بررسی کارآیی سیستم لجن فعال بدون برگشت لجن

دکتر امیرحسین محوی [*] ، دکتر علیرضا مصداقی نیا [*] ، پژمان مؤیدی زاده [**]

خلاصه:

سابقه و هدف: با توجه به مشکلات و محدودیت‌های فعلی سیستم لجن فعال با جریان ناپیوسته و پیوسته در دفع انواع فاضلاب‌ها ، در این مقاله به ارایه یک سیستم لجن فعال بدون برگشت لجن با جریان پیوسته و دارای یک چرخه متناوب پرداخته شد و کارآیی آن به صورت یک واحد نمونه آزمایشگاهی بررسی گردید.

سیستم و عملکرد آن: سیستم دارای دو مخزن ۱ و ۲ با ابعاد، تجهیزات هوادهی ، دریچه ورود فاضلاب خام و خروج پساب تصفیه شده یکسان بوده و دارای عملکرد مخازن هوادهی و ته نشینی متناوب است. کارآیی سیستم با آزمایش‌های MLSS, BOD5, TKN, NH3, No3, SV_1, MLV_{SS}, COD و DO مطابق استاندارد یک بار با فاضلاب ساختگی و یک بار با فاضلاب شهری، مطالعه گردید.

یافته‌ها: غلظت فاضلاب MLSS و MLV_{SS} ، نسبت $\frac{F}{M}$ در طول کارکرد و در هر مرحله یک روند کاهش یافت. کارآیی سیستم در حذف میزان افزایش COD ساختگی با گذشت زمان از ۸۷ درصد به ۹۸ درصد و در فاضلاب شهری از ۸۵ درصد به ۹۱ و نیز در سایر شاخص‌های مورد بررسی ، کارآیی خود را نشان داد.

نتیجه گیری : سیستم دارای کارآیی بالایی بوده ، تحقیقات بیشتر برای اظهار نظر نهایی و کاربرد عملی آن توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی : لجن ، فاضلاب ، کارآیی ، سیستم لجن فعال

* دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ـ درمانی تهران ، دانشکده بهداشت

** کارشناس ارشد بهداشت محیط

مقدمه

امروزه به علت ازدیاد جمعیت و تمرکز آن در نقاط مختلف ، مشکلاتی پیش روی جوامع قرار گرفته است. یکی از معضلات بهداشتی و زیست محیطی که اکثر جوامع با آن رو به رو هستند، مساله تولید انواع فاضلابها و روش دفع صحیح آن به محیط زیست می‌باشد. هر چند تصفیه فاضلاب به صورت علمی و با روش‌های مشخص سابقه طولانی ندارد امّا امروزه سیستم‌های بسیار متنوعی جهت تصفیه انواع فاضلابها ابداع و به کار گرفته شده است. یکی از متداول‌ترین و شاید پرکاربردترین سیستم‌ها در تصفیه فاضلاب، سیستم لجن فعال است که خود شامل انواع متنوعی می‌باشد (۱).

اساس کار در فرآیند لجن فعال هوازی ، شامل هوادهی فاضلاب خام در مجاورت میکروارگانیسم‌ها در حوضچهٔ هوادهی و سپس جداسازی جرم میکروبی از فاضلاب هوادهی شده در حوض‌های ته نشینی و به دست آوردن پساب تصفیه گردیده است. در فرآیندهای لجن فعال که به صورت پیوسته عمل می‌کنند ، جهت بالابردن کارآیی تصفیه در مدت زمان کمتر ، مبادرت به برگشت مقداری از لجن ته نشین شده از حوض ته نشینی به حوض هوادهی می‌گردد. از این رو خط برگشت لجن یکی از ملزومات اساسی در این تصفیه‌خانه‌ها می‌باشد (۲،۳).

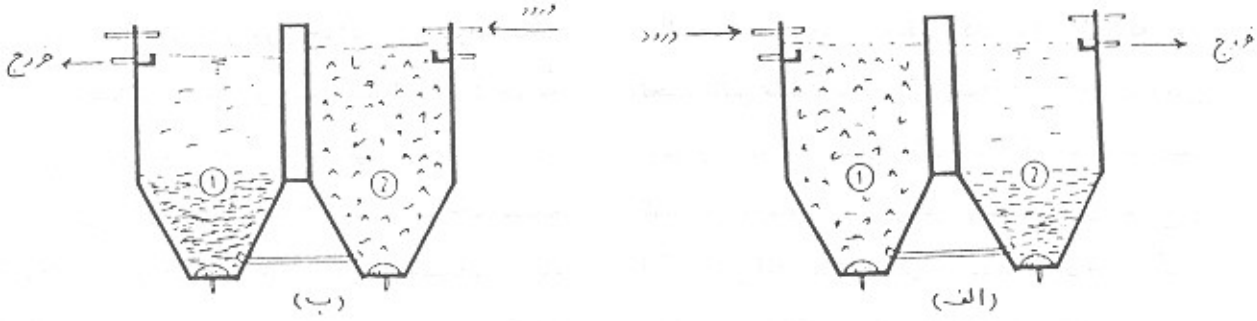
سیستم‌های بدون خط برگشت لجن ، یا به صورت ناپیوسته عمل می‌کنند [نظیر مخازن ناپیوسته متوالی (SBR)] ، که در این صورت محدودیت کاربرد جهت جریان‌های پیوسته و زیاد فاضلاب را خواهند داشت (۴). سیستم‌هایی هم که به صورت پیوسته و بدون خط برگشت لجن کار می‌کنند (نظیر تالابهای هوادهی شده)، به علت پایین بودن کارآیی و نیاز به زمان ماندن بسیار زیاد (چند روز) نیز محدودیت کاربرد دارند (۵).

