

## بررسی کارایی فرایند انعقاد الکتریکی در کاهش بار آلی شیرابه مرکز دفن شهر قم

محمد ملکوتیان<sup>۱</sup>، حسن ایزانلو<sup>۲</sup>، مریم مصرقانی<sup>۳</sup>، محمدمهدی امام جمعه<sup>۴</sup>

نویسنده مسئول: کرمان، بلوار هفت باغ علوی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت محیط [m.malakootian@yahoo.com](mailto:m.malakootian@yahoo.com)

پذیرش: ۹۰/۰۸/۲۱

دریافت: ۹۰/۰۵/۲۴

### چکیده

**زمینه و هدف:** شیرابه حاصل از دفن مواد زاید جامد شهری فاضلابی قوی با مواد سمی خطرناک است و بایستی با انتخاب یک روش ساده، اقتصادی، سازگار با محیط زیست و ویژگی‌های شیرابه، تصفیه شود. هدف از این تحقیق تعیین کارایی فرایند انعقاد الکتریکی در حذف بار آلی شیرابه مراکز دفن مواد زاید جامد شهری شیرابه شهر قم بود.

**روش بررسی:** این مطالعه به صورت تجربی در مقیاس آزمایشگاهی و به صورت پایلوت در سیستم ناپیوسته در بازه زمانی بهار تا زمستان ۱۳۸۹ انجام شد. مخزنی با جنس پلکسی گلس به حجم موثر ۰/۷ لیتر، حاوی ۹ الکتروود صفحه‌ای آلومینیومی به یک منبع تغذیه جریان مستقیم (۱۰ تا ۶۰ ولت، ۱ تا ۵ آمپر) متصل شد. نمونه‌ها هر ۱۰ دقیقه از میانه راکتور جهت اندازه‌گیری *COD* و *TSS* جمع‌آوری و طبق روش آمده در کتاب استانداردمتد مورد آزمایش قرار گرفت. تاثیر شدت جریان الکتریکی ( $mA/cm^2$ ، ۶۹، ۴۴، ۵۲، ۰۸)، زمان واکنش (۱۰ تا ۶۰ دقیقه)، پتانسیل الکتریکی (۱۰ تا ۶۰ ولت) به عنوان عوامل تاثیرگذار بر بازده فرایند، مورد مطالعه قرار گرفت.

**یافته‌ها:** راندمان حذف *COD* در پتانسیل الکتریکی ۶۰ ولت، مدت زمان ۶۰ دقیقه، دانسیته جریان  $mA/cm^2$  ۵۲/۰۸ و  $mA/cm^2$  ۶۹/۴۴ به ترتیب برابر با ۴۸/۷٪ و ۷۷/۴٪ بود. راندمان حذف *TSS* در پتانسیل الکتریکی ۶۰ ولت، مدت زمان ۶۰ دقیقه و دانسیته جریان  $mA/cm^2$  ۶۹/۴۴ برابر با ۷۲/۱٪ بود.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج حاصل از تحقیق بهترین راندمان حذف *COD* پس از یک ساعت زمان تماس در پتانسیل الکتریکی ۶۰ ولت و دانسیته جریان  $mA/cm^2$  ۶۹/۴۴، ۷۷/۴٪ بود. میزان انرژی الکتریکی مصرفی در این حالت  $kWh/kg$  ۴۳۱/۲۶ بود. این مطالعه نشان داد فرایند انعقاد الکتریکی روشی موثر برای کاهش میزان *COD* شیرابه جایگاه دفن مواد زاید شهری است.

**واژگان کلیدی:** بار آلی، *COD*، الکتروکواگولاسیون، تصفیه شیرابه

- ۱- دکترای بهداشت محیط، استاد مرکز تحقیقات بهداشت محیط و دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان
- ۲- دکترای بهداشت محیط، استادیار دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات آلاینده‌های محیطی دانشگاه علوم پزشکی قم
- ۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان
- ۴- دکترای بهداشت محیط، استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین

## مقدمه

شیرابه‌ای که از مراکز دفن مواد زاید جامد حاصل می‌گردد فاضلابی قوی، حاوی مواد سمی و خطرناک است و در صورتی که بدون هیچ تصفیه‌ای در محیط رها شود آلودگی آب‌های سطحی، زیرزمینی و خاک را در پی دارد. بنابراین باید قبل از دفع در محیط زیست تا رسیدن به استاندارد تخلیه تصفیه گردد (۱و۲).

تصفیه بیولوژیکی برای شیرابه‌هایی که نسبت  $BOD_5/COD$  در آنها کم و یا غلظت مواد سمی آنها بالا است ناکارآمد بوده و بهتر است از روش‌های فیزیکوشیمیایی برای پیش تصفیه یا تصفیه کامل این نوع فاضلاب‌ها استفاده نمود (۳). امروزه روش‌های تصفیه متفاوتی مانند فرایندهای غشایی، انعقاد شیمیایی و تکنیک‌های اکسیداسیون پیشرفته برای تصفیه شیرابه پیشنهاد می‌گردد (۴).

