Treatment of Food Industries Wastewater Using Sequencing Batch Reactor (SBR)

Alavi Moghadam, M.R., Ph.D. Student, Tokyo University, Japan
Ganjidoust, H., Assist. Prof., Tarbiat Modarres University
Torabian, A., Assist. Prof., Faculty of Environment, Tehran University

Abstract

In the last two decades, Sequencing Batch Reactor (SBR) has been one of the most famous method in biological treatment of municipal and industrial wastewaters. The SBR system is considered to be a simple reactor unit producing a high BOD removal rate in the treatment of most industrial wastewaters.

Four different types of wastewater used in this study were sugar, dairy (milk), soft drink and cannery wastes. Four 4 - liter reactors used in this study were divided into two 2- liter liquid and settled sludge parts. The feed COD was varied from 1500 to 3000 mg/l, and the SBR cycle time was 12 hours including filling, reacting, settling, drawing and idle times.

It has been found that SBR with 12 hours cycle time resulted in greater than 90% of COD removal for all of the wastewaters used in this study. It was recommended that with increasing the influent COD, MLSS in reactors were increased. For example when sugar wastewater with COD equal to 3000 mg/l was used, MLSS in system recieved over 10000 mg/l at the end cycles. This suggestion has some limitations which were discussed in the paper.

تصفیه فاضلاب‌های صنایع غذایی با استفاده از روش راکتور ناپیوسته با عملیات متوالی (SBR)

سید محمدرضا علوی مقدم* حسین گنجی دوست** علی ترابیان***

چکیده

در این تحقیق، تصفیه‌پذیری فاضلاب‌های صنایع غذایی با استفاده از روش راکتور ناپیوسته با عملیات متوالی (SBR) برای اولین بار در ایران مورد بررسی قرار گرفت. در این خصوص از فاضلاب‌های ساخته شده (مصنوعی) چهار صنعت مختلف شامل صنایع تولید شیر، تولید انواع کمپوت، تولید قند و شکر و نوشابه‌سازی استفاده شد. البته سعی گردید ویژگی‌ها و خواص فاضلاب‌های ساخته شده با فاضلاب‌های واقعی این صنایع درکشور مطابقت داشته باشد. برای انجام این کار از چهار راکتور ۴ لیتری استفاده شد.

در این تحقیق آزمایش‌های مختلفی از قبیل COD، BOD_5، MLSS، MLVSS، pH، دما، مشاهدات میکروسکوپی و سرعت ته‌نشینی لجن انجام شد.

نتایج به دست آمده حاکی از بازدهی مناسب این سیستم در خصوص فاضلاب‌های صنایع غذایی بود به طوری که بازدهی سیستم در تمام حالت‌ها بیش از ۹۲درصد بوده است. در مورد تصفیه فاضلاب صنایع نوشابه‌سازی بازدهی در فازهای آخر به بیش از ۹۹درصد رسید. علاوه بر آن در مورد تصفیه فاضلاب صنایع تولید قند و شکر با COD حدود ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مقدار MLSS به بیش از ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر رسید. همچنین در راکتوری که از فاضلاب صنایع قند و شکر با COD حدود ۶۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر استفاده شد مشکل حجیم شدن لجن پیش آمد.

مقدمه

صنایع غذایی به صنایعی اطلاق می‌شود که مواد غذایی مورد نیاز انسان و یا حیوان را تأمین نماید. فاضلاب‌های این صنایع، عموماً حاوی انواع مواد آلوده کننده به خصوص موادآلی (معلق و محلول) می‌باشد. با توجه به این موضوع تخلیه مستقیم فاضلاب این واحدها به محیط باعث به وجود آوردن مشکلات زیست‌محیطی غیر قابل جبرانی می‌شود [۳].

یکی از روشهای مناسب برای تصفیه فاضلابهای این صنایع استفاده از روش بیولوژیکی " راکتور ناپیوسته با عملیات‌متوالی[1] " است که در سال‌های اخیر به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد آن مورد توجه قرارگرفته است. از ویژگی‌های این سیستم می‌توان به " قابلیت انعطاف " و " بازدهی آن " اشاره نمود [۲]. اگرچه سیستم لجن فعال برای اولین بار در سال ۱۹۱۴ توسط آردرن ولاکت در یک سیستم ناپیوسته به‌کارگرفته شد [۵]، لیکن پیشرفت‌های اخیر سیستم ناپیوسته تحت عنوان SBR مدیون کارهای انجام شده توسط ایروین و همکاران است به طوری که از شروع کار این سیستم به شکل جدید (۱۹۷۶) تاکنون بیش از ۸۰ مقاله در خصوص کاربرد سیستم SBR در تصفیه انواع فاضلاب اعم از فاضلاب‌های شهری و صنعتی ارائه شده است.