از آنجا که پارامترهای اصلی در سیستم‌های لجن فعال نظیر نسبت غذا به میکروارگانیسم‌ها (F/M) که خود تحت تاثیر غلظت میکروارگانیسم‌ها در حوض هوادهی است و زمان ماند سلولی (θ_C) توسط خط برگشت لجن کنترل و تنظیم می‌گردند، از این رو بهره برداری صحیح از فرآیند لجن فعال مستلزم کنترل و تنظیم میزان جریان آن با توجه به شرایط حاکم بر سیستم است و در صورتی که این کار به درستی انجام نگیرد، می‌تواند باعث بروز مشکلات در بهره‌برداری از تصفیه خانه گردد (۶،۷). علاوه بر نکات مذکور خط برگشت لجن به علت نیاز به تاسیسات برای تلمبه کردن دارای بار مالی برای تصفیه خانه می‌باشد (۸). چون سیستم لجن فعال بدون برگشت و با جریان ناپیوسته فعلی (نظیر SBR) ، محدودیت‌های خاص خود را دارند و یا سیستم‌هایی مثل لاگون که جریان در آنها پیوسته است به علت غلظت پایین جرم میکروبی در سیستم، بازده تصفیه پایین است. با این وجود ، در این مقاله ، یک سیستم لجن فعال بدون برگشت لجن و با جریان پیوسته و دارای عملکرد مخازن هوادهی و ته نشینی به صورت متناوب ، معرفی و کارآیی آن به صورت پایلوت تعیین می‌شود.

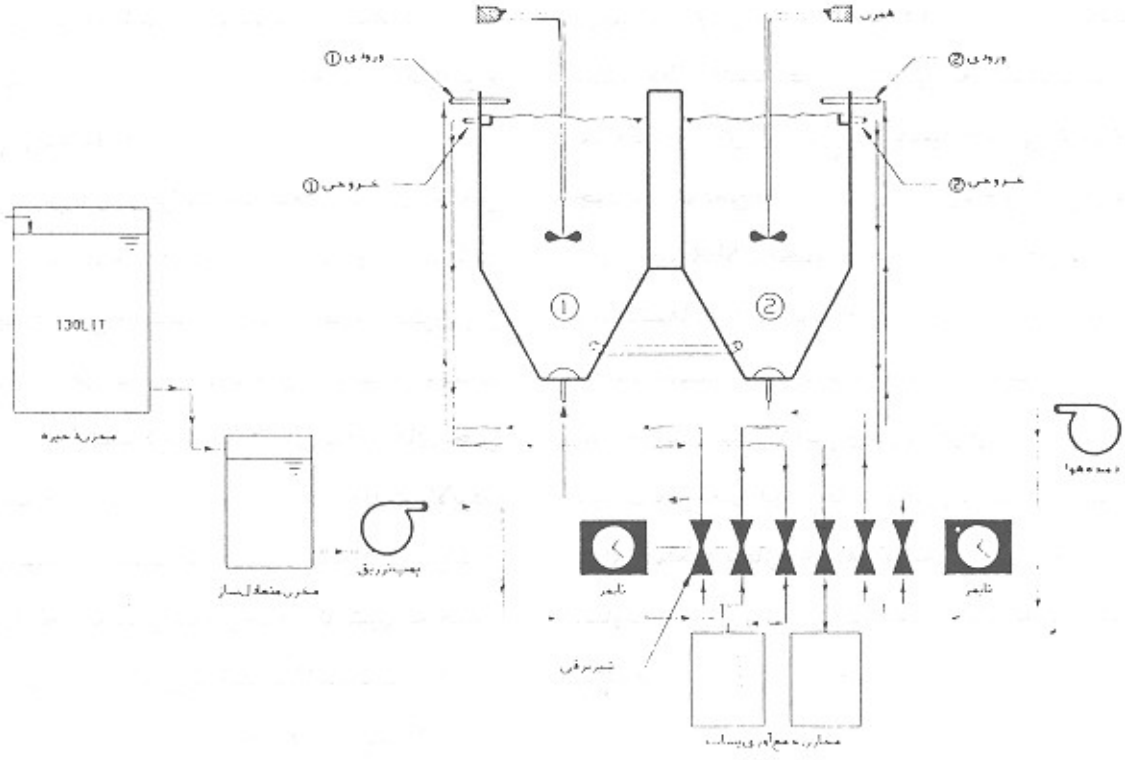
سیستم و عملکرد آن

سیستم دارای دو مخزن است که با شماره‌های ۱ و ۲ مشخص گردیده است. هر دو مخزن دارای ابعاد یکسان، تجهیزات هوادهی ، دریچه ورود فاضلاب خام و خروج پساب تصفیه شده می‌باشند. بنابراین، هر یک از دو مخزن می‌توانند به صورت مخزن هوادهی و یا مخزن ته نشینی عمل کنند.

