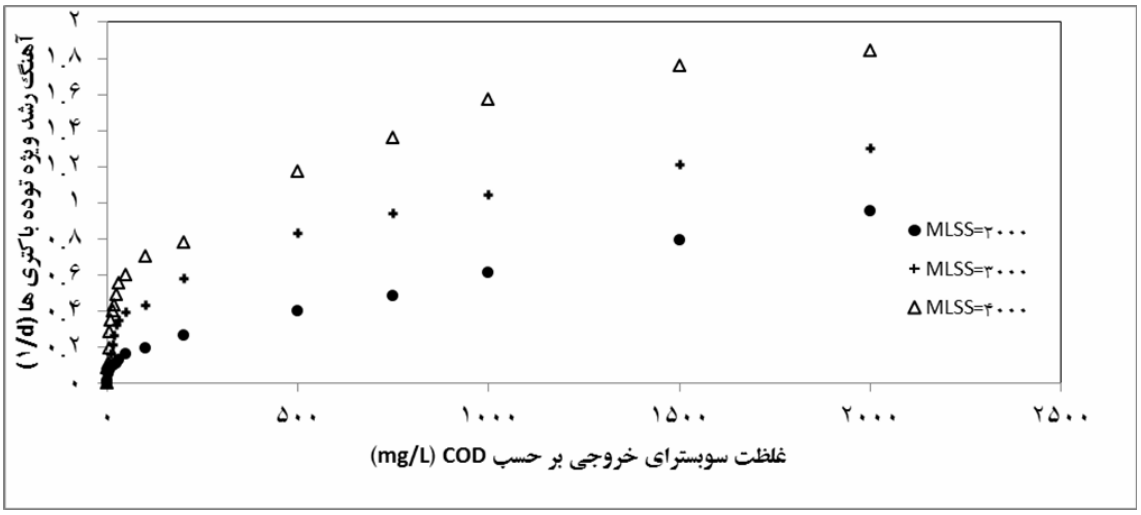
جدول شماره ۳: مشخصات راهبری سیستم لجن فعال با هوادهی ممتد بر حسب COD و BOD_5 برای جامدات معلق مایع مخلوط برابر با mg/L ٤٠٠٠ در حوضچه هوادهی

میانگین نسبت غذا به میکرو ارگانیسم mg sCOD/d.mg vss (mg sBOD/d.mg vss)	(۰/۰۳۹)۰/۰۷٤	(۰/۰۵۰)۰/۰۹۰	(۰/۰۵۱)۰/۰۹۰	(۰/۰۵۳)۰/۰۹۹	(۰/۰۵۹)۰/۱۰۸
میانگین میزان بارگذاری آلی Kg sCOD/m3.d (Kg sBOD/m3.d)	(۰/۱۳۷)۰/۲٦۱	(۰/۱۹٦)۰/۳۵۱	(۰/۲۰٤)۰/۳۵۹	(۰/۱۹۲)۰/۳۵۷	(۰/۲۲۵)۰/٤۱۰
میانگین زمان ماند میکروبی (روز)	۲۹/۹۵	۲۷/۷۳	۲۵/۱	۲۳/٤۵	۲۰/۸۵
میانگین COD محلول خروجی (میانگین BOD محلول خروج) (mg/L)	(۷/۹)۱۹/۷	(۱۲)۲۵/۲۵	(۱۰)۲۲	(۱۰)۲٤	(۱۱)۲۹
میانگین COD محلول ورودی (میانگین BOD محلول ورودی) (mg/L)	(۱۵٦)۲۹۷	(۲۰٤)۳٦٦	(۱۹٦)۳٤۵	(۱۷۱/۷)۳۱۹	(۱۸۷/۹۳)۳٤۲
میانگین جامدات معلق فرار مایع مخلوط (mg/L)	۳۰۳۷	۳۳۲۱/۵	۳۲٦۸	۲۹۰۸	۲۹۷۵
میانگین جامدات معلق مایع مخلوط (mg/L)	۳۵۳۱	۳۸۹۹	۳۹۸۵	۳٦۱۳	۳۷۷۵
میانگین راندمان حذف COD (٪) (میانگین راندمان حذف BOD) (٪)	(۹٤/۹۰)۹۳/۳۷	(۹٤/۱٤)۹۳/۱۰	(۹٤/۸۵)۹۳/٦۰	(۹٤/۱۱)۹۲/۵٤	(۹۳/۷۷)۹۱/٤۵
زمان ماند هیدرولیکی	۲۷/۳	۲۵	۲۳	۲۱/٤	۲۰
دبی (لیتر/ساعت)	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤	۱۵
دوره بهره برداری (روز)	۲۱۹–۲۰۰	۲۳۹–۲۲۰	۲۵۹–۲٤۰	۲۷۹–۲٦۰	۲۹۹–۲۸۰