مراحل مختلف سیستم SBR عبارتنداز:

۱) مرحله پرکردن[2]
۲) مرحله واکنش[3]
۳) مرحله ته‌نشینی[4]
۴) مرحله تخلیه[5]
۵) مرحله سکون[6] [۱ و ۲]

مدت زمان بین شروع مرحله پرکردن تا انتهای مرحله سکون را " زمان سیکل " گویند که مناسب با ویژگی‌های کمی و کیفی فاضلاب و نیز میزان تصفیه مورد نیاز انتخاب می‌گردد.

در این مقاله، تصفیه‌پذیری فاضلاب‌های مختلف صنایع غذایی با روش راکتور ناپیوسته متوالی (SBR) مورد بررسی قرارگرفته است.

مواد و روش‌ها

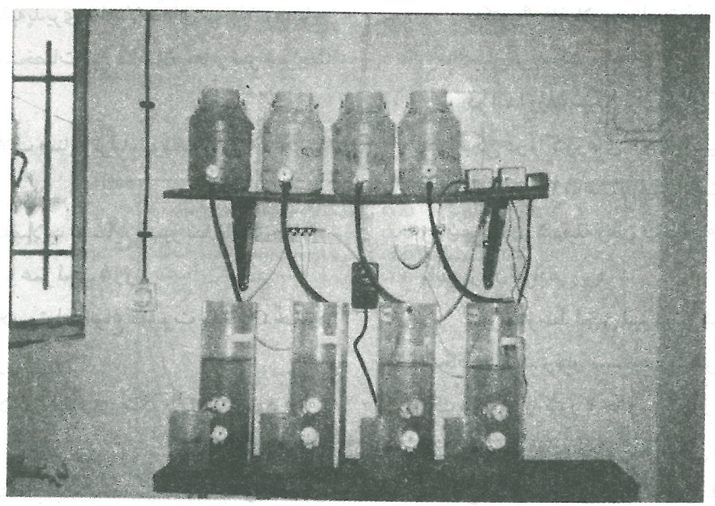
در این تحقیق از ۴ راکتور ۵ لیتری (حجم مفید ۴ لیتر) استفاده شد. جنس این راکتورها نوعی پلیمر شفاف به نام پلکسی‌گلاس (پلی متیل متاکریلات) انتخاب گردید. برای هوادهی سیستم مجموعاً از دو پمپ آکواریوم (هر پمپ برای دو راکتور) استفاده شدکه هوای تولید شده را از طریق شیلنگ هوا به فاضلاب انتقال می‌داد.

برای خروج پساب از دو شیر در فاصله‌های معین از کف راکتور (برای خروج ۲ تا ۳ لیتر پساب) استفاده شد. علاوه بر موارد فوق یک زمان‌سنج الکترونیکی برای تنظیم زمان برخی از مراحل سیستم مورد استفاده قرارگرفت.

در شکل ۱ شمای کلی از سیستم ارائه شده است.

کل فعالیت انجام شده در این تحقیق در سه فاز به اجرا درآمد:

1- Sequencing Batch Reactor
2- Filling
3- Reaction
4- Settling
5- Drawing
6- Idle



شکل ۱ - شمای کلی سیستم SBR

* دانشجوی دوره دکتری مهندسی محیط زیست، دانشگاه توکیو - ژاپن
** - استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس
*** - استادیار دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

- فاز اول :

برای شروع عملیات، ابتدا از قسمت لجن برگشتی تصفیه‌خانه فاضلاب قیطریه تهران استفاده شد به طوری که در این مرحله، در داخل هر یک از راکتورها ۲ لیتر لجن برگشتی ریخته شد. در این فاز، تصفیه‌پذیری فاضلاب صنایع شیر با غلظتهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت.

فاضلاب استفاده شده، از حل کردن شیر خشک، اوره (منبع نیتروژن)، K2HPO4 و KH2PO4 (منبع فسفر) در آب شهری تهیه می‌گردید. نسبت بین $BOD_5/N/P$ در فاضلاب ورودی در حدود ۱۰۰/۵/۱ بود.