یکی از انواع روش‌های فیزیکوشیمیایی روش انعقاد الکتریکی است این روش به دلیل مزایایی چون اقتصادی بودن، راندمان بالا، تجهیزات ساده، بهره‌برداری آسان، عدم نیاز به ماده شیمیایی خاص، لجن دفعی اندک، زمان ماند کوتاه روشی بسیار مناسب برای تصفیه فاضلاب‌های قوی و سمی است (۵-۷).

انعقاد الکتریکی فرایندی است که به کمک جریان الکتریسیته آلاینده‌های موجود در محیط آبی ناپایدار می‌شود. یک راکتور انعقاد یک سلول الکتریکی حاوی آند و کاتد است و به طور معمول جنس آند یک فلز هادی مانند آلومینیوم و آهن است که با ایجاد شارژ الکتریکی باعث خنثی‌سازی و حذف آلاینده‌ها می‌گردد. در این فرایند منعقدکننده یعنی هیدروکسیدهای فلزی تولید می‌شود، هیدروکسیدهای فلزی با ترکیب شدن با آلاینده‌ها ایجاد لخته‌های بزرگتر کرده و رسوب می‌کنند. همچنین با بالا آمدن حباب‌های هوا در سطح راکتور ذرات سبک را به سطح محلول شناور می‌کند و در نتیجه با کمک دو عمل شناورسازی و ته‌نشینی آلاینده‌ها از محیط حذف می‌شوند (۸). مکانیسم حذف در روش انعقاد الکتریکی همان مکانیسم ناپایدارسازی ذرات مانند فشردگی لایه دوگانه الکتریکی، جذب سطحی و خنثی‌سازی بار، انعقاد جارویی و پل‌زنی بین ذرات است (۹). تنظیم دوز کوآگلانت به راحتی با تنظیم مقدار جریان الکتریسیته امکان‌پذیر می‌شود (۷).

در ایران روش‌های تصفیه چون اکسیداسیون فتون توسط ملکوتیان و احمدیان (۲۰۱۰) برای کاهش بار آلی شیرابه شهر کرمان (۱۰)، انعقاد شیمیایی توسط صمدی و همکاران (۲۰۱۰) برای کاهش بار آلی شیرابه شهر همدان (۱۱)، روش انعقاد و لخته‌سازی توسط ایزانلو و همکاران از شیرابه حاصل از کارخانه کمپوست شهر سنندج (۲) انجام گرفته است. در ایران مطالعه‌ای در رابطه با تصفیه شیرابه با کمک فرایند انعقاد الکتریکی صورت نگرفته ولی در ترکیه Ilhan و همکاران تحقیقی در سال ۲۰۰۸ بر روی شیرابه تولیدی مرکز دفن مواد زاید شهری استانبول با کمک انعقاد الکتریکی و الکترودهای آلومینیومی انجام دادند که راندمان حذف COD از شیرابه را برابر با ۵۶٪ در زمان ۳۰ دقیقه به دست آمد (۴). در شهر قم شیرابه حاصل از مرکز دفن بدون هیچ‌گونه تصفیه‌ای در محیط رها می‌گردد، بنابراین ضرورت انجام مطالعه‌ای برای کاهش بار آلی شیرابه این مرکز دفن وجود دارد. این تحقیق با هدف بررسی کارایی حذف COD و TSS شیرابه مرکز دفن شهر قم را با کمک فرایند انعقاد الکتریکی و کاربرد الکترودهای آلومینیومی انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

### خصوصیات شیرابه

این پژوهش یک مطالعه تجربی - کاربردی است که در بازه زمانی بهار تا زمستان سال ۱۳۸۹ انجام گرفت. نمونه‌های شیرابه از مرکز دفن شهر قم در چهار نوبت از کانال زهکشی شیرابه برداشت گردید. نمونه‌ها در ظرف‌های پلاستیکی ۲۰ لیتری جمع‌آوری و در شرایط استاندارد به آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی قم منتقل و در  $4^{\circ}C$  نگهداری و سریعاً میزان COD، مواد معلق، هدایت الکتریکی و pH آن مورد آنالیز می‌شد. ویژگی کیفی شیرابه در جدول ۱ آمده است.

### روش آنالیز نمونه‌ها

مواد شیمیایی مصرفی با مارک تجاری مرک بوده و کلیه آزمایش‌ها در دمای محیط صورت گرفت. مقدار pH با کمک

جدول ۱: ویژگی شیرابه مرکز دفن شهر قم

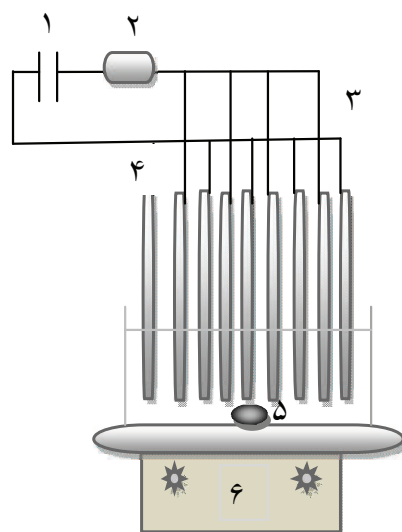
پارامتر	واحد	تعداد نمونