



## بررسی کارآیسی حذف مواد آلی و مغذی در راکتور ناپیوسته متوالی (SBR) با محیط گرانول کربن فعال (GAC)

دکتر احمدرضا یزدانبخش<sup>۱</sup> - مهندس قادر غنی زاده<sup>۲</sup>

۱- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۲- گروه بهداشت محیط - دانشگاه تربیت مدرس

کلمات کلیدی: لجن فعال - راکتور ناپیوسته متوالی - حذف عناصر مغذی - گرانول کربن فعال - فسفر - نیتروژن

### چکیده:

این مطالعه جهت بررسی حذف همزمان آلاینده های آلی و مغذی به مدت ۴ ماه بر روی فاضلاب ورودی به تصفیه خانه فاضلاب صاحبقرانیه انجام شد. هدف از کاربرد گرانول کربن فعال بهبود بخشیدن به ایجاد شرایط بیهوای جهت تولید اسیدهای چرب فرار (V.F.A) - رهاسازی فسفر - بهبود رشد باکتریها و تأمین کربن آلی مورد نیاز باکتریهای نیترات زدا بود. این مطالعه در دو مرحله انجام شد که در آن راکتورها زمان ماند هیدرولیکی متفاوتی داشتند. نتایج حاصله نشان داد که راکتور حاوی گرانول کربن فعال دارای راندمان بالاتری نسبت به راکتور فاقد گرانول کربن فعال است.

همچنین راندمان حذف آلاینده های فوق در دو فاز مختلف اختلاف چندانی ندارد. علاوه بر این مشخص شد که در درجه حرارت  $10^{\circ}C$  راندمان حذف فسفر به کمترین مقدار خود کاهش یافته و در کمتر از  $10^{\circ}C$  اختلاف چندانی با درجه حرارتهای بالای  $15^{\circ}C$  ندارد. علاوه بر این مشخص شد که با افزایش درجه حرارت اندیس حجمی لجن (S.V.I) در هر دوراکتور افزایش می یابد.

در سالهای اخیر بررسی های زیادی مبنی بر نحوه حذف عناصر مغذی و عوامل مؤثر در میزان کار آیی این سیستمها صورت گرفته است. در این میان حذف ترکیبات نیتروژنه و فسفره به منظور موازنه جرمی این عناصر در طبیعت و کاهش اثرات حاصله از آن اهمیت بسزایی دارد. از میان روشهای شیمیایی و بیولوژیکی مورد استفاده روش اخیر به دلیل دارا بودن مزایایی مانند: کاهش هزینه های ساختمانی و بهره برداری -قابلیت انعطاف پذیری و تولید لجن کمتر مورد توجه خاص قرار گرفته و از سال ۱۹۷۰ به بعد رو به توسعه است (۲). به دلیل اینکه این فرایند توسط موجودات زنده صورت میگیرد جهت دستیابی به راندمان مناسب از عملکرد این موجودات باید شرایط محیطی مناسب جهت رشد و تکثیر این موجودات فراهم شود. اسرینات و الر کون ۱ اولین محققینی بودند که حذف بیولوژیکی فسفر را گزارش داده اند (۶). لوین و شاپیرو بعد از مشاهده حذف زیاد فسفر در تصفیه خانه کلمبیا اصطلاح *Luxury uptake* را مطرح کردند (۴). در اوایل سال ۱۹۷۰ کلید شرایط عملیاتی برای حذف فسفر بوسیله برنارد ارائه شد. او بیان کرد که عبور لجن از ناحیه بیهوایی سبب افزایش حذف فسفر میشود (۳). بعد از این بررسی ها مطالعات محققین منجر به استفاده از فرایند بیو دنیفو (نترات زدایی بیولوژیکی و حذف فسفر) شد. که در این فرایند نیز از واحد های بیهوایی و هوایی جهت حذف این آلاینده ها استفاده میکردند. (۵) در تمام این روشها هدف بهبود شرایط زندگی باکتریهای نترات زدا و باکتریهای جذب کننده فسفر بود که با ایجاد ناحیه بیهوایی در طول فرایند هر دو هدف عملی می شد. در مورد راکتور های ناپیوسته متوالی اولین تحقیقات توسط هور- پروگس در آمریکا انجام شد که متاسفانه این تجدید حیات فقط منجر به تصفیه فاضلاب صنایع لبنی بود و گسترش چندانی نداشت. (۷) بعد از آن دومین تجدید حیات این سیستمها که تا امروز هم ادامه دارد مربوط به مطالعات انجام شده در سال ۱۹۷۹ است که در دانشگاه نوتر دم ایندیانا صورت گرفت. (۴) هر چند که مبانی اساسی سیستمهای S.B.R شباهت زیادی به مکانیزم های پر و خالی شونده دارد ولی به دلیل اینکه این سیستم یکی از جالبترین فرایندهای تصفیه و تعدیلکننده گی را دارد در دو دهه اخیر پیشرفت زیادی داشته است. کچوم و لیا و از جمله محققینی هستند که توانایی راکتور های ناپیوسته متوالی را به عنوان یک تصفیه پیشرفته برای حذف فسفر مورد مطالعه قرار داده اند. همچنین مشاهدات انجام شده بوسیله ایروین و همکارانش نشان داد که در صورت طراحی مناسب این سیستم نترات سازی و نترات زدایی زیادی نیز صورت میگیرد. به دنبال این تحقیقات در سال ۱۹۸۳ خود این محققین نشان دادند که در بار آلی بالا ۹۰٪ نیتروژن بوسیله سیستم S.B.R حذف می شود در همین سال اسکورد در این سیستم را به عنوان یک سیستم فاقد بالکینگ معرفی کرد که اهمیت و ارزش استفاده از این سیستم را چندین برابر کرد (۱). اما نکته ای که باید به آن توجه کرد این است که به دلیل شرایط عملیاتی این راکتورها که شامل: پر شدن - هوادهمی - ته نشینی - تخلیه و استراحت است نیاز به نیاز وسایل کنترل کننده الکترونیکی است. این امر که یکی از مهمترین موانع توسعه سیستمهای S.B.R بود در سال های اخیر مرتفع شده است. بنا بر این میتوان گفت که این سیستمها به دلیل دارا بودن شرایط مناسب جهت ایجاد حالت های بدون اکسیژن و بیهوایی شرایط مناسبی را جهت حذف ازت و فسفر دارا می باشد.

