

## بررسی اثر فیلترهای مستغرق همراه با ازن در تصفیه بیولوژیکی فاضلاب خانگی

عباس جعفری دستنایی\*<sup>۱</sup>، دکتر مهدی برقی\*\*، دکتر محمود برقی\*\*\*، دکتر مهربان صادقی†

\*مربی گروه مهندسی عمران - دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد، \*\*دانشیار گروه شیمی - دانشگاه صنعتی شریف، \*\*\*دانشیار گروه مهندسی عمران - دانشگاه صنعتی شریف، †استادیار گروه بهداشت محیط - دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد.

تاریخ دریافت: ۱۴/۸/۲۳ تاریخ تأیید: ۱۵/۶/۲۵

### چکیده:

زمینه و هدف: تصفیه فاضلاب به روشهای گوناگون انجام می پذیرد. روشهای متعارف مخصوص فاضلابها و پسابهایی می باشند که دارای مواد قابل تجزیه بیولوژیکی هستند. محدودیت های روشهای متعارف (لجن فعال)، تولید و انباشت لجن حاصل از تصفیه بیولوژیکی و عدم حذف کامل ترکیبات رنگی و بو دار، کربن آلی و نترات است. کاربرد روشهای تلفیقی در تصفیه فاضلاب خانگی و فاضلاب های سنگین و فوق سنگین، صنعت نفت و پساب های صنایع لبنی و کاغذ سازی به طور موفقیت آمیزی عمل نموده است. هدف این مطالعه بررسی روش تصفیه بیولوژیکی با بستر ثابت و تلفیق کردن فاز بیولوژیکی با یک اکسید کننده قوی (ازن) و مقایسه آن با روشهای متعارف است.

روش بررسی: این تحقیق از نوع مطالعات کاربردی- تجربی است که با ساخت یک پایلوت (مدل آزمایشگاهی) تحقیقاتی و استفاده از بستر ثابت و ازن انجام شد. ابتدا داده ها و پارامترهای ورودی و خروجی فاضلاب خانگی (فاضلاب ورودی به تصفیه خانه شهرکرد) را مورد آزمایش قرار داده و پس از راه اندازی پایلوت طی دو مرحله بیولوژیکی تنها و بیولوژیکی و ازناسیون نتایج خروجی پایلوت مورد مطالعه قرار گرفت.

یافته ها: در این مطالعه مشخص شد که میانگین COD (Chemical Oxygen Demand) فاضلاب ورودی پایلوت تحقیقاتی برابر با  $541/2 \pm 171/3$  میلی گرم بر لیتر و در خروجی پایلوت در مرحله اول برابر  $226/6 \pm 194/4$  میلی گرم بر لیتر بود و در مرحله دوم به  $64/1 \pm 26/6$  میلی گرم بر لیتر رسید که اختلاف COD خروجی دو مرحله از نظر آماری معنی دار بود ( $p < 0/05$ ). همچنین میانگین  $BOD_5$  (Biological Oxygen Demand) فاضلاب ورودی برابر  $227/9 \pm 78/2$  میلی گرم بر لیتر و در خروجی پایلوت در مرحله اول به  $106/6 \pm 64/5$  و در مرحله دوم به  $55/8 \pm 30/4$  میلی گرم بر لیتر رسید که مرحله دوم نسبت به مرحله اول کاهش جزئی را نشان داد ( $p > 0/05$ ). راندمان انتقال ازن به محیط آبی در این تحقیق بین ۴۴-۳۳٪ بدست آمد و میزان مصرف ازن به ازای هر گرم حذف COD بین ۰/۳۵ تا ۰/۷۵ میلی گرم بدست آمد.

نتیجه گیری: این فرآیند تصفیه قادر است غلظت آلاینده های خروجی فاضلاب خانگی را پایین تر از استانداردهای خروجی تخلیه پساب به محیط زیست برساند و با سایر روشهای تصفیه فاضلاب رقابت کند و هزینه های مربوط به بی آب کردن و خشک کردن لجن را در اثر به حداقل رسانیدن تولید لجن و سطح مورد نیاز را کاسته و حتی به عنوان یک روش مقرون به صرفه اقتصادی عمل نماید.

واژه های کلیدی: ازن، بیوراکتور، تصفیه بیولوژیکی، فاضلاب خانگی.