COD فاضلاب ورودی برای ۴ راکتور ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر انتخاب شد. با توجه به غلظت‌های ورودی، زمان سیکل برای هر راکتور به ترتیب ۸، ۱۲، ۲۴ و ۲۴ ساعت در نظر گرفته شد. هر سیکل از ۵۰ دقیقه زمان پرکردن و (هوادهی) واکنش تشکیل می‌شد. در هر سیکل، ۲ لیتر پساب خارج شده و مجدداً ۲ لیتر فاضلاب وارد هر یک از راکتورها می‌گردید. زمان عمر لجن برای تمام راکتورها در این فاز ۱۰ روز در نظر گرفته شد. رفتار این سیستم در طول مدت یک ماه بررسی شد.

- فاز دوم:

در این فاز، تصفیه‌پذیری فاضلاب‌های مختلف صنایع غذایی بررسی شد. مشخصات این فاضلاب‌ها و نیز شرایط عملکرد عبارتند از:

راکتور ۱ : فاضلاب صنایع تولید نوشابه با COD حدود ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر.

راکتور ۲ : فاضلاب صنایع شیر با COD حدود ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و عمر لجن ۵ روز.

راکتور ۳ : فاضلاب تولید انواع کمپوت با COD حدود ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر.

راکتور ۴ : فاضلاب تولید قند و شکر با COD حدود ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر.

مقادیر COD متناسب با مشخصات فاضلاب واحدهای صنایع غذایی کشور انتخاب شد و در نهایت به صورت مصنوعی و با افزودن مواد مغذی مورد نیاز ساخته شد. زمان سیکل برای تمام راکتورها ۱۲ ساعت در نظر گرفته شد که شامل ۵ دقیقه زمان پرکردن ، ۱۱ ساعت زمان واکنش (هوادهی)، ۵۰ دقیقه زمان ته‌نشینی و ۵ دقیقه زمان تخلیه بود. علاوه بر آن زمان عمر لجن برای راکتورهای ۱، ۳ و ۴، ده روز در نظر گرفته شد. کل زمان انجام آزمایش در این مرحله برای راکتورهای ۱، ۳ و ۴ حدود ۳۳ روز و برای راکتور ۲، هفده روز بود.

- فاز سوم

هدف از انجام این فاز عمدتاً بررسی تصفیه‌پذیری مخلوط فاضلاب‌های صنایع غذایی، تصفیه فاضلاب صنایع شیر (با زمان عمر لجن ۱۵ روز) و نیز تصفیه فاضلاب شکر با COD بالا (حدود ۶۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بود. ویژگی‌های فاضلاب و نیز شرایط عملکرد در هر یک از راکتورها به طور خلاصه در زیر آورده شده است :

راکتور ۱ : فاضلاب مخلوط صنایع غذایی با COD حدود ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر

راکتور ۲ : فاضلاب صنایع شیر با COD حدود ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (عمرلجن = ۱۵ روز)

راکتور ۳: فاضلاب مخلوط صنایع غذایی با COD حدود ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر

راکتور ۴: فاضلاب صنایع تولید قند و شکر با COD حدود ۶۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر

در ابتدا زمان سیکل برای کل راکتورها ۱۲ ساعت انتخاب شد، لیکن در راکتورهای ۳ و ۴ به دلیل شرایط به وجود آمده زمان سیکل به ۲۴ ساعت افزایش یافت. این زمان شامل ۵ دقیقه زمان پرکردن، ۵ دقیقه زمان تخلیه، ۵۰ دقیقه زمان ته‌نشین و مابقی زمان هوادهی بود.

عمر متوسط لجن نیز در راکتورهای ۱، ۳ و ۴ ده روز انتخاب گردید. رفتار سیستم در راکتورهای ۱، ۳ و ۴ در حدود یک ماه و در راکتور ۲ حدود ۴۵ روز مورد بررسی قرار گرفت.

آزمایش‌های انجام شده در این تحقیق عبارتند از:

BOD_5 ، COD ، MLSS ، MLVSS ، pH ، دما ، مشاهدات میکروسکوپی و سرعت ته‌نشینی لجن.

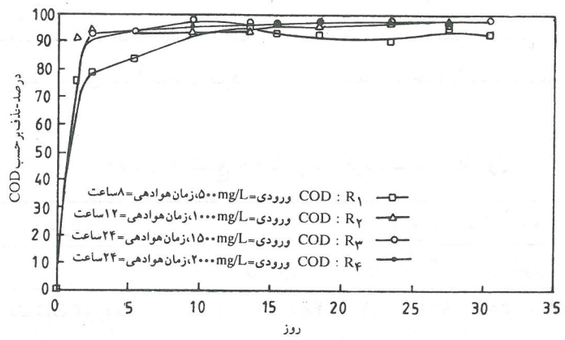
در ضمن کل آزمایش‌ها با استفاده از مرجع معتبر " روش‌های استاندارد برای آزمایش‌های آب و فاضلاب - چاپ پانزدهم " انجام گرفت [۴].