## مواد و روشها

در این مطالعه از دو واحد راکتور ناپیوسته متوالی مشابه استفاده شد. حجم مفید هر یک از این راکتورها ۲۰ لیتر و دارای ابعاد زیر بود:

- ارتفاع ۴۰ سانتیمتر

- طول ۳۰ سانتیمتر

- عرض ۲۰ سانتیمتر

جنس راکتورهای مورد استفاده از شیشه به ضخامت عملیتر بود که قسمت انتهایی آن جهت بهبود ته نشینی لجن تشکیل شده و مهمتر از آن توزیع نیروی فشاری حاصله از سیال و کف راکتورها با یک زاویه ۱۵ درجه نسبت به افق به دیواره های آن وصل شده بود. هر دو راکتور بوسیله فاضلاب ورودی به تصفیه خانه صاحبقرانیه تغذیه می شدند و تنها اختلاف آنها در این بود که یکی از راکتورها حاوی گرانول کربن فعال بود. راکتورها در شرایطی کار می کردند که دارای سه مرحله بیهوایی- هوایی و ته نشینی بودند که جهت جلوگیری از نفوذ هوا در مرحله بیهوایی راکتورها بوسیله پوشش مخصوصی مهر و موم شده بودند و جهت اختلاط لازم در مرحله بیهوایی از همزن برقی با سرعت ۳۰ دور دقیقه استفاده شد. جهت تامین هوای مورد نیاز راکتورها در مرحله هوایی از کمپرسور هوا تحت شرایط کنترل شده ای استفاده می شد که هوای دهی با سرعت ۱۷/۵ لیتر در دقیقه صورت می گرفت. مطالعه بر روی نمونه های فاضلاب خانگی ورودی به تصفیه خانه صاحبقرانیه انجام گردید که تغییرات غلظت آلاینده ها به همراه سایر نتایج در بخش یافته ها بیان خواهد شد.

این مطالعه در دو مرحله صورت گرفت. در مرحله اول راکتورها به ترتیب با زمانهای ماند بیهوایی ۴ ساعت و هوایی ۶ ساعت و ته نشینی ۲ ساعت مورد بهره برداری قرار گرفتند. در مرحله دوم جهت کاهش زمان ماند هیدرولیکی سیستم و بررسی تاثیر کاهش زمان ماند بیهوایی و طول مدت این مرحله از ۴ ساعت به ۲ ساعت کاهش داده شد. آزمایشات انجام شده در طول بهره برداری سیستمها شامل: اندازه گیری فسفر کل، آمونیاک، TKN، CoD، VFA، DO، نیترات، S.S، MLSS، فلیانیت و دما بود. انجام آزمایشات فوق طبق دستور العمل های ذکر شده در کتاب استاندارد متد بود (A).