### مقدمه:

بر تصفیه بیولوژیکی متعارف، به وسیله فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی پیش تصفیه یا تصفیه نهایی شوند. تصفیه نهایی در مورد فاضلاب های حاوی مقادیر ترکیبات

به منظور دستیابی به استانداردهای کیفی تخلیه فاضلاب به منابع پذیرنده، باید پساب های دارای آلاینده های مقاوم به تجزیه بیولوژیکی، علاوه

<sup>۱</sup> نویسنده مسئول: شهرکرد- دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد- گروه مهندسی عمران- تلفن: ۰۲۸۱-۳۳۴۲۸۰۳- E-mail: Jafari\_abas@yahoo.com

فعال، انعطاف پذیری در مواقع مختلف سال با توجه به تغییرات دبی فاضلاب تولیدی و زمانی که تغییرات و یا مشکلاتی در فاضلاب خام ورودی به وجود می آید، رنگ زدایی از فاضلاب که بتوان مجدداً از آن به جای آب تازه در فرآیند تولید استفاده نمود (۷،۶). مهمترین کارآیی استفاده از ازن در تصفیه فاضلاب کاهش قابل ملاحظه ترکیبات آلی تجزیه پذیر در فاضلاب می باشد. مفروضات و اطلاعات تجربی نشان داده است که کاهش  $UV_{254}$  (Ultra violet) و COD در این روش ترکیبی اکسیداسیون بیولوژیکی و شیمیایی افزایش یافته اند. بنابراین کاهش  $UV_{254}$  و COD با ۳۷/۲ درصد و ۵۹/۱ درصد به ترتیب بعد از مراحل تصفیه بیولوژیکی با زمان ماند هیدرولیکی ۵ ساعت و غلظت (کل جامدات فرار مایع مخلوط)  $3142 \text{ gr/m}^3 \text{ MLVSS}$  مشاهده شده است و در مقایسه با آن مرحله ای که علاوه بر تصفیه بیولوژیکی در یک مرحله ازن زنی نهایی انجام می شد، ارقام به ۷۱ درصد و ۷۸/۴ درصد ارتقا پیدا کردند (۸،۷،۱). در طول تصفیه به روش لجن فعال نیترات سازی (نیتروفیکاسیون) مناسب فقط با (زمان ماند هیدرولیک و یا بیومس) بدست می آیند هر چند از ناسیون پس از تصفیه ثانویه باعث بهبود حذف نیتروژن می شود بلکه موجب حذف نیتروژن کل هم می شود. همچنین ازن زنی نهایی باعث افزایش قابلیت تصفیه و تجزیه بیولوژیکی فاضلاب می گردد (۷). بدین صورت نسبت نهایی  $BOD_5$  بعد از اکسیداسیون بیولوژیکی از ۰/۱۶ بعد از ازن زنی نهایی به ۰/۳۴ با مقدار ازن زنی معادل با ۴۱/۷ گرم ازن در هر متر مکعب می رسد (۹،۸). سیستم تصفیه لجن فعال با بستر ثابت یکپارچه (IFSA) علاوه بر جلوگیری از برگشت زیاد لجن ( $Q_r$ ) از شوک های هیدرولیکی و تولید اضافی لجن جلوگیری می نماید.

زمان ماند هیدرولیکی (HRT) از ۱/۷ تا ۳ ساعت در این سیستم کاهش پیدا کرد (۸). به منظور