نتایج و بحث:

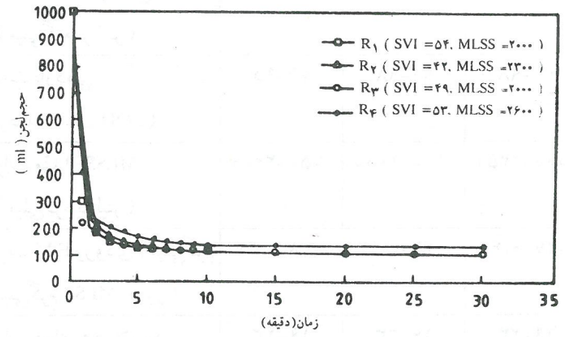
فاز اول :

در جدول ۱ نتایج حاصل از عملکرد این سیستم در طول حدود یک ماه ارائه شده است.

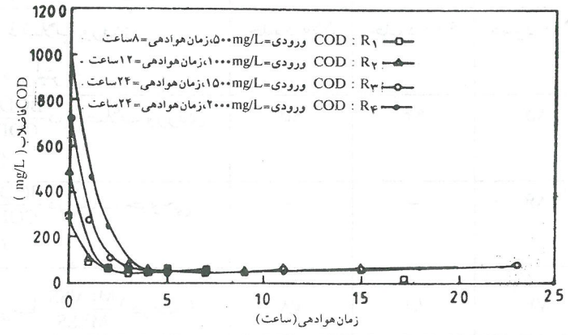
همچنین در شکل‌های ۲ ، ۳ و ۴ به ترتیب نمودار تغییرات بازدهی سیستم در طی عملکرد سیستم، میزان سرعت ته‌نشینی در طی سیکل‌های آخر و نیز مقدار تغییرات COD در طول مرحله هوادهی (واکنش) ارائه شده است.



شکل ۲- درصد حذف در فاز اول SBR (فاضلاب صنایع تولید شیر)



شکل ۳- میزان ته‌نشینی در فاز اول SBR



شکل ۴- مقدار حذف COD در زمان واکنش (فاز اول)

با توجه به شکل ۲ می‌توان دریافت که پس از حدود ۵ روز، بازدهی راکتورهای ۲، ۳ و ۴ به حداکثر خود رسیده است و این در حالی است که این زمان در راکتور ۱ در حدود ۱۰ روز است. همان طور که مشاهده می‌شود، بازدهی راکتورها در مجموع مناسب بوده و بین ۹۵ تا ۹۸ درصد بوده است.

شکل ۳ نیز بیانگر وضعیت ته‌نشینی مناسب در هر چهار راکتور بوده است، به نحوی که لجن در مدت ۱۰ دقیقه ته‌نشین شده و تقریباً حجم آن ثابت مانده است. مشاهدات میکروسکوپی نیز بیانگر تشکیل فلوک‌های نسبتاً مناسب بوده است. در کل دوره نیز رشد بیش از حد باکتری‌های رشته‌ای مشاهده نشده است.

با توجه به حجم فاضلاب ورودی (۲ لیتر) به راکتور، بلافاصله COD ورودی (در زمان صفر) به حدود نصف تقلیل می‌یابد. با شروع مرحله واکنش (هوادهی) واکنش‌های بیوشیمیایی انجام شده و در نتیجه غلظت مواد آلی موجود در فاضلاب در طول زمان هوادهی کاهش می‌یابد. همان طور که از شکل ۴ مشخص است در مدت کمتر از ۵ ساعت کاهش COD به حداکثر خود رسیده است.