یافته ها نشان می دهد زمانی که سوبسترا مصرفی مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی باشند، BOD با افزایش جامدات معلق مایع مخلوط (MLSS) از ۲۰۰۰ میلی گرم بر لیتر به ۴۰۰۰ میلی گرم بر لیتر، میزان بازده سلولی (Y) وضریب حداکثر رشد (μ_{max}) افزایش یافته و در نتیجه راندمان عملکرد افزایش پیدا می کند (جدول شماره ۴). آهنگ رشد ویژه توده باکتری ها در مقابل غلظت سوبسترای خروجی به ترتیب بر حسب COD در تصویر شماره ۲ نشان داده شده است.

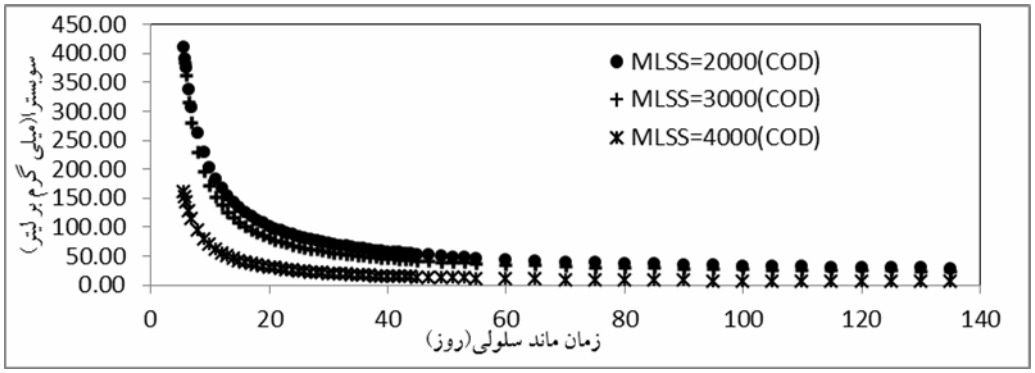
جدول شماره ۴: ضرایب سینتیک به دست آمده بر حسب COD و BOD

جامدات معلق مایع مخلوط (mg/L)	۲۰۰۰	۳۰۰۰	٤۰۰۰
ضریب حداکثر بازدهی سلولی (mgVSS/mg sCOD) (mgVSS/mg sBOD)	(۰/۲۱۷٤)۰/۱٤۲	(۰/٤۷۸۷)۰/۲۱۲٦	(۰/٦٦۱۵)۰/٤۹۱۵
ضریب مرگ و میر (COD) (d^{-1}) (BOD) (d^{-1})	(۰/۰۱۹۸)۰/۰۱۵۳	(۰/۰۱)۰/۰۱۳۵	(۰/۰۰۸)۰/۰۰۲۱
ضریب رشد حداکثر (COD) (d^{-1}) (BOD) (d^{-1})	(۰/۱۲)۰/۱۵	(۰/۲۹)۰/۲	(۰/٦۹)۰/۳۵
ضریب نیمه اشباع (mg sCOD/l) (mg sBOD/l)	(۱۰۲/۳۸)۲۵۱/۱٦	(۱۲۲/۹٦)۱۹۹/۷۲	(۲۱٤/٦)۱۷۸/۹۹
سرعت مصرف سوبسترا (COD) (d^{-1}) (BOD) (d^{-1})	(۰/۵۳)۱/۰۹۱	(۰/٦)۰/۹٦	(۱/۰۵)۰/۷۲