آلی قابل تجزیه بیولوژیکی و غلظت های کمی از ترکیبات مقاوم مفید واقع شده است (۲،۱). فرآیندهای تلفیقی به گونه ای طراحی می گردد که تصفیه بیولوژیکی و فیزیکی و شیمیایی بر هم اثر افزایشی دارند. یک مثال شاخص از چنین فرآیندی ترکیب اکسیداسیون شیمیایی با یک روش تصفیه لجن فعال با بستر ثابت است که اکسیداسیون شیمیایی باعث تجزیه ناقص آلاینده های مقاوم می شود تا محصولات میانی فارغ از هزینه های بالای معدنی شدن کامل (یعنی تبدیل به  $H_2O$  و  $CO_2$  و غیره) به طور آسان تری تجزیه بیولوژیکی شوند (۴،۳). تزریق ازن علاوه بر اینکه به عنوان یک عامل گندزدایی در پساب عمل می نماید باعث اثرات دیگری همانند، قابلیت لخته سازی جرم توده سلولی زنده را افزایش می دهد، مواد آلی فاضلاب که به ندرت قابل تجزیه بیولوژیکی هستند را شکسته و به شکل هایی تبدیل می کند که به آسانی تجزیه می شوند، ترکیب جرم توده سلولی (biomass) را تغییر داده و آن را فعال تر کرده و همچنین جمعیت اورگانیزم های بزرگتر و جانوران غارتگر (پروتوزوها) را نیز افزایش می دهد و محصولات میکروبی قابل حل حاصل از فعالیت بیومس را می شکند و غلظت آنها را کاهش می دهد (۴). در کارخانه [Lang Gmbh](http://LangGmbh.com) شهر [Ettringen](http://Ettringen.com) آلمان برای نخستین بار نشان داده شد که تکنولوژی استفاده از ازن به نحو بسیار مطلوبی جهت تصفیه فاضلاب مؤثر است، به نحوی که هزینه تصفیه هر یک متر مکعب فاضلاب بین ۰/۱ تا ۰/۱۱۸ یورو می باشد (۵). مزایای بکارگیری سیستم مشترک از ناسیون به همراه بیوفیلتراسیون به منظور تصفیه فاضلاب عبارتند از: کاهش مطلوب COD با تزریق کم ازن و کاهش هزینه های بهره وری، به حداقل رساندن مصرف انرژی و اکسیژن با طراحی سیستم جریان ورودی به شکل خطوط چند گانه، کاهش هزینه بهره وری ناشی از استفاده از اکسیژن موجود در گاز خروجی برای مخزن لجن

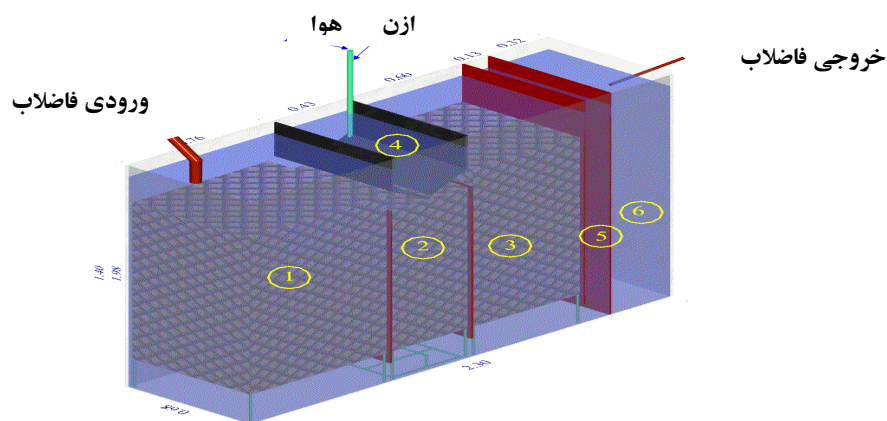
شد که ظرفیت فاضلاب یک خانوار ۵ نفری را تأمین و تصفیه نماید. چون ازن یک ماده فوق العاده اکسیدکننده است، جنس بدنه پایلوت از مواد و مصالح مقاوم به ازن (فایبرگلاس با ضخامت ۷ میلیمتر) ساخته شد و چون که ارتفاع آن حدود ۲ متر و مقاومت بدنه نسبت به فشار جانبی مایع درون آن ضعیف بود پایلوت را در دل خاک قرار داده تا از ترکیدن دیواره های جانبی جلوگیری گردد. فاضلاب از کانال ورودی تصفیه خانه توسط یک پمپ کولر به داخل پایلوت انتقال یافت، مشخصات جزئی پایلوت شامل مخزن ورودی که فاضلاب خام وارد می گردد و روی بستر مدیا پخش می شود، حوض هوا دهی و ازن زنی (قسمت دوم) که هوادهی و ازن زنی همراه با هم در اینجا انجام می گردد، حوض تماس ثانویه فاضلاب (قسمت سوم) در این مرحله فاضلاب ضمن گردش در کل حوضچه در تماس با بستر (مدیا) رشد چسبیده بیشتری را آغاز می کند، واحد چهارم (ناودانی) که نقش آن ایجاد حرکت و چرخش فاضلاب در اثر هوادهی و ازن زنی است و قسمت پنجم که در این مرحله فاضلاب تصفیه