جدول ۱: نتایج حاصل از عملکرد سیستم در فاز اول

عنوان	نتایج به دست آمده			
	راکتور ۱	راکتور ۲	راکتور ۳	راکتور ۴
دامنه تغییرات COD ورودی (میلی‌گرم بر لیتر)	۴۸۰-۵۲۰	۹۷۲-۱۱۱۲	۱۳۸۰-۱۵۸۰	۱۹۲۰-۲۱۴۲
دامنه تغییرات COD خروجی (میلی‌گرم بر لیتر)	۲۰-۱۲۰	۲۲-۸۶	۲۸-۱۴۰	۲۴-۱۹۶
دامنه تغییرات بازدهی (درصد حذف COD)	۷۶-۹۵	۹۱-۹۸	۹۰-۹۸	۸۹-۹۸
دامنه تغییرات مقدار MLSS (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۷۵۰-۲۲۰۰	۲۱۰۰-۲۷۰۰	۲۰۰۰-۲۳۵۰	۲۰۰۰-۲۶۵۰
دامنه تغییرات F/M ورودی (میلی‌گرم COD بر میلی‌گرم MLSS - روز)	۰/۳۸-۰/۴۷	۰/۴۲-۰/۵۲	۰/۲۷-۰/۴۲	۰/۴-۰/۵۲
دامنه تغییرات دمای فاضلاب در راکتور (درجه سانتی‌گراد)	۱۹-۲۳	۱۹-۲۳	۱۹-۲۳	۱۹-۲۳
میزان TS فاضلاب ورودی (میلی‌گرم بر لیتر)	حدود ۵۵۰	حدود ۹۰۰	حدود ۱۳۰۰	حدود ۱۷۰۰
نسبت $\frac{BOD_5}{COD}$ در فاضلاب ورودی (درصد)	۹۵	۹۴	۸۵	۹۲
نسبت $\frac{BOD_5}{COD}$ در پساب خروجی (درصد)	-	-	۸۶	۸۳
مقدار متوسط $\frac{MLVSS}{MLSS}$ (درصد)	۷۸	۸۱	۷۴	۷۱
نسبت $\frac{COD\ فیلتر\ شده}{COD\ کل}$ (درصد)	-	۶۰	۷۹	۸۸

فاز دوم:

در جدول ۲ نتایج حاصل از عملکرد این سیستم در طول یک ماه ارائه شده است.

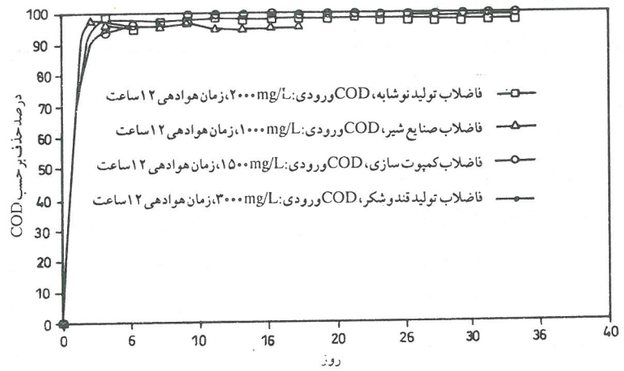
در این فاز نکته قابل توجه این است که در راکتورهای ۱، ۳ و ۴ مقدار MLSS با سپری شدن زمان عملکرد به شدت افزایش یافته و پس از ۱۵ روز تقریباً ثابت مانده است. به عبارت دیگر مقدار F/M در طی این مدت کاهش یافته، تا این که به حد نهایی (در این حالت ۰/۳ میلی‌گرم COD بر میلی‌گرم MLSS - روز) برسد.

در شکل‌های ۵، ۶ و ۷ به ترتیب نمودار تغییرات بازدهی راکتور در کل دوره عملکرد، نمودار ته‌نشینی لجن در سیکل‌های آخر و نیز تغییرات مقدار COD در طول مرحله واکنش ارائه شده است. همان طور که از شکل ۵ مشخص است بازدهی سیستم در مورد راکتورهای ۱، ۳ و ۴ بسیار مناسب بوده به طوری که بازدهی این راکتورها در روزهای آخر به بیش از ۹۷/۵، ۹۹/۵ و ۹۸/۵ رسیده است.

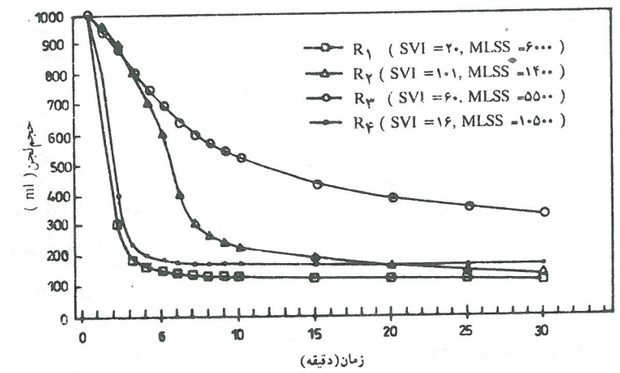
در مجموع سرعت ته‌نشینی لجن مناسب بوده و همچنین مقدار COD در مدت کمتر از ۳ ساعت پس از شروع مرحله هوادهی به حداقل خود رسیده و سپس تقریباً ثابت مانده است.