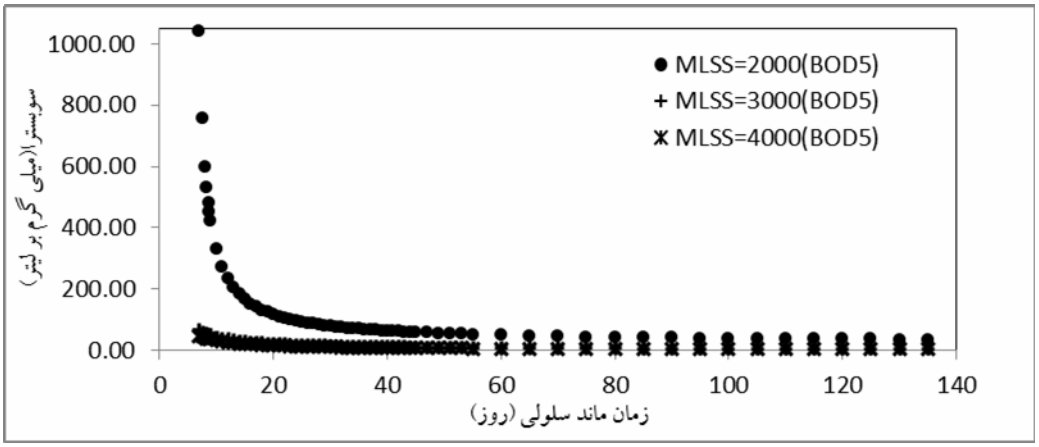


تصویر شماره ۲: آهنگ رشد ویژه توده باکتری ها در مقابل غلظت سوبسترای خروجی بر حسب COD

شبیه سازی فرآیند بر اساس هر دو پارامتر COD و BOD_5 انجام پذیرفت. تصاویر شماره ۳ و ۴ سوبسترای خروجی شبیه سازی شده را در غلظت های مختلف MLSS در حوض هوادهی نشان می دهند. پایین تر بودن نمودار BOD نسبت به COD به علت کمتر بودن نسبت F/M برای BOD می باشد.



تصویر شماره ۳: تأثیر SRT بر روی COD خروجی شبیه سازی شده در غلظت های مختلف MLSS



تصویر شماره ۴: تأثیر SRT بر روی BOD_5 خروجی شبیه سازی شده در غلظت های مختلف MLSS

بحث:

یافته های پژوهش نشان داد ضریب بازده بر حسب COD برای وقتی MLSS حوضچه هوادهی ۲۰۰۰mg/L و ۳۰۰۰ بود کمتر از محدوده گزارش شده می باشد ولی در غلظت ۴۰۰۰ mg/L این ضریب در رنج مطالعه ای دیگر نیز به دست آمد (۱۴). این ضریب زمانی که سوبسترای مصرفی BOD می باشد بیشتر از ضریب به دست آمده برای COD بوده زیرا مقدار BOD فاضلاب کمتر از میزان COD آن می باشد، درنتیجه نسبت F/M آن پایین تر می باشد که باعث افزایش ضریب Y شده است. مشاهده می شود که نوع سوبسترا و جمعیت باکتریایی می تواند اثر قابل ملاحظه ای در تعیین ضرایب بیوسینتیک از جمله ضریب بازده داشته باشند. برای هر دو سوبسترای مصرفی با افزایش غلظت از ۲۰۰۰ mg/L به ۴۰۰۰ و همچنین با افزایش غلظت مواد جامد معلق و کمتر شدن نسبت F/M ضریب بازده افزایش می یابد. در این سیستم با وجود اینکه میکرو ارگانیسم ها در فاز خودخوری قرار دارند اما نسبت جرم سلولی تولید شده به جرم سوبسترای مصرفی افزایش یافته که این عامل باعث افزایش ضریب بازده و افزایش راندمان سیستم شده است. همچنین به دلیل بالا بودن سن لجن و وجود مقادیر بسیار زیاد مژکداران ساقه دار، روتیفرها و نماتدها با کاهش شدید سوبسترا مواجه می باشد که افزایش ضریب بازده را به دنبال داشته است. با افزایش ضریب بازده، ضریب مرگ و میر کاهش می یابد و در غلظت های بالاتر با مرگ و میر کمتر میکرو ارگانیسم ها مواجه می شود. ضریب مرگ و میر (k_d) بر حسب COD برای هر سه غلظت کمتر از میزان گزارش شده در سایر مطالعات می باشد. یافته ها حاکی از این بود که ضرایب بیوسینتیک برای فرآیند لجن فعال به استثناء رنج پائینی ضریب حداکثر بازدهی سلولی (Y) و محدوده ضریب مرگ و میر سلولی که در مقایسه با سایر مطالعات مشابه، کمتر بود سایر ضرایب در گستره مقادیر گزارش شده می باشند.