کاربرد سیستم های تلفیقی در تصفیه بیولوژیکی فاضلاب برای حذف آلاینده های مقاوم و مواد سمی که جدیداً مورد استفاده قرار گرفته، تحقیقات زیادی انجام نشده است. محدودیت سیستم های متعارف در تصفیه فاضلاب در حذف آلاینده ها و رسیدن به استانداردهای مجاز تخلیه به محیط زیست منجر به استفاده و روآوری به سیستم های تلفیقی شده است (۱۰).

در این تحقیق تصفیه مداوم فاضلاب خانگی توسط مراحل مختلف لجن فعال و همچنین باموجب فرآیند اکسیداسیون بیولوژیکی و شیمیایی تکامل یافته با فیلترهای مستغرق همراه با ازن مورد مطالعه قرار گرفته است.

### روش بررسی:

در این تحقیق که یک مطالعه کاربردی تجربی است نتایج طی مراحل تصفیه بیولوژیکی در بیوفیلتر بدون ازن زنی و تصفیه بیولوژیکی همراه با ازن زنی انجام پذیرفت. به همین منظور یک پایلوت تحقیقاتی با ظرفیت ۳ متر مکعب جهت اجرای این تحقیق ساخته شد و ظرفیت آن طوری طراحی



تصویر شماره ۱: شکل پایلوت ساخته شده به منظور تصفیه بیولوژیکی و شیمیایی فاضلاب با فیلترهای مستغرق همراه با ازن

دائمی و بدون ازن و دائمی همراه با ازن انتخاب گردید. تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از آمارهای توصیفی، تحلیلی (آزمون نا پارامتری من ویتنی) به کمک نرم افزار SPSS انجام گرفت.

### یافته ها:

تصفیه بیولوژیکی در هر دو شرایط رشد چسبیده (Attached growth) و رشد معلق (Suspended growth) در راندمان حذف COD در مرحله اول ۵۶/۱ درصد و در مرحله دوم ۸۷/۵ درصد حاصل شد و در حالت کلی در دو مرحله این راندمان به ۷۶/۳ درصد رسید. همچنین راندمان حذف BOD<sub>5</sub> در مرحله اول ۶۲ درصد و در مرحله دوم ۷۹/۲ درصد حاصل شد و این عدد در حالت کلی به ۷۳ درصد رسید (جدول شماره ۱).

نتایج مقایسه آلایندهای COD و BOD<sub>5</sub> با استفاده از آزمون من ویتنی نشان می دهد که ورودی در هر دو مرحله تفاوت معنی داری نداشتند. اما خروجی COD در دو مرحله تفاوت معنی داری داشته است ( $p < 0.05$ ). یعنی در مرحله دوم نسبت به مرحله اول کاهش معنی داری داشته است. همچنین BOD<sub>5</sub> در مرحله دوم بصورت جزئی نسبت به مرحله اول کاهش داشته است ( $p > 0.05$ ) (جدول شماره ۲). در طول ۸ ماه پایش و مطالعه پایلوت، مشکل گرفتگی لانه های پکینگ به وجود نیامد و هیچگونه لجنی تشکیل نگردید. میزان دوز انتقال یافته (Transfer) ازن در این تحقیق بین ۳۷ تا ۴۵ درصد بدست آمد.

تصور می شد میکروارگانیزمها در اثر ازن زنی تجزیه و سیستم، فاقد جرم توده سلولی زنده (Biomass) گردد ولی با توجه به اینکه روند کار در دو مرحله بیولوژیکی و بیولوژیکی-ازناسیون انجام شد، هیچگونه پدیده کننده شدن لایه بیوفیلم

شده به حوض ته نشینی و جمع آوری (واحد ششم) هدایت می شود و در نهایت بوسیله یک لوله پلی اتیلن به بیرون هدایت می گردد (تصویر شماره ۱). نوع و مدل ژنراتور تولید ازن، استفاده شده در این تحقیق ازن ژنراتور نوع کوچک با مصرف انرژی به ازای هر (g/hr) تولید ازن ۳۱۰ وات ساخت کشور چین با مدل (کا ای دی-۰۸آ) بود.