(مخزن۲= هوادهی ، مخزن۱=ته‌نشینی ، ورودی‌مخزن۲وخروجی‌مخزن۱=باز ، ورودی‌مخزن۱وخروجی‌مخزن۲=بسته)



شکل ۱ ـ نحوه عملکرد مخازن الف) مرحله اول ب) مرحله دوم



شکل ۲ـ جزییات کامل پایلوت مورد بررسی

از آنجایی که عملکرد این سیستم به صورت دوره‌ای تغییر می‌کند، برای توصیف عملکرد آن دو مرحله متمایز در چرخه کارکرد سیستم مد نظر قرار گرفت.

مرحله اول : در مرحله اول ، مخزن شماره ۱ عمل هوادهی و مخزن شماره ۲ عمل ته نشینی را انجام می‌دهند (دستگاه هوادهی مخزن ۱ روشن و هوادهی مخزن ۲ خاموش است) . در این مرحله دریچه ورودی مخزن ۱ و دریچه خروجی مخزن ۲ باز است. یعنی فاضلاب خام وارد مخزن ۱ شده و در آنجا هوادهی گردیده و در مخزن ۲ عمل ته‌نشینی صورت می‌گیرد و پساب ته نشین شده از مخزن ۲ خارج می‌گردد. به طور خلاصه، در مرحله اول و با توجه به شکل ۱ می‌توان چنین بیان داشت :

مخزن ۱ = هوادهی ، مخزن ۲ = ته نشینی ، ورودی مخزن ۱ و خروجی مخزن ۲ = باز ، ورودی مخزن ۲ و خروجی مخزن ۱ = بسته

مرحله دوم : در مرحله دوم کارکرد سیستم تغییر می‌کند و یا به عبارتی بر عکس می‌شود. به طور خلاصه ، در مرحله دوم و با توجه به شکل ۱ می‌توان چنین ذکر کرد:

مخزن ۲ = هوادهی ، مخزن ۱ = ته نشینی ، ورودی مخزن ۲ و خروجی مخزن ۱ = باز ، ورودی مخزن ۱ و خروجی مخزن ۲ = بسته

در این سیستم، زمان مراحل یک و دو یکسان است، یعنی مدت زمانی که سیستم در مرحله اول کار می‌کند با مدت زمانی که سیستم در مرحله دوم کار می‌نماید برابر می‌باشد. هم چنین همان گونه که قبلاً بیان شد، سیستم به صورت پیوسته کار می‌کند یعنی بلافاصله پس از پایان مرحله اول، مرحله دوم شروع می‌گردد و پس از پایان مرحله دوم ، سیستم دوباره وارد مرحله اول می‌شود.

سیستم در ابتدای مرحله اول فرض گردیده و در مورد عملکرد آن توضیح داده می‌شود. در ابتدای مرحله اول همان طور که قبلاً ذکر گردید مخزن شماره یک شروع به هوادهی می‌کند و مخزن شماره دو به عنوان ته نشین کننده عمل می‌نماید. در ابتدای کار غلظت MLSS را در تانک برابر C_0 فرض می‌کنیم با شروع کارکرد سیستم ، جریان فاضلاب ورودی به مخزن شماره یک باعث می‌شود MLSS مخزن هوادهی همراه با جریان مایع مخلوط از مخزن یک (هوادهی) به مخزن دو (ته نشینی) وارد شود، از آنجایی که سیستم فاقد خط برگشت لجن است. بنابراین، غلظت MLSS به مرور زمان در مخزن هوادهی کاهش می‌یابد و این کاهش غلظت باعث تقلیل تدریجی بازده تصفیه خواهد شد.

جهت بررسی این وضعیت باید رابطه زیر را در مورد مخزن اختلاط کامل و بدون برگشت مورد توجه قرار داد (۹) :

$$\frac{C}{C_0} = e^{-t/Tr} \qquad (۱)$$

C_0 = غلظت MLSS در ابتدا

C = غلظت MLSS پس از گذشت زمان t

t = زمان نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری MLSS

Tr = زمان ماند هیدرولیک در تانک هوادهی

در این بررسی زمان کارکرد سیستم (زمانی که عملکرد مخازن تغییر می‌کند) در تمام مراحل برابر زمان ماند هیدرولیک تانک هوادهی تنظیم گردید، در این حالت در رابطه (۱) t=Tr می‌باشد که با قراردادن آن در رابطه (۱) خواهیم داشت.

$$\frac{C}{C_0}=e^{-t/Tr} \rightarrow \frac{C}{C_0}=e^{-1} \rightarrow \frac{C}{C_0}=۰/۳۶۷۹ \rightarrow C_0=۲/۷۲C$$

از این محاسبه می‌توان نتیجه گرفت که در حالت اختلاط کامل ایده‌آل و چنانچه زمان کارکرد هر مرحله با زمان ماند هیدرولیک تانک هوادهی یکسان باشد، در این صورت غلظت MLSS در ابتدای شروع کارکرد سیستم (هوادهی مخزن یک) ۲/۷۲ برابر غلظت MLSS در پایان عملکرد سیستم است.