## بحث و نتایج

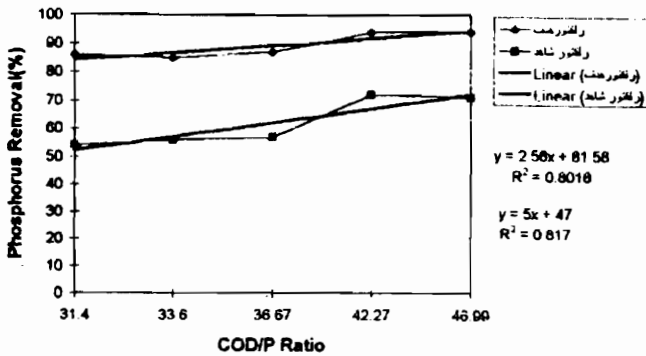
همانطوری که ملاحظه شد اهداف این مطالعه بررسی کارایی راکتور ناپیوسته متوالی با محیط گرانول کربن فعال جهت حذف عناصر مغذی و آلی بود که در دو مرحله انجام شد. در مرحله اول راکتورها با زمانهای ماند بیهوایی ۴ ساعت، هوایی ۶ ساعت و ته نشینی ۲ ساعت مورد بهره برداری قرار گرفتند که بعد از رسیدن راکتورها به حالت پایداری ( $MLSS > 3500 mg/l$ ) آزمایشات لازم بر روی نمونه های خام و پساب حاصله از راکتورها انجام شد. بعد از اینکه راکتورها به حالت پایداری رسیدند به مدت ۴۵ روز با شرایط ذکر شده در مرحله اول مورد بهره برداری قرار گرفتند در مرحله دوم زمان ماند بیهوایی از ۴ ساعت به ۲ ساعت کاهش یافت تا اینکه تاثیر این پارامتر بر روی میزان حذف آلاینده ها بررسی شود. در این بررسی مشخص شد که بعضی از پارامترها و تغییرات آن نقش بسیار موثری در راندمان سیستم داشت. که از جمله این پارامترها میتوان به تغییرات درجه حرارت، تغییرات نسبت COD/P، تغییرات نسبت TKN/P، میزان جامدات معلق خروجی و ارتباط آن با فسفر خروجی پساب اشاره کرد.

یافته ها:

در این بخش به دلیل پیشگیری از تکرار نتایج مشابه در فاز اول و دوم، فقط به ذکر نتایج حاصل از فاز اول اکتفا میکنیم.

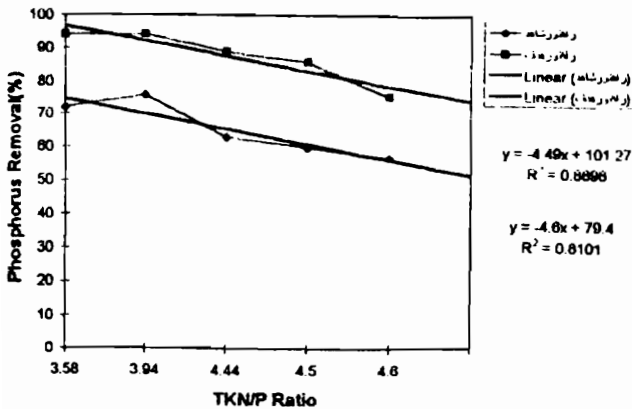
همانطوریکه در منحنی شماره ۱ مشاهده میشود افزایش در میزان COD/P سبب افزایش درصد حذف فسفر میشود که این امر به دلیل تولید اسیدهای چرب در فاز بیهوای است. منحنی شماره ۲ نشان دهنده تاثیر نسبت TKN/P در راندمان حذف فسفر است. همانطوریکه مشاهده میشود با افزایش این نسبت راندمان حذف فسفر کاهش می یابد. منحنی شماره ۳ نیز نشان دهنده تاثیر دما در راندمان حذف فسفر است این منحنی نشان می دهد که راندمان حذف فسفر و درجه حرارت از الگوی خاصی پیروی نمیکند. منحنی شماره ۴ نیز نشان دهنده تاثیر نسبت C/N در راندمان