این تحقیق در دو مرحله به تفصیل زیر انجام پذیرفت. مرحله اول: آزمایشات برای راه اندازی پایلوت و رسیدن به فاز بهینه فرآیند اکسیداسیون شیمیایی نظیر PH مناسب شرایط اکسیداسیون بیولوژیکی انجام شد و سیستم بصورت ناپیوسته بسته کار نمود تا لایه بیوفیلم روی پکینگ مدیا تشکیل گردد و فاز بیولوژیکی شروع به فعالیت کند. برای افزایش تجزیه پذیری بیولوژیکی به مدت چند ماه هم در این شرایط پایلوت پایش گردید و کلیه آزمایشات از قبیل تغییرات COD و BOD<sub>5</sub> و غلظت باقیمانده این آیتیم ها در خروجی برای تجزیه پذیری بیولوژیکی (Biodegradability) انجام پذیرفت و سیستم بصورت بیولوژیکی بدون اینکه ازنی تزریق گردد مورد پایش قرار گرفت.

مرحله دوم: شرایط بدست آمده از مرحله اول برای افزایش تجزیه بیولوژیکی و وارد کردن فاز تجزیه شیمیایی با اضافه کردن ازن به عنوان یک ماده اکسیدکننده قوی استفاده شد تا جنبه های کاربردی تحقیق وقتی که با یک فرآیند بیولوژیکی همراه با ازن و مدیای متناسب همراه گردد، مشخص شود. در این مرحله اکسیداسیون پیشرفته ازن در شرایط تولید یونهاى هیدرواکسید (واکنش های غیر مستقیم ازن) به عنوان پیش تصفیه باعث شکستن مولکول های مقاوم و بازدارنده رشد بیولوژیکی می گردد. این پایلوت به عنوان تنها حالت انتخابی برای دو شرایط

**جدول شماره ۱: تأثیر عملکرد ازن زنی در تصفیه بیولوژیکی فاضلاب خانگی در حذف آلاینده ها**

مرحله	کیفیت فاضلاب ورودی		مقدار ازن		کیفیت پساب (خروجی) تصفیه شده سیستم بیولوژیکی		کیفیت پساب تصفیه شده سیستم بیولوژیکی وازناسیون	
	BOD <sub>5</sub>	COD	مصرف شده	اضافه شده	BOD <sub>5</sub>	COD	BOD <sub>5</sub>	COD
مرحله اول	۱۷۰	۳۲۳	-	-	۷۰	۱۵۴	-	-
	۱۸۳	۳۲۹	-	-	۷۶	۲۲۹	-	-
	۴۴۴	۸۵۰	-	-	۲۲۰	۵۶۰	-	-
	۲۴۵	۴۲۵	-	-	۶۹	۸۰	-	-
	۳۲۸	۶۲۵	-	-	۹۷	۱۱۰	-	-
مرحله دوم	۳۸۶	۷۲۵	۳۸/۶	۲۳/۵۴	۹۴/۵	۱۸۷	۶۱	۱۱۱
	۳۲۰	۶۲۸	۴۶/۲	۲۶	۳۷	۷۰/۷۵	۲۱	۳۸
	۲۲۰	۳۵۳	۴۶/۲	۲۷	۱۰۸	۱۷۶	۶۵	۸۰
	۲۸۱/۲	۵۶۱	۴۶/۲	۲۶/۵	۸۲	۱۰۲/۲	۳۹	۷۹
	۲۰۰	۷۱۰	۴۶/۲	۲۹	۳۵	۵۰	۱۱/۲	۲۲/۲
	۳۱۴	۷۱۵	۴۶/۲	۲۷/۶	۴۸	۲۱۱	۱۴	۶۶/۵
	۲۳۵	۳۹۶	۵۳/۶	۳۳	۳۲	۱۸۶	۱۶	۷۲
	۲۴۵	۴۱۷	۵۳/۶	۳۰	۲۸	۱۸۰	۱۴	۶۸
	۲۴۹	۵۲۰	۶۴/۱	۳۶	۳۸	۷۰	۱۲	۴۰