پس از پایان کارکرد سیستم در مرحله اول، سیستم وارد مرحله دوم می‌شود و همان طور که بیان گردید در مرحله دوم مخزن شماره یک به صورت مخزن ته نشینی عمل می‌کند و مخزن شماره ۲ شروع به هوادهی می‌نماید. جرمی از MLSS مخزن شماره یک که در مرحله اول کاهش یافته است وارد مخزن شماره دو شده است و با شروع

مرحله دوم و ورود فاضلاب خام به مخزن شماره ۲ همان مقدار از جرم MLSS مخزن دو طی این مرحله وارد مخزن شماره یک می‌گردد ، در واقع طی مراحل ۱ و ۲ بخش عمده‌ای از جرم میکروبی بین دو مخزن جابجا می‌گردند.

نکته قابل ذکر دیگر در عملکرد پایلوت این است که جهت جریان در تانک ته نشینی رو به بالا بوده و مایع مخلوط (فاضلاب + MLSS) تانک هوادهی از قسمت زیرین مخزن ته نشینی وارد می‌شود و از لایه لجن ته نشین گردیده عبور می‌کند. این امر احتمالاً باعث می‌شود که عمل تصفیه تا حدودی در مخزن ته نشینی هم صورت گیرد (شکل ۲).

این بررسی در دو مرحله و با فاضلاب ساختگی و فاضلاب شهری به عمل آمده است. فاضلاب ساختگی مورد استفاده در آزمایشگاه توسط شیرخشک ، نشادر و بافرفسفات تهیه شده است و خصوصیات آن تقریباً برابر فاضلاب شهری با قدرت متوسط می‌باشد (COD =۲۵۰ ، TKN=۴۰ و PO4 =۱۰ میلی‌گرم بر لیتر). در مرحله آزمایش با فاضلاب شهری از فاضلاب ورودی به تصفیه خانه شهرک قدس استفاده شد (COD =۲۷۳ و TKN =۴۲ میلی‌گرم بر لیتر).

مشخصات پایلوت - پایلوت سیستم مورد بررسی شامل دو مخزن کاملاً یکسان از لحاظ ابعاد می‌باشد. مخازن اصلی پایلوت (مخازن شماره ۱ و ۲) هر یک دارای ۱۵ لیتر حجم مفید هستند. هوادهی توسط یک کمپرسور هوا و با کمک سنگ هوا صورت پذیرفت.

هر یک از مخازن دارای یک ورودی فاضلاب خام، یک خروجی برای پساب تصفیه شده و یک ورودی جهت هوا می‌باشد. جهت کنترل خودکار سیستم و تعویض عملکرد مخازن در زمانهای تعیین شده ۶ شیر که توسط دو تایمر ساعت کنترل می‌گردید، به کار رفت. بنابراین عملکرد هر مخزن توسط سه شیر برقی (شیر ورودی ، شیر خروجی و شیرهوا) کنترل شود. جزییات کامل پایلوت مورد بررسی در شکل ۲ ارایه گردیده است.

نمونه‌برداری و آزمایشات - جهت بررسی کارآیی سیستم مورد نظر پس از راه‌اندازی پایلوت ، نمونه‌برداری و آزمایش‌های روزانه به عمل آمد. نمونه‌برداری روزانه از فاضلاب ورودی ، پساب خروجی مخازن ۱ و ۲ و مایع مخلوط تانک هوادهی صورت پذیرفت و بر روی نمونه‌های جمع‌آوری شده آزمایش‌های تعیین TKN COD, MLVSS SVI, NO3 , NH3 ,BOD5, MLSS و DO انجام گرفت. کلیه آزمایش‌ها مطابق کتاب روشهای استانداردآزمایش‌های‌آب‌وفاضلاب‌صورت‌پذیرفت (۱۰).

ضریب بازده مشاهده شده سیستم (Yobs) را با اندازه‌گیری افزایش MLVSS و BOD5 فاضلاب ورودی را در هر مرحله از کارکرد سیستم ، در یک دوره ۴۸ ساعته تعیین گردید و با محاسبه این ضریب ، لجن تولیدی تعیین شد.

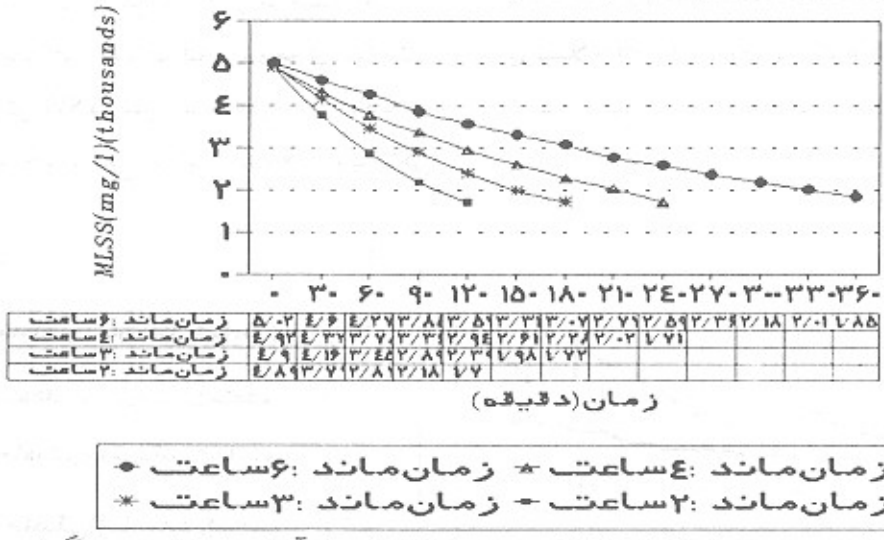
یافته‌ها و بحث

در جدول (۱) ضریب بازده مشاهده شده با فاضلاب شهری و انسانی بر حسب زمان ماند هیدرولیک ارایه گردید و نشان می‌دهد که در مراحل مختلف آزمایش و با گذشت زمان ، ضرایب بازده چگونه تغییر یافته است.