جدول ۲: نتایج حاصل از عملکرد سیستم در فاز دوم

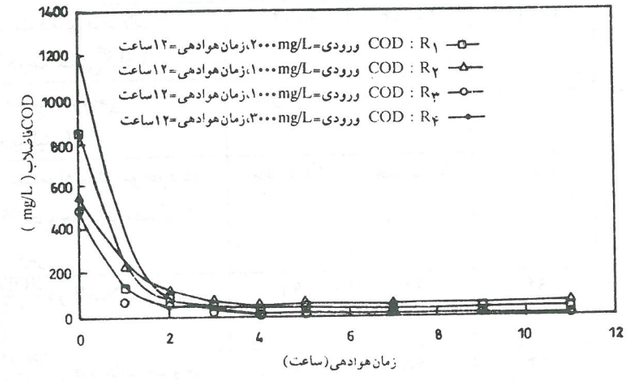
عنوان	نتایج به دست آمده			
	راکتور ۱	راکتور ۲	راکتور ۳	راکتور ۴
دامنه تغییرات COD ورودی (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۶۰۰-۲۱۶۰	۹۶۴-۱۰۸۰	۱۳۶۰-۱۶۲۸	۲۸۵۰-۳۰۶۰
دامنه تغییرات COD خروجی (میلی‌گرم بر لیتر)	۲۰-۱۵۰	۲۰-۵۶	۶-۹۰	۲۸-۵۰
دامنه تغییرات بازدهی (درصد حذف COD)	۹۵-۹۹	۹۴-۹۸	۹۳-۹۹/۶	۹۶-۹۸/۹۰
دامنه تغییرات مقدار MLSS (میلی‌گرم بر لیتر)	۳۶۵۰-۷۳۵۰	۱۳۵۰-۲۳۰۰	۳۱۰۰-۵۹۰۰	۴۰۰۰-۱۱۲۰۰
دامنه تغییرات F/M ورودی (میلی‌گرم COD بر میلی‌گرم MLSS - روز)	۰/۲۵-۰/۶۶	۰/۵۳-۰/۹۱	۰/۲۸-۰/۵۲	۰/۲۹-۰/۵۱
دامنه تغییرات دمای فاضلاب (درجه سانتی‌گراد)	۲۰-۲۴	۲۰-۲۴	۲۰-۲۴	۲۰-۲۴
میزان TS پساب خروجی (میلی‌گرم بر لیتر)	حدود ۴۸۰	حدود ۳۰۰	حدود ۴۰۰	حدود ۴۵۰
میزان متوسط مواد معلق موجود در پساب (SS خروجی) بر حسب میلی‌گرم برلیتر	حدود ۲۵	حدود ۲۰	حدود ۱۵	حدود ۲۵
نسبت $\frac{BOD_5}{COD}$ در فاضلاب ورودی (درصد)	۹۱	۹۴	۹۴	۷۵
نسبت $\frac{BOD_5}{COD}$ در فاضلاب خروجی (درصد)	۹۱	۶۸	۸۴	۷۲
مقدار متوسط $\frac{MLVSS}{MLSS}$ (درصد)	۸۳	۸۹	۷۹	۷۹



شکل ۵- درصد حذف در فاز دوم SBR



شکل ۶- میزان ته‌نشینی در فاز دوم SBR



شکل ۷- حذف COD در زمان واکنش (فاز دوم)