- کلیه اعداد بر اساس گرم بر هر متر مکعب ( $g/m^3$ ) بیان شد. - شرایط اکسیداسیون بیولوژیکی: دما =  $15-25^{\circ}C$  -  $PH=6/75-8/4$   
 HRT=  $22/72$  hr DO= mg/l (زمان ماند هیدرولیکی) - مرحله اول عمل تصفیه بیولوژیکی بدون استفاده از ازن را نشان می دهد. مرحله دوم نتیجه تصفیه بیولوژیکی همراه با ازناسیون را نشان می دهد. خط تیره به معنای عدم استفاده از ازن

COD =Chemicol Oxygen Demand

BOD<sub>5</sub>=Biological Oxygen Demand

**جدول شماره ۲: میزان آلایندهای COD و BOD<sub>5</sub> در ورودی و خروجی در دو مرحله مطالعه**

آلاینده	مرحله	
	مرحله اول	مرحله دوم
COD ورودی	۵۱۰/۴±۲۲۵/۳	۵۵۸/۳±۱۴۵/۸
COD خروجی	۲۲۶/۶±۱۹۴/۴	*۲۲۶/۹±۶۴/۱
BOD <sub>5</sub> ورودی	۲۷۴±۱۱۳/۷	۲۷۲/۲±۵۸/۸
BOD <sub>5</sub> خروجی	۱۰۶/۴±۶۴/۵	۵۵/۸±۳۰/۴

- شرایط اکسیداسیون بیولوژیکی: دما =  $15-25^{\circ}C$  -  $PH=6/75-8/4$   
 HRT=  $22/72$  hr DO= mg/l (زمان ماند هیدرولیکی) - مرحله اول عمل تصفیه بیولوژیکی بدون استفاده از ازن را نشان می دهد. - مرحله دوم نتیجه تصفیه بیولوژیکی همراه با ازناسیون را نشان می دهد. - داده ها به صورت انحراف معیار تقیماگین و گرم بر متر مکعب می باشد ( $g/m^3$ ) \*  $p < 0/01$  نسبت به مرحله اول.

COD= Chemical Oxygen Demand

BOD<sub>5</sub>=Biological Oxygen Demand

(Washout) رخ نداد و حتی این لایه در سطح روین مدیایها بصورت موج (waves) و توده (mass) در سطح بستر مدیایها تشکیل گردید. به ازای هر گرم حذف COD در دبی های مختلف حداقل ۰/۳۵ و حداکثر ۰/۷۵ میلی گرم ازن مصرف شد.

### بحث:

در این مطالعه برای حذف ترکیبات و مواد آلی فاضلاب (COD، TOC، BOD<sub>5</sub>) و ترکیبات آلی مقاوم از بستر ثابت (پکینگ مدیا) و ازن استفاده گردید. در ابتدای شروع فعالیت بیولوژیکی و پس از راه اندازی سیستم، فعالیت میکروبی آغاز شد و با گذشت زمان راندمان حذف BOD<sub>5</sub> افزایش پیدا کرده است. لذا استفاده و کاربرد سیستم تصفیه تلفیقی از نقطه نظر راندمان حذف COD و BOD<sub>5</sub> معادل سیستم های متعارف لجن فعال می باشد.

در طی مراحل اولیه که همزمان رشد چسبیده و رشد معلق میکروارگانیسمها (میکروبهها) رخ می دهد، راندمان حذف BOD<sub>5</sub> با توجه به بار آلی و دبی ورودی از حد اقل ۴۵ تا حداکثر ۷۴ درصد در هر نوبت از آزمایشات را نشان می دهد. همچنین راندمان حذف COD در این مرحله بین ۳۰/۴ الی ۸۳ درصد رسید و در مرحله (دوم) که ازن زنی آغاز گردید، راندمان حذف COD بین ۹۳/۹۲ تا ۷۵/۳۸ درصد و حذف BOD<sub>5</sub> ۹۷/۰۱ تا ۸۱ درصد را نشان داد که این تغییر در راندمان مربوط به تکمیل شدن فرآیند اکسیداسیون بیولوژیکی می باشد که ازن آنرا کامل می کند. تأثیر افزایش غلظت و بار آلی هر مرحله قابل مقایسه هستند، به طوری که در مرحله اول در دبی های ثابت و مراحل مختلف، سیستم در حذف آلودگی ها COD و BOD<sub>5</sub> موفق عمل نموده است و افزایش