منحنی شماره ۱: ارتباط COD/P و درصد حذف فسفر در فاز اول

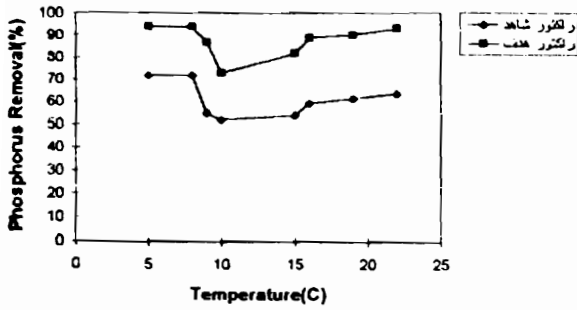


حذف نیترات است که با افزایش این نسبت به دلیل دسترسی به ترکیبات آلی مراند مان حذف بالاتر میرود. منحنی ۵ و ۶ نیز نشان دهنده ارتباط S.S خروجی و فسفر خروجی است. منحنی شماره ۷ نیز ارتباط SVI و درجه حرارت را نشان میدهد

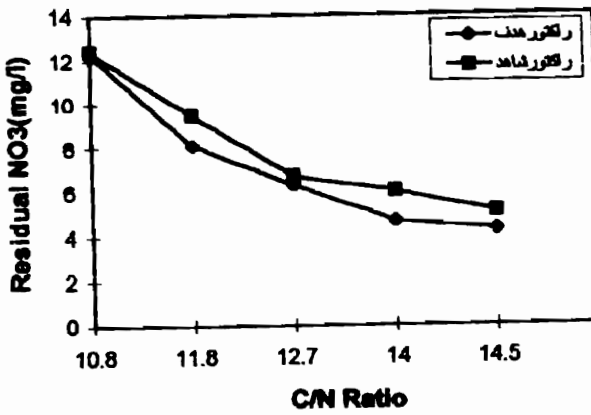
منحنی شماره ۲: ارتباط TKN/P و درصد حذف فسفر در فاز اول



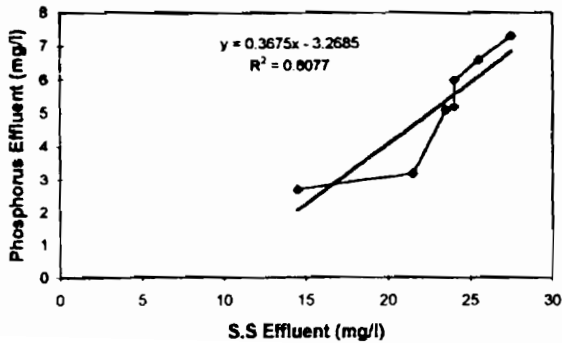
منحنی شماره ۳: تغییرات درجه حرارت و درصد حذف فسفر در فلز اول



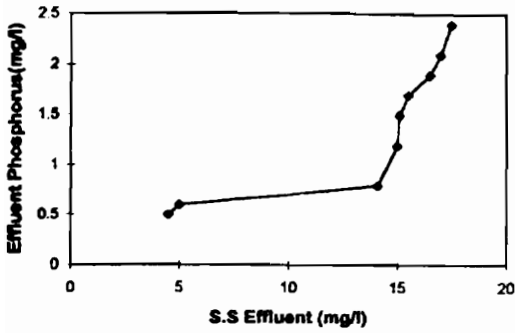
تأثیر C/N بر نیترات باقیمانده در فلز اول



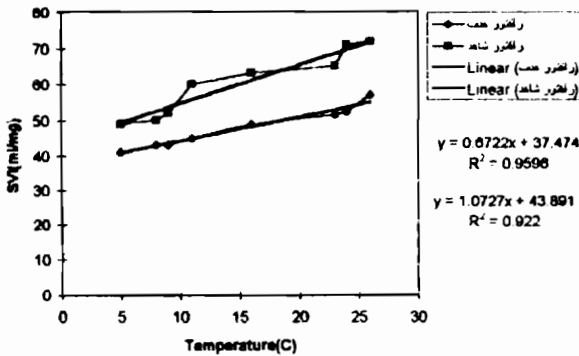
منحنی شماره ۵: تغییرات چگالت محلول نیتراس و فسفر در رکتور شاهد در فلز اول