این مسأله عمدتاً وقتی رخ داد که سیستم در غلظت های پائینی MLSS بهره برداری شد (دلیل آن را می توان به بالا بودن نسبت F/M در شرایط بهره برداری راکتور نسبت داد). این در حالی است که با افزایش MLSS از ۲۰۰۰ به ۴۰۰۰ mg/L نتایج نشان داد که ضرایب Y و k_d در بازه ارائه شده توسط سایر محققین قرار گرفت. ولی چون برای تعیین ویژگی سیستم به طور کلی از میانگین ضرایب بهدست آمده در چند غلظت MLSS استفاده شده است؛ بنابراین اعداد حد پائینی ضرایب Y و k_d در غلظت های پائین MLSS میزان متوسط این اعداد را پائین تر از سایر مطالعات رساند. این ضریب زمانی که سوبسترای مصرفی BOD بوده فقط در غلظت mg/L ۲۰۰۰ نزدیک به محدوده پایینی ارائه شده توسط سایر مطالعات بوده و برای دو غلظت دیگر کمتر از میزان گزارش شده است (۱۶،۱۵). میزان k_d با افزایش غلظت MLSS برای هر دو نوع سوبسترا کاهش یافته است. ضریب k_s بر حسب COD با افزایش غلظت کاهش یافته و در هر سه غلظت، مقدار آن خارج از محدوده گزارش شده در پژوهش های دیگر است (۱۴). مقدار μ_{max} برای این سیستم بالا می باشد چون در این سیستم نسبت F/M در مقایسه با غلظت MLSS و سن لجن پایین بوده و در نتیجه ماکزیمم آهنگ رشد ویژه میکرو ارگانیسم ها بیشتر می شود. بر اساس بررسی ضرائب بیوسنتیک برای فرایند لجن فعال با غشای شناور به منظور تصفیه فاضلاب های شهری برای غلظت های مختلف MLSS، ۳۰۰۰mg/L، ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰ و ۱۵۰۰۰ ضرائب Y، K_d، μ_m را در حد استاندارد برآورد کردند، اما ضریب k_s مخصوصاً برای MLSS با غلظت ۱۵۰۰۰mg/L بیشتر از مقدار استاندارد گزارش شد (۸). راندمان حذف COD در این مطالعه بین ۸۰ تا ۹۸٪ به دست آمد (۸). در پژوهشی دیگر، پارامترهای سینتیکی حذف بیولوژیکی کربن، نیتروژن و فسفر از فاضلاب شهری را در راکتورهای بسته با نسبت F/M=۰/۲ و غلظت های

مختلف MLSS مورد ارزیابی قرار گرفت. ضرایب بدست آمده در این مطالعه برای μ_m، k_s، Y و K_d بر اساس COD به ترتیب $1/13 d^{-1}$، ۳۴۳، ۰/۷ و $0/053 d^{-1}$ محاسبه شد (۹). در مطالعه ای در آمریکا ضرائب بیوسینتیک تحت شرایط زمان ماند هیدرولیکی ۲۴ ساعته بر حسب BOD و COD تعیین شد. در این مطالعه برای ضرایب μ_m، k_s، Y و K_d بر اساس COD به ترتیب مقادیر $0/12 d^{-1}$، ۳۶/۶، ۱/۷۸ و $0/12 d^{-1}$ و بر اساس BOD_5 به ترتیب $0/38 d^{-1}$، ۱/۰۵، ۱/۴۷ و $0/25 d^{-1}$ به دست آمد (۱۰).

یافته ها نشان داد مقدار ضرایب بیوسینتیک با تغییر غلظت MLSS به میزان قابل ملاحظه ای تغییر نشان داده است اما این تغییرات از هیچ الگوی مشخصی پیروی نمی کند که این امر را می توان به ماهیت فرآیند نسبت داد چرا که ضرایب به دست آمده در هر مرحله ممکن است نمایانگر گونه های مختلف میکروبی باشند (۱۷) و تغییرات در گونه های میکروبی موجب تغییر در ضرایب بیوسنتیک شده است. شناسایی گونه های بیومس غالب در غلظت های مختلف MLSS می تواند منجر به درک بهتر این تغییرات شود. نتایج نسبتاً مشابهی توسط مطالعه ای دیگر، به دست آمد (۸).