راندمان حذف با افزایش هر مقدار دبی یک شوک به سیستم وارد شده و مجدداً به حالت اول خود بر می گردد، شرایط تعیین کننده در درجه اول غلظت آلاینده و در درجه دوم میزان دبی می باشد که با افزایش دبی راندمان حذف در مرحله اول کاهش داشت ولی با آداپته شدن سیستم راندمان حذف شروع به زیادتر شدن نمود و در مرحله دوم با اضافه کردن دبی یکسان و دوزهای مختلف ازن و اضافه کردن ازن بطور یکسان در دبی های مختلف حاکی از عملکرد و بهبود حذف COD ملاحظه می گردد و اثر دبی یکسان و افزایش دوز ازن اثر مطلوب تری نسبت به مرحله افزایش دبی و افزایش دوز ازن از خود نشان می دهد.

پژوهش دکتر واعظی و همکاران در تصفیه خانه صاحبقرانیه تهران از ازن جهت تصفیه پیشرفته پساب ثانویه فاضلاب استفاده گردید و نتیجه گرفتند در شرایطی که مقدار ازن مورد استفاده در این سیستم در سه مدت زمان متفاوت ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه و ضریب انتقال ازن ۹۵ درصد، ۱۰/۵، ۲۱، ۴۲، میلی گرم میانگین راندمان حذف BOD و COD بر کیفیت پساب به ترتیب مساوی با ۲۰، ۱۸، ۳۲ و ۱۷، ۲۴، ۳۰ درصد به دست آمد و به طور کلی تصفیه پساب نهایی تصفیه خانه را در صورت انجام ازن زنی دارای کیفیت قابل قبول تری قلمداد نمودند (۱۱). در تحقیقی دیگر در سال ۱۳۸۴ از ازن جهت تجزیه پذیری بیولوژیکی متیل-ترشیری-بوتیل اتر (MTBE) که یک ترکیب سنتزی است و در فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته از ناسیون در مقابل تجزیه شدن از خود مقاومت نشان می دهد. در سیستم های تلفیقی تصفیه فاضلاب در مقیاس پایلوت استفاده گردید و نتیجه آن مؤید تجزیه کامل این ترکیب با ادامه اکسیداسیون می باشد (۱۰).

خود نشان داده است، پیشنهاد می گردد در مقیاس کامل در اجتماعات کوچک انجام گردد.

چون در هر مرحله صرفاً میانگین اندازه ها ثبت شده است و مشاهدات کلی موجود نبوده است در انجام آزمون آماری مجبور به استفاده از آزمون ناپایداری من ویتنی گشته ایم.

### نتیجه گیری:

نتایج پژوهش نشان داد که از ناسیون محلول های مائی (تصفیه همزمان شیمیایی و بیولوژیکی فاضلاب خانگی با فیلترهای مستغرق) قادر است تجزیه پذیری بیولوژیکی را تا حدود زیادی افزایش دهد و لذا به کمک این سیستم می توان کیفیت خروجی پساب را از نظر استاندارد تصفیه افزایش داده و لذا در نقاط و جاهایی که مشکل دفع پساب تصفیه شده به آبهای سطحی و یا چاه جاذب داریم و محدودیت زمین یا محدودیت های زیست محیطی دیگری وجود دارد، این سیستم می تواند پاسخگوی نیاز تصفیه فاضلاب آنها باشد و حتی در تصفیه خانه هایی که از ظرفیت بهره برداری خارج شده اند با این شیوه تصفیه می توان آنها را احیا نمود.

### تشکر و قدردانی:

بدینوسیله از تمامی کسانی که ما را در این انجام این تحقیق یاری نمودند به خصوص پرسنل محترم تصفیه خانه فاضلاب شهرکرد قدردانی می گردد.

دفع نهایی مواد جامد بیولوژیکی یکی از پرهزینه ترین مشکلات مربوط به تصفیه فاضلاب می باشد که استفاده از ازن در فرآیند تصفیه حاکی از کاهش ۶۰-۴۰ درصد تولید لجن می باشد (۱).