جدول ۳: نتایج حاصل از عملکرد سیستم در فاز سوم

عنوان	نتایج به دست آمده			
	راکتور ۱	راکتور ۲	راکتور ۳	راکتور ۴
دامنه تغییرات COD ورودی (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۸۶۴-۲۱۶۰	۹۶۴-۱۰۸۰	۲۷۸۰-۳۱۶۰	۵۸۸۰-۶۴۰۰
دامنه تغییرات COD خروجی (میلی‌گرم بر لیتر)	۲۷-۴۸	۲۸-۲۲۶	۱۶/۵-۶۲	۵۵-۲۹۲
دامنه تغییرات بازدهی (درصد حذف COD)	۹۷/۵-۹۸/۵	۷۷-۹۸	۹۸-۹۹/۵	۹۵/۷-۹۹/۱
دامنه تغییرات مقدار MLSS (میلی‌گرم بر لیتر)	۶۰۰۰-۸۱۰۰	۱۷۰۰-۳۸۰۰	۶۰۰۰-۸۴۰۰	۶۴۰۰-۱۵۱۰۰
دامنه تغییرات F/M ورودی (میلی‌گرم COD بر میلی‌گرم MLSS - روز)	۰/۲۷-۰/۳۷	۰/۲۷-۰/۶۹	۰/۲۳-۰/۴۷	۰/۲۶-۰/۵۱
دامنه تغییرات دمای فاضلاب (درجه سانتی‌گراد)	۲۰-۲۴	۱۸-۲۳	۲۰-۲۳	۲۰-۲۳
میزان متوسط مواد معلق موجود در پساب (SS خروجی) بر حسب میلی‌گرم برلیتر	۳۵	۱۲	۱۵	۸۵
نسبت $\frac{BOD_5}{COD}$ در فاضلاب ورودی (درصد)	۶۲	-	۶۷	-
نسبت $\frac{BOD_5}{COD}$ در فاضلاب خروجی (درصد)	۸۱	۶۹	-	-
مقدار متوسط $\frac{MLVSS}{MLSS}$ (درصد)	۷۷	۷۷	۷۶	۶۵

فاز سوم

در جدول ۳ نتایج حاصل از عملکرد این سیستم در طول یک ماه ارائه شده است.

در طی این فاز چندین مسئله به وجود آمد:

۱) در راکتور ۲ پس از تغییر زمان ماند از ۵ روز (در فاز دوم) تا ۱۵ روز (فاز سوم) بلافاصله مشکل حجیم شدن لجن به وجود آمد لیکن این مشکل از روز پنجم به بعد، خود به خود حل گردید.

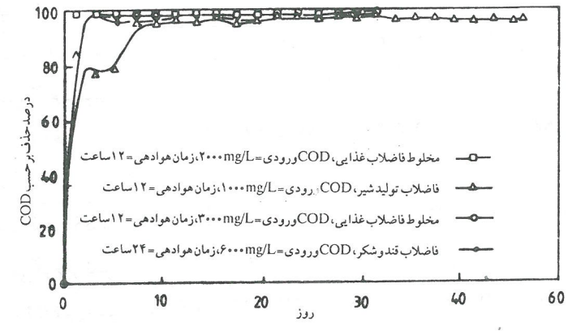
۲) در راکتور ۳ مقدار MLSS راکتور از حدود ۶۵۰۰ (در سیکل دوم) به حدود ۸۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (در سیکل هیجدهم) رسید و به تدریج حجم لجن ته‌نشین شده افزایش پیداکرد به نحوی که حجم لجن ته‌نشین شده، پس از حدود ۵۰ دقیقه به بیش از ۲ لیتر رسید، لذا امکان خروج ۲ لیتر پساب میسر نبود. نهایتاً تصمیم گرفته شد از سیکل هیجدهم، زمان سیکل از ۱۲ساعت به ۲۴ ساعت افزایش پیداکند.

۳) با توجه به COD بالای فاضلاب ورودی به راکتور ۴ مقدار MLSS تا روز چهارم به شدت افزایش یافت و به حدود ۱۴۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر رسیده و سپس مشکل حجیم شدن لجن به وجود آمد. برای حذف مشکل حجیم شدن لجن زمان سیکل از ۱۲ ساعت به ۲۴ ساعت افزایش یافت. علیرغم انجام این کار

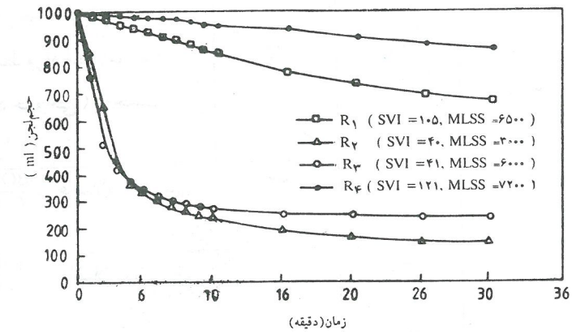
مشکل تا آخر کار ادامه داشت.

در شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰ به ترتیب نمودارهای مربوط به تغییرات بازدهی در طول عملکرد سیستم، سرعت ته‌نشینی لجن و نیز تغییرات مقدار COD در طول مرحله هوادهی برای هر یک از راکتورها به تفکیک ارائه شده است. در تمام راکتورها بازدهی در سیکل‌های آخر بالاتر از حدود ۹۲ درصد بوده است که این امر در شکل ۸ مشخص شده است.