در غلظت MLSS برابر ۲۰۰۰ mg/L راندمان حذف BOD و COD با افزایش دبی کاهش یافته اما روند کاهشی آن ناچیز می باشد. در این سیستم با بالا بودن سن لجن و زمان ماند هیدرولیکی و پایین بودن نسبت F/M، راندمان حذف بالایی مشاهده شده است که احتمالاً دلیل آن رسیدن میکرو ارگانیسم ها به فاز خودخوری و تمایل بیشتر به ایجاد لخته های بیولوژیکی قابل ته نشینی می باشد. با افزایش غلظت MLSS به ۳۰۰۰ mg/L راندمان حذف به دلیل بیشتر شدن غلظت MLSS، افزایش غلظت بیومس و مصرف بیشتر سوبسترا نسبت به مرحله اول افزایش یافته است. انجام آزمایشات مشابه در مرحله سوم باز هم افزایش راندمان حذف را متناسب با افزایش سن لجن و زمان ماند هیدرولیکی در مقایسه با دو مرحله پیشین نشان داد.

با توجه به غلظت سوبسترای خروجی، آهنگ رشد باکتری ها از واکنش درجه اول پیروی می کند نتایج شبیه سازی غلظت سوبسترای خروجی نشان می دهد که در محدوده سن لجن ۵-۱۵ روز غلظت سوبسترا شدیداً وابسته به میزان SRT بوده به طوری که با افزایش میزان عمر لجن غلظت سوبسترا به میزان زیادی کاهش می یابد و هر چه فرآیند با MLSS کمتری راهبری شود این کاهش از وابستگی بیشتری برخوردار است. کاهش غلظت سوبسترا در محدوده سن لجن ۱۵-۴۵ روز با روند کندتر ادامه دارد. بعد از آن روند کاهش بسیار کند شده و تقریباً می توان گفت که SRT تأثیری روی غلظت سوبسترای خروجی ندارد. با توجه به اینکه سن لجن برای سیستم هوادهی ممتد بین ۲۰-۴۰ روز می باشد در این محدوده سوبسترای خروجی تقریباً ثابت بوده و راندمان حذف تغییر زیادی نمی کند. همچنین با افزایش MLSS تأثیر SRT بر روی سوبسترای خروجی ناچیز بوده است. نتایج همچنین نشان داد که با افزایش MLSS حوض هوادهی، تأثیر SRT بر روی غلظت سوبسترای خروجی ناچیز و قابل صرف نظر کردن است. با افزایش عمر لجن، زمان ماند هیدرولیکی و MLSS، راندمان حذف سوبسترا افزایش یافته، به طوری که در زمان ماند هیدرولیکی حداقل (۲۰ ساعت) و عمر لجن (۲۰ روز)، راندمان حذف برای MLSS۳۰۰۰ و mg/L ۴۰۰۰ بالاتر از ۹۰٪ حاصل شد. در بررسی دیگری که در این خصوص انجام گرفت، ضرایب سینتیک فرآیند لجن فعال با هوادهی گسترده در تصفیه فاضلاب های خام را با عمر لجن متفاوت از ۳ تا ۲۰ روز و آهنگ بارگذاری آلی از $\frac{KgCOD}{KgVSS}$ ۲-۰/۵ مورد بهره برداری قرار گرفت. در این مطالعه هم مشخص گردید که راندمان حذف مواد آلی با افزایش SRT افزایش می یابد و مقدار آن بین ۹۹-۹۳٪ گزارش شده است. ضرایب سینتیک به دست آمده در این مطالعه در محدوده مقادیر استاندارد بوده است (۱۶).

نتایج نشان داد که راندمان حذف سوبسترا برای غلظت MLSS در حوضچه هوادهی ۳۰۰۰ و

۴۰۰۰mg/L تقریبا ثابت بود و بین ۹۵٪- ۹۱ تغییر کرد. با توجه به پائین بودن نسبت F/M در این سیستم تأثیر OLR (بارگذاری مواد آلی) بر راندمان حذف سوبسترا ناچیز می باشد. در مجموع راندمان حذف سوبسترا در زمان ماند هیدرولیکی بین ۲۷- ۲۰ ساعت بالا بوده و بنابراین شرایط بهینه برای حذف سوبسترا در مناطق سردسیر کشور زمان ماند هیدرولیکی ۲۱- ۲۰ ساعت و عمر لجن ۲۴- ۲۱ روز و MLSS۳۰۰۰ و mg/L ۴۰۰۰ می باشد.