در مقایسه میزان ازن دریافتی در پایلوت مورد نظر با توجه به میزان ازن تزریقی به سیستم و ازن خروجی به این نتیجه رسیدیم که راندمان انتقال ازن (Transfer=Ts) در مراحل ابتدایی از ۳۷ درصد شروع و در مراحل بعدی تا ۴۴ درصد ادامه یافت که با نتایج تحقیق Yasui و همکاران که راندمان انتقال ازن را بین ۳۷-۴۸ درصد گزارش نموده اند مطابقت دارد (۱). در طول تصفیه به روش لجن فعال نیترات سازی (نیتروفیکاسیون) متناسب تنها با زمان ماند هیدرولیک و یا بیومس به دست می آیند. هر چند از ناسیون پس از تصفیه ثانویه باعث بهبودی حذف نیتروژن می شود موجب حذف نیتروژن کل هم می شود (۱۲).

با توجه به این که در تحقیق دریافتیم که در شرایط آزمایش راندمان انتقال ازن (TS) بین ۳۷-۴۵ درصد می باشد پیشنهاد می گردد که در استفاده از از ناسیون به عنوان تصفیه در مقیاس کاربردی راکتور تماس ازن به گونه ای طراحی و ساخته شود تا بتوان بهترین CT (حاصل ضرب غلظت ازن در زمان تماس) را تأمین نمود و این شرایط وقتی حاصل می گردد که راندمان انتقال ازن به بالای ۸۰ درصد برسد که در مقیاس کامل قابل دستیابی می باشد. با توجه به این که این مطالعه نتایج مطلوبی در حذف COD و BOD<sub>5</sub> از

### منابع:

1. Heinzle E, Geiger F, Fahmy M, Kut MO. Integrated ozonation- biotreatment of pulp-bleaching effluents containing chlorinated phenolic compounds. *Biotechnol Rog.* 1992; 8: 67-77.
2. Haberl R, Urban W, Gehringer P, Szinovatz W. Treatment of pulp-bleaching effluents by activated sludge precipitation. *Wat Sci Technol.* 1991; 29(314): 229-39.
3. Hsieh LL, Lin YL, Wu CH. Degradation of MTBE in dilute aqueous solution by gamma radiolysis. *Wat Res.* 2004; 38(16): 3627-33.

4. Scott J, Ollis D, Integration of chemical and biological oxidation processes for water treatment: review and recommendations. *Environ Prog.* 1995; 14(2): 88-103.
5. Salkinoga-Salonen MS, Nyns EJ, Sutton PM, Berrg LVD, Wheatley AD. Starting-up of an anaerobic fixed film reactor. *Wat Sci Technol.* 1983; 15: 305-8.
6. Gogate PR, Pandit AB. A review of imperative technologies for wastewater treatment II: hybrid methods. *Adv Environ Res.* 2004; 8(3-4): 553-7.
7. Beltran FJ, Carcia-Araya JF, Alvarez PM. Integration of continuous biological and chemical (ozone) treatment of domestic wastewater: biodegradation and post-ozonation. *J Chem Technol Biotechnol.* 1999; 74: 877-83.
8. Jochimsen J, Jeckel M. Partial oxidation effects durin the combined oxidative and biological treatment of separated streams of tanney wastewater. *Wat Sci Technol.* 1997; 35(4): 337-45.
9. Brent wood industries Integrated fixed film / Activated sludge system (IFAS). Available at:<http://www.brent wood industries.com/water/ifas.html>. 2004/1/18.
۱۰. صادقی مهربان، مصداقی نیا علیرضا، بادکوبی احمد، نبی زاده رامین، سلیمانان اردل. کارآیی فن آوری اکسیداسیون پیشرفته ازن و هیدروکسیل در تجزیه متیل ترشیاری-بوتیل اتر. *مجله دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد.* ۱۳۸۳، ۴(۶): ۳۲-۴.
11. Vaezi F, Nabizadeh R, Alavi NA. Advanced treatment of Sahebgharanieh secondary effluent by ozonation. *Iranian J Public Health.* 2000; 4(1): 35-42.
12. Di Iaconi C, Lopez A, Ramadori R, Di Pinto AC, Passino R. Combined chemical and biological degradation of tannery wastewater by a periodic submerged filter (SBBR). *Wat Res.* 2002 May; 36(9): 2205-14.