جدول ۱ـ توزیع ضرایب بازده مشاهده شده سیستم (Yobs) در مراحل مختلف

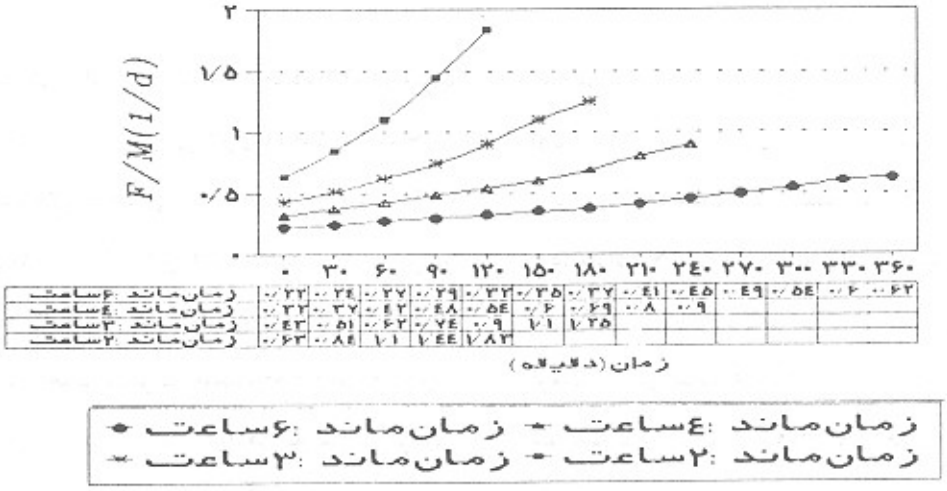
آزمایش فاضلاب / زمان ماند هیدرولیکی (ساعت)	شهری	انسانی
۲	۰/۴۷	–
۳	۰/۴۶	۰/۴۳
۴	۰/۴۴	۰/۴۱
۶	۰/۳۹	۰/۳۷

تغییرات غلظت MLSS و MLVSS – غلظت MLSS در مخزن هوادهی به علت فقدان خط برگشت لجن و وجود جریان پیوسته در سیستم، در طول کارکرد هر مرحله کاهش یافت. تغییرات غلظت براساس رابطه (۱) صورت می‌گیرد . در نمودار (۱) نحوه تغییرات MLSS در یکی از مراحل آزمایش بیان گردیده است.



نمودار ۱ـ نحوه تغییرات غلظت MLSS در مخزن شماره ۲ (مرحله آزمایش با فاضلاب ساختگی)

تغییرات نسبت F/M – از آنجایی که نسبت F/M بستگی به غلظت MLSS در تانک هوادهی دارد و همان گونه که بیان شد، غلظت MLSS در تانک هوادهی در هر مرحله یک روند کاهشی را طی می‌کند ، بنابراین نسبت F/M نیز در طی هوادهی کاهش یافت (نمودار ۲).

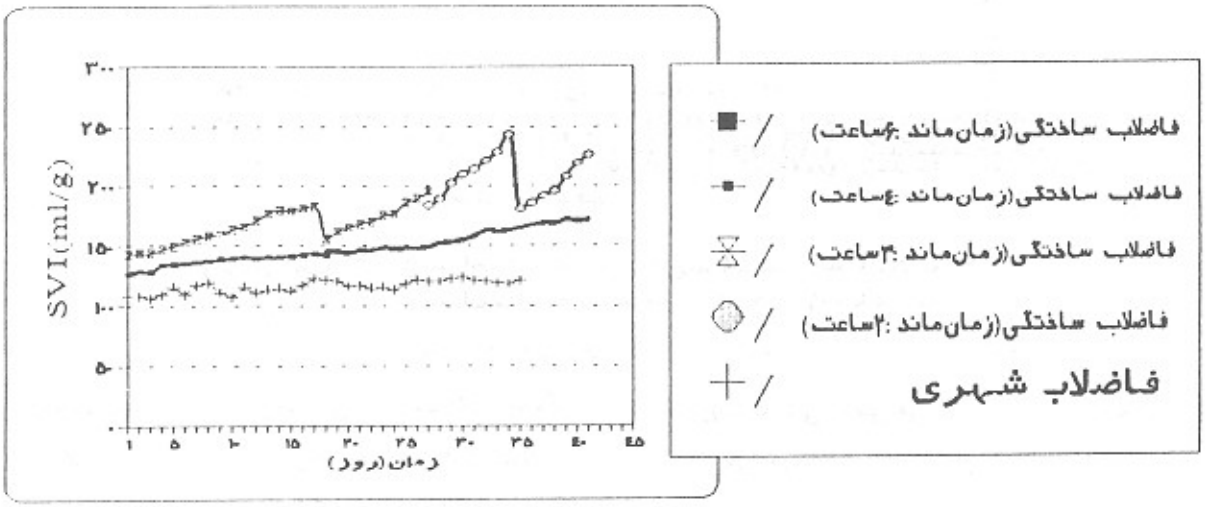


نمودار ۲ـ نحوه تغییرات F/M در مراحل مختلف آزمایش با فاضلاب ساختگی

زمان ماند سلولی - زمان ماند سلولی در مرحله آزمایش با فاضلاب ساختگی و در زمانهای ماند ۲ ،۳، ۴ و ۶ ساعت به ترتیب برابر ۵ ، ۷/۴ ، ۱۰/۵ و ۱۶/۴ روز بود. زمان ماند سلولی با در نظر گرفتن کل جرم سیستم محاسبه گردید.

تغییرات میزان SVI - شاخص حجمی لجن (SVI) در مرحله آزمایش با فاضلاب ساختگی به مرور زمان افزایش پیدا کرده و در مواردی موجب بروز بالکینگ شده است . میزان SVI در مرحله آزمایش با فاضلاب شهری تغییرات قابل توجه‌ای نداشت. علت افزایش SVI در مرحله آزمایش با فاضلاب ساختگی به خاطر نوع ترکیب فاضلاب ساختگی (شیرخشک) بود (نمودار ۳).

وضعیت بیولوژیکی راکتورها -در تمام مراحل مورد بررسی جمعیت غالب تک‌یاخته‌ها در لجن فعال شامل مژکداران چسبیده و مژکداران شناور آزاد بوده‌اند ، در زمانهای ماند ۴ و ۶ ساعت در هر دو مرحله آزمایش تعداد مژکداران چسبیده از مژکداران شناور بیشتر بود. همچنین در تمام مراحل ، رتیفرها نیز به تعداد نسبتاً کم وجود داشتند. گونه‌های غالب مژکداران چسبیده در راکتورها شامل کارکزیوم (Carchesium)، اپرکلاریا (Opercularia)و ورتیسلا (Verticella) بوده‌اند و گونه‌های غالب مژکداران شناور نیز شامل آسپیدیسکا (Aspidisca) و اوپلتس (Euplotes) بودند.

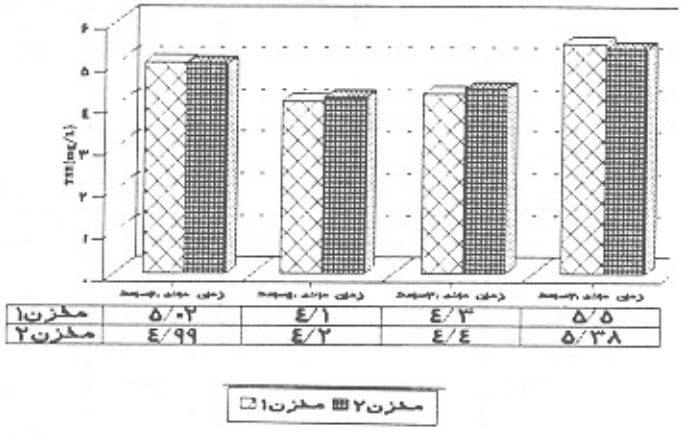


نمودار ۳- نحوه تغییرات SVI در مراحل مختلف بررسی

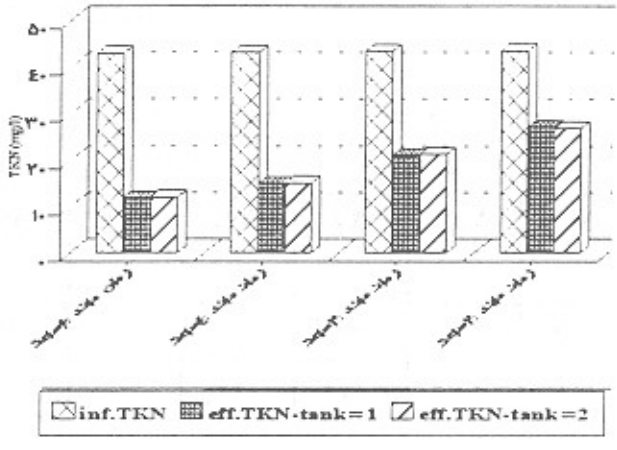
کارآیی سیستم -کارآیی سیستم در حذف COD و میزان نیتریفیکاسیون مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله آزمایش با فاضلاب ساختگی بازده سیستم در حذف COD در زمانهای ماند ۲ ، ۳ ، ۴ و ۶ ساعت به ترتیب برابر ۸۷/۴ درصد ، ۹۱ درصد ، ۹۴ درصد و ۹۷/۷ درصد می‌باشد. البته‌به علت تغییرات غلظت MLSS طی هوادهی، COD خروجی سیستم هم طی هوادهی به تدریج افزایش می‌یابد و نتایج فوق براساس میانگین COD خروجی سیستم محاسبه گردید. میزان نیتریفیکاسیون در مرحله اول آزمایش در زمانهای ماند ۲ ، ۳ ، ۴ و ۶ ساعت به ترتیب ۳۸ درصد ، ۵۱ درصد ، ۶۵ درصد و ۷۲ درصد بود. میزان SS نیز در پساب خروجی هیچ گاه از ۸/۵ میلی‌گرم بر لیتر بالاتر نرفته است. نتایج حاصل از آزمایشات در نمودارهای ۴ تا ۷ ارایه شده است.