نتیجه گیری:

با توجه به یافته های این پژوهش ضرایب Y، K، K_d، K_s و μ_{max} برحسب COD به ترتیب در محدوده mg/mg ۰/۱۴۲-۰/۴۹۱۵، d^{-1} ۰/۷۲-۱/۰۹۱d^{-1}، ۰/۰۰۲۱-۰/۰۱۵۳، ۱۷۸/۹۹-۲۵۱/۱۶، ۰/۱۵-۰/۳۵ بود. میزان این ضرایب بر حسب BOD_5 به ترتیب برابر با mg/mg ۰/۴۹۱۵-۰/۲۱۷۴، d^{-1} ۱/۰۵-۰/۵۳d^{-1}، ۰/۰۰۸ -۰/۰۱۹۷، ۱۰۲/۳۸- ۲۱۴/۶، ۰/۱۲-۰/۶۹ به دست آمد. نتایج همچنین نشان داد راندمان حذف COD و BOD_5 به ترتیب در رنجی بین ۸۵/۱۵-۹۳/۶٪ و ۸۸/۲-۹۴/۸۵٪ بود. شرایط بهینه برای حذف سوبسترا در مناطق سردسیر کشور زمان ماند هیدرولیکی (۲۱-۲۰) ساعت و عمر لجن (۲۴- ۲۱) روز و MLSS، mg/L ۴۰۰۰ برآورد گردید. پیشنهاد می گردد به منظور اثر بخشی هزینه ها، طراحی مناسب سیستم های تصفیه و راندمان های بالاتر در راهبری و بهره برداری از تصفیه خانه های فاضلاب، وزارت نیرو و شرکت های آب وفاضلاب از ضرایب بیوسنتیک به دست آمده از این پژوهش برای طراحی سیستم های لجن فعال در سایر مناطق سردسیر و شهرهایی که از لحاظ اقلیمی و فرهنگی مشابه با این تحقیق می باشند (اغلب شهرهای نوار غربی کشور) استفاده نمایند.

تشکر و قدردانی:

با توجه به اینکه این مطالعه با حمایت مالی شرکت آب و فاضلاب استان چهارمحال و بختیاری و دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد انجام شده است؛ لذا نویسندگان بر خود لازم می دانند تا از همکاری مسئولین و کارشناسان محترم شرکت آب و فاضلاب و کارکنان تصفیه خانه فاضلاب شهرکرد که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند تشکر و قدردانی نمایند.

منابع:

1. Kim J, Cho KJ, Han G, Lee C, Hwang S. Effects of temperature and pH on the biokinetic properties of thiocyanate biodegradation under autotrophic conditions. Water Res. 2013; 47(1): 251-8.
2. Jazayeri SR, Sadeghi M, Hssani AH, Javid AH. Determination of the design parameters for making urban wastewater plants in cold regions of Iran. Shahrekord Univ Med Sci. 2010; 11(4): 92-100
3. Felfoldi T, Szekely AJ, Goral R, Barkacs K, Scheirich G, Andras J, et al. Polyphasic bacterial community analysis of an aerobic activated sludge removing phenols and thiocyanate from coke plant effluent. Bioresour Technol. 2010 May; 101(10): 3406-14.
4. Imbierowicz M, Chacuk A. Kinetic model of excess activated sludge thermohydrolysis. Water Res. 2012; 46(17): 5747-55.
5. Klok JB, de Graaff M, van den Bosch PL, Boelee NC, Keesman KJ, Janssen AJ. A physiologically based kinetic model for bacterial sulfide oxidation. Water Res. 2013; 47(2): 483-92.
6. Qasim SR. Wastewater Treatment Plant: Planning design and operation. 2nd ed. Technomic publishing company; Lancaster: 1998.

7. Liwarska-Bizukojc E, Bizukojc M. A new approach to determine the kinetic parameters for nitrifying microorganisms in the activated sludge systems. Bioresour Technol. 2012 Apr; 109: 21-5.
8. Al-Malack MH. Determination of biokinetic coefficient of an immersed membrane bioreactor. Membr Sci. 2006; 271(1-2): 47-58.
9. Pala A, Bolukbas O. Evaluation of kinetic parameters for biological CNP removal from a municipal wastewater through batch tests. Process Biochem. 2005; 40(2): 629-35.
10. Yenkie MKN, Geissen SU, Vogelpohl A. Biokineties of wastewater treatment in the high performance compact reactor (HCR). Chem Eng. 1992; 49(1): B1-B12.
11. Office of the Research and Technical Guidelines of Power Ministry. Guidelines of urban wastewater treatment process. Tehran: Management and Planning Organization Pub. 1993; p: 132. [Persian]
12. Crites R, Tchobanoglous G. Small and decentralized wastewater management systems. International ed. Boston: McGraw-Hill; 1998.
13. APHA, AWWA, WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: American Public Health Association; 2005.
14. Metcalf L, Eddy HP. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse. 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 1991.
15. Grady CP, Lim HC. Biological Wastewater Treatment. 2nd ed. New York: MarcelDekker: 1980.
16. Hamoda MF, AL-Attar MS. Effects of high sodium chloride concentrations on activated sludge treatment . Water Sci Tech. 1995; l31(9): 61-72.
17. Grady CP, Lim HC. Biological Wastewater Treatment. 2nd ed. New York: MarcelDekker; 1980.

Journal of Shahrekord University of Medical Sciences
(J Shahrekord Univ Med Sci) 2014; 15 (Suppl): 41-52.

Original article

Determination of the biokinetic coefficients of sewage in cold regions of Iran

Sadeghi M[1], Fadaei AM [1]*, Kheiri S [2], Najafi- Chaleshtori A[1], Shakeri K[1]
Environment Health Dept., Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, I.R. Iran;
[2]Statatistics Dept., Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, I.R. Iran.
Received: 10/May/2013 Accepted: 4/Nov/2013

Background and aim: Selection of biokinetic coefficients, as local conditions, is necessary for proper designing of wastewater biological treatment processes and meeting to effluent discharge standards. This research was performed in order to determination of the biokinetic coefficients of sewage in cold regions of Iran.
Methods: This study is a semi-empirical research that was done as interventional using an extended aeration activated sludge process in pilot-plant scale. Research variables were measured daily in order to calculate cell yield coefficient (Y), endogenous decay coefficient (k_d), saturation constant (k_s) and maximum specific growth rate (μm). The pilot was operated with three concentrations of mixed liquor suspended solids (MLSS) of 2000, 3000 and 4000 mg/l, a sludge retention time (SRT) of 20-30 days and a range of hydraulic retention time (HRT) of 20-28 hours. The coefficients were calculated according to chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD_5). Achieved data were analyzed using Pearson correlation coefficient.
Results: The results showed that the Y, K, K_d, K_s and μ_m coefficients; based on the COD, were equal to 0.14–0.49 mg/mg, 0.72–1.09 day^{-1}, 0.002–0.015 day^{-1}, 178.99–251.16 mg /l, and 0.15-0.35 day^{-1}, respectively. The rate of these coefficients; based on the BOD_5, were equal to 0.22–0.49 mg/mg, 0.53–1.05 day^{-1}, 0.008–0.020 day^{-1}, 102.38–214.60 mg /l, and 0.12-0.69 day^{-1}, respectively. Achieved biokinetic coefficients in this research, except to low range of the Y and k_d that were less than those in the same studies, were fitted in range of reported amounts in the same studies. The results also showed that removal efficiency of COD and BOD_5 was in range of 85.15 – 93.6% and 88.20- 94.85%, respectively.
Conclusion: The obtained coefficients in this study could be useful for designing of activated sludge processes in other regions with similar climate and culture.

Keywords: **Biokinetic coefficients, Wastewater biological treatment, Cold regions.**

Cite this article as: Sadeghi M, Fadaei AM, Kheiri S, Najafi- Chaleshtori A, Shakeri K. Determination of the biokinetic coefficients of sewage in cold regions of Iran. J Shahrekord Univ Med Sci. 2014; 15 (Suppl): 41-52.

[*]**Corresponding author:**
Environment Health Dept., Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, I.R. Iran
Tel: 00983813330299, E-mail: ali2fadae@yahoo.com