متنی شماره ۹: ارتباط چگدات مطلق خروجی فاسفر خروجی راکتور هدف در فاز اول



متنی شماره ۷: تغییرات SVI و درجه حرارت در فاز اول



## نتایج

- ۱- همانطوریکه در نمودار شماره ( ۱ ) مشاهده شد افزایش نسبت C/P سبب افزایش حذف فسفر میشود که این امر در مورد راکتور حاوی گرانول کرین فعال محسوستر است.
- ۲- افزایش نسبت TKN/P (نمودار شماره ۲ ) سبب کاهش میزان حذف فسفر میشود که این امر در مورد راکتور فاقد گرانول کرین فعال محسوستر است.
- ۳- منحنی شماره ۳ نشان میدهد که دما تاثیر قابل ملاحظه ای در روند حذف فسفر دارد به طوریکه با کاهش دما از ۲۲ درجه سانتیگراد به ۱۰ درجه سانتیگراد راندمان حذف فسفر کاهش مییابد ولی از ۱۰ درجه سانتیگراد به پایین راندمان حذف مجدداً افزایش مییابد که این امر در مورد هر دو راکتور صادق است.
- ۴- تغییرات راندمان حذف فسفر با الگوی فوق نشان میدهد که علاوه بر باکتریهای مزوفیلیک ( گونه استینو باکتر) باکتریهای سرما دوست نیز توانایی حذف فسفر را دارا هستند.
- ۵- افزایش نسبت C/N سبب افزایش حذف نیترات میشود ( منحنی شماره ۴) .
- ۶- با افزایش میزان S.S خروجی از سیستم فسفر خروجی از راکتورها نیز افزایش مییابد که این تغییرات در منحنی های شماره ۵ و ۶ نشان داده شده است .
- ۷- با کاهش درجه حرارت میزان S.S خروجی و SVI سیستم کاهش مییابد که این امر در مورد هر دو راکتور قابل مشاهده است ( منحنی شماره ۷)

## پیشنهادات

- ۱- با توجه به تغییر نامعین الگوی حذف فسفر در ارتباط با تغییرات درجه حرارت لازم است مطالعه میکروبیولوژیکی مناسبی جهت تعیین گونه های موثر در حذف فسفر صورت بگیرد .
- ۲- با توجه به اینکه کاهش درجه حرارت حتی به ۵ درجه سانتیگراد تاثیری در میزان فسفر ندارد ولی سبب کاهش حذف ترکیبات نیتروژنه میشود لازم است سیستمهای حذف بیولوژیکی عناصر مغذی (N, P) در درجه حرارتهای بالای ۱۵ درجه سانتیگراد بهره برداری شود .
- ۳- با توجه به اینکه تغییر در طول زمان ماند بیهوازی تاثیر چندانی در میزان حذف عناصر مغذی ندارد پیشنهاد میشود که راکتورها با زمان ماند بیهوازی ۲ ساعت و در نهایت با زمان ماند هیدرولیکی پایین بهره برداری شود .
- ۴- با توجه به اینکه فاضلاب خانگی جزء فاضلابهای سازگار محسوب میشود لازم است کما آیی این راکتورها در مورد فاضلابهای ناسازگار ( نظیر فاضلاب صنایع پترو شیمی و...) نیز بررسی شود .
- ۵- با توجه به اینکه در این مطالعه رفتار هیدرولیکی راکتور به دلیل پر شدن آنی کاملاً بسته بود لازم است راندمان سیستم با تغییر رفتار هیدرولیکی راکتور از حالت کاملاً بسته به نیمه بسته ویستونی نیز بررسی شود که این امر در مورد تصفیه فاضلابهای ناسازگار با این سیستم ضرورت زیادی دارد .

## منابع

- 1- Diamadopoulos,E.,Samaras,P., " Combined treat of land fill leachat and domestic  
i n sequencing batch reactor" J.Water Science&Technology,1997,Vol.36,No.5-6  
PP 317-328
- 2-Guter,W,Heuze,H., "Biological phosphorus removal" Water Science& Technology,  
1995, Vol.31,No.2, PP 13-15
- 3-Imura,M., Suzuki,E., " Advanced treatment of wastewater by sequencing batch  
r eactor process" Water Science&Technology, 1993,Vol.28,No.10, PP 267-274
- 4-Irvin,R," An organic loading study of full-scale sequencing batch reactor"  
J.WPCF, 1985, Vol.57,No.8, PP 847-853
- 5-Kuba,T.,Smolders,G., "Biological phosphorus removal from wastewater by  
anaerobic- anoxic sequencing batch reactor " J. Water Science& Technology,1993,  
Vol.27,No.5-6, PP 241-252 .
- 6-Niury,M., Guady,G., "Modeling of sequencing batch reactor for municipal  
wastewater treatment"J.Water Environmental Research,1997,Vol.31,No.10,PP1-3.
- 7-Retar,A., Kaushic,S., " Nutrietion animal and environment" J. Water  
Science&Technology, 1995, No.10, PP 1-3.
- 8-EPHA, "Standard metod for examination of water&wastewater" 1998, 20th Edition.