مقایسه با سایر سیستم‌های لجن فعال - نظر به این که طراحی سیستم مورد بررسی و چند سیستم دیگر به

صورت کامل و مقایسه هزینه تمام شده آنها با توجه به این که تمام عوامل مورد نیاز جهت طراحی سیستم مورد بررسی در دسترس نبوده ، مقدور نمی‌باشد و جهت طراحی کامل یک تصفیه خانه با سیستم لجن فعال بدون

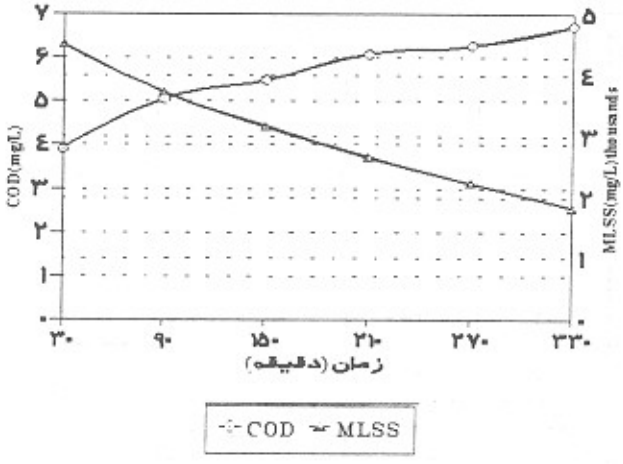


نمودار ۴ـ میزان COD خروجی در مرحله آزمایش با فاضلاب ساختگی (زمان ماند ۴ ساعت)

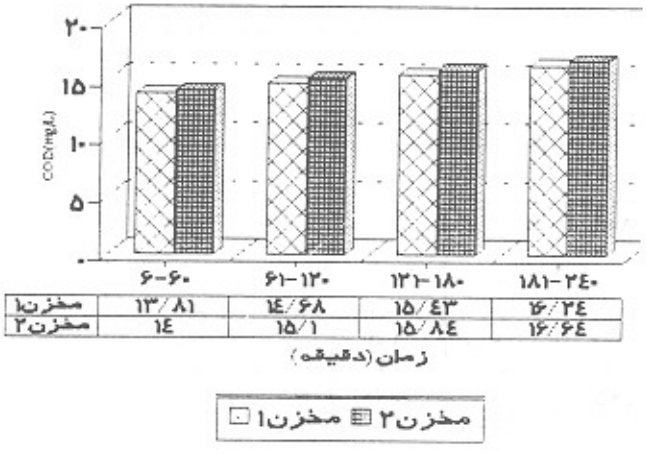


نمودار ۵ـ نحوه تغییرات غلظت COD و MLSS در طول یک مرحله از عملکرد سیستم (مخزن یک)

شرایط و عوامل تاثیرگذار اصلی بر روی سیستم در مرحله آزمایش با فاضلاب شهری نظیر BOD5 ورودی و خروجی ، راندمان کاهش BOD و متوسط غلظت MLVSS در تانک هوادهی به عنوان مبنای طراحی مد نظر برگشت لجن نیاز به مطالعات بیشتری است، از این رو جهت مقایسه سیستم مورد بررسی با سایر فرآیندها به ترتیب زیر عمل گردید.



نمودار ۶ـ نحوه تغییرات TKN در فاضلاب ورودی و خروجی (مرحله آزمایش با فاضلاب ساختگی)



نمودار ۷ـ میزان مواد معلق در پساب خروجی در مرحله آزمایش با فاضلاب ساختگی

قرار گرفت.

با در نظر گرفتن شرایط مذکور ، برای دو فرآیند هوادهی گسترده (Extended aeration) و اختلاط کامل (Complete mix) حجم مخزن هوادهی، میزان اکسیژن

مورد نیاز و میزان تولید لجن محاسبه گردید و این عوامل با شرایط مشابه در سیستم مورد بررسی ، مقایسه شده‌اند. نتایج حاصل از این مقایسه در جداول (۲) و (۳) ارایه گردیده است.

جدول ۲ـ نتایج مقایسه سیستم مورد بررسی با فرآیندهای اختلاط کامل و هوادهی گسترده در شرایط یکسان

بازده %	نوع فرآیند لجن فعال	MLVSS (mg/l)	حجم راکتور (Lit)	اکسیژن مورد نیاز (mg/d)	لجن تولیدی (mg/d)	زمان ماند سلولی (day)	زمان ماند هیدرولیک (h)	ضریب بازده مشاهده شده
٪۸۹/۱	سیستم بدون برگشت	۲۴۵۰	۱۵	۱۸۲۶۰	۸۰۹۳	۱۰/۱	۳	۰/۴
	اختلاط کامل	۲۴۵۰	۳۱	۱۸۹۸۰	۷۵۸۷	۱۰	۶/۲	۰/۳۷۵
	هوادهی گسترده	۲۴۵۰	۷۴	۲۱۱۳۳	۶۰۷۰	۳۰	۱۵	۰/۳
٪۹۱/۶	سیستم بدون برگشت	۲۴۰۰	۱۵	۱۴۳۲۴	۶۰۹۳	۱۳/۲	۴	۰/۳۹
	اختلاط کامل	۲۴۰۰	۲۴/۴	۱۴۶۵۷	۵۸۵۹	۱۰	۶/۵	۰/۳۷۵
	هوادهی گسترده	۲۴۰۰	۵۸/۶	۱۶۲۶۸	۴۶۸۷	۳۰	۱۶	۰/۳
٪۹۴/۴	سیستم بدون برگشت	۲۳۰۰	۱۵	۹۹۳۵	۳۸۸۹	۱۹/۲	۶	۰/۳۷
	اختلاط کامل	۲۳۰۰	۱۷/۲	۹۸۶۰	۳۹۴۲	۱۰	۷	۰/۳۷۵
	هوادهی گسترده	۲۳۰۰	۴۱	۱۰۹۸۰	۳۱۵۴	۳۰	۱۶/۵	۰/۳