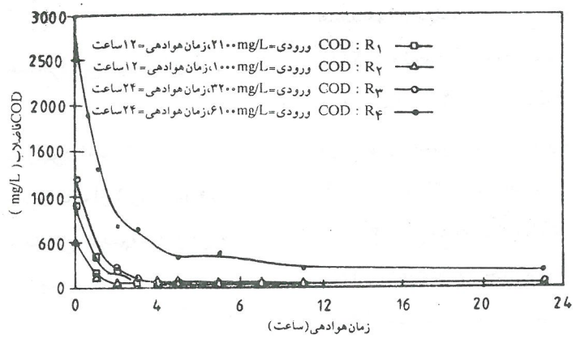
در شکل ۹ نیز مشاهده می‌شود که سرعت ته‌نشینی در



شکل ۸- درصد حذف در فاز سوم SBR



شکل ۹- میزان ته‌نشینی در فاز سوم SBR



شکل ۱۰- حذف COD در زمان واکنش (فاز سوم)

راکتورهای ۱ و ۴ نسبتاً کم بوده است و این در حالی است که تنها در راکتور ۴ مشکل شدید حجیم شدن لجن به وجود آمد.

از شکل ۱۰ هم می‌توان دریافت که تغییرات COD در راکتور ۴ که مشکل حجیم شدن لجن در آن وجود داشته تا حدود ۱۰ ساعت پس از مرحله واکنش ادامه داشته است و این امر نشان می‌دهد که فعالیت باکتری‌های رشته‌ای برای جذب مواد آلی در مقایسه با سایر باکتری‌های معمولی (که در عملکرد معمولی سیستم وجود دارد) به مراتب کمتر است.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق به صورت خلاصه در زیر آورده شده است:

۱) بازدهی تصفیه فاضلاب‌های منتخب (شامل فاضلاب صنایع شیر، صنایع نوشابه‌سازی، صنایع تولید کمپوت، صنعت تولید قند و شکر) با استفاده از سیستم SBR در تمام حالت‌ها بالاتر از ۹۲ درصد بوده است .

۲) بالاترین میزان بازدهی مربوط به فاضلاب صنایع تولید کمپوت (با COD حدود ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و فاضلاب مخلوط صنایع غذایی (با COD حدود ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بوده است که در سیکل‌های آخر به ترتیب به حدود ۹۹/۶ و ۹۹/۴ درصد رسیده است.

۳) در مرحله واکنش، مقدار حذف COD در طول حدود ۳ تا ۵ ساعت پس از شروع هوادهی به حد نهایی رسیده و سپس تقریباً ثابت می‌ماند.

۴) این سیستم قابلیت تصفیه فاضلاب صنایع غذایی با COD حدود ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر را با شرایط کاملاً مطلوب دارد.

۵) در این سیستم امکان رسیدن به MLSS بسیار بالا (حتی تا حد بیش از ۱۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) وجود دارد.

۶) در مجموع تصفیه‌پذیری فاضلاب شکر با COD بالا (۶۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) با توجه به مشکل به وجود آمده (حجیم شدن لجن) موفقیت آمیز نبود که این امر بیانگر محدودیت این سیستم در تصفیه فاضلاب‌های با COD بالا است.

۷) در صورتی که مقدار غلظت مواد آلی در فاضلاب ورودی ثابت بماند و مقدار MLSS در شروع عملیات کم باشد سیستم با افزایش مقدار MLSS در طول عملکرد، شرایط را به گونه‌ای تنظیم می‌کند که مقدار F/M به حد مطلوب برسد.

۸) در مجموع، زمان عمر لجن ۱۰ روز، بهترین حالت برای تصفیه فاضلاب صنایع شیر می‌باشد.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از همکاری دست‌اندرکاران آزمایشگاه مهندسی محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس و نیز همکاری دوستان بزرگوار آقایان مهندس اکبری، مهندس اسماعیلی و مهندس صهبایی تشکر و قدردانی می‌نماییم.

منابع و مراجع

1- Arora, M.L. and Barth, E.F. (1985). " *Technology Evaluation of Sequencing Bath Reactors* ", J. WPCE, 58 (8) : 867 - 875.

2- Irvin, R.L. and Busch, A.W. (1979). " *Sequencing Batch Biological Reactors - An Overview* ", J. WPCF, 51 : 235-243.

3- Nemmerow, N. (1979). " *Liquid Waste of Industry* ", Addison - Wesely Publishing.

4- Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, (1980). APHA, WPCF, 15 th Ed.

5- Tchbonogolous, G. (1979). " *Wastewater Engineering - Treatment, Disposal and Reuse* ", Metcalf and Eddy Inc., McGraw - Hill Book Company.