جدول ۳ـ تغییرات پارامترهای طراحی شده برای فرآیندهای هوادهی گسترده و اختلاط کامل در مقایسه با سیستم مورد بررسی

فرآیندها	بازده فرآیند = ٪۸۹/۱			بازده فرآیند = ٪۹۱/۶			بازده فرآیند = ٪۹۴/۴		
	ΔV %	ΔOR %	ΔPx %	ΔV %	ΔOR %	ΔPx %	ΔV %	ΔOR %	ΔPx %
اختلاط کامل	-۱۰۷	+۴	-۶/۲	+۶۳	+۲/۴	-۳/۸	+۱۴/۷	-۰/۸	+۱/۴
هوادهی گسترده	+۳۹۳	-۱۵/۷	-۲۵	+۲۹۰	+۱۳/۶	-۲۳	+۱۷۳	+۱۰/۵	-۱۸/۹

ΔV = تغییر حجم راکتور　　ΔOR = تغییر اکسیژن مورد نیاز　　ΔPx = تغییر جرم لجن تولیدی

(-) = کاهش　　(+) = افزایش

نتیجه‌گیری

متوسط غلظت MLSS در مراحل مختلف ۲۴۵۰-۲۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بود. بنابراین، در صورت بهره‌گیری از غلظت‌های بالاتر MLSS می‌توان کارآیی بالاتری از سیستم انتظار داشت. جهت تحقیقات تکمیلی می‌توان سیستمی با سه مخزن را در نظر گرفت که دارای یک مخزن میانی است که همواره عمل هوادهی را انجام می‌دهد ، در این صورت در هنگام تغییر عملکرد از مراحل

اصلی ۱ به ۲ و برعکس ، با کمک مخزن میانی می‌توان از یک مرحله میانی جهت کنترل مواد معلق خروجی از مخزن ته نشینی استفاده کرد.

هر چند جهت اظهار نظر نهایی و کاربرد عملی سیستم ، نیاز به آزمایش‌ها و تحقیقات تکمیلی می‌باشد امّا نتایج حاصل نشان می‌دهد که سیستم با توجه به داشتن مزایایی از قبیل عدم احتیاج به خط برگشت لجن ، بازده بالا در زمان ماندهای کوتاه (۳ ساعت) ، عدم احتیاج به تجهیزات لجن روبی در مخزن ته نشینی ، صرفه جویی در زمین و مصالح به علت متراکم بودن سیستم و استفاده از دیواره‌های مشترک و مقایسه‌ای که در مورد این سیستم با فرآیندهای متعارف و هوادهی ممتد لجن فعال صورت گرفته است ، سیستم مورد بررسی می‌تواند به عنوان سیستمی با کارآیی بالا و بهره‌برداری ساده‌تر و اقتصادی‌تر مورد توجه قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از حوزه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی تهران که اعتبارات مالی این تحقیق را تامین نموده‌اند به خصوص جناب آقایان دکتر قدسی ، معاونت محترم و دکتر نوری ، مدیر کل دفتر پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

References:

1. Droste, RL. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. 1st ed. New York: John Wiley ; 1997: 248-253.
2. McGhee TJ. Water Supply and Sewage. 6th ed. New York: McGraw - Hill; 1991: 303-315.
3. Metcalf E. Wastewater Engineering, Treatment, Disposal & Reuse. 3th ed. New York: McGraw - Hill; 1991: .
4. Chambers B. Batch operated activated sludge plant for production of high effluent quality at small works. Water Sic Technol. 1993; 28O: 251-258.
5. Ganczarczyk J. Activated Sludge Process Theory and Practice. 1st ed. Baltimor. Marcell Dekker; 1983: 147-149.
6. WPCF Organization WPCF. Operation of municipal wastewater treatment palnts second ed Vol 2. Washington: WPCF; 1990: 213-223.
7. Boehnke B. Diering B. Zuchut SW. Cost effective wastewater treatment process for removal of organic and nutrients. Water Engi Manag. 1997; 144: 18-21.
8. Arcivala SJ. Wastewater Treatment for Pollution Control 19th ed. New York: McGraw - Hill, Inc; 1998: 145-158.
9. Reynolds TD. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering. 2nd ed Washington: PWS Publishing; 1993; 531-556.
10. APHA. AWWA. WPCF. Standard method for the examination of water & wastewater. 19th ed Washington: APHANW Publishing; 1983: 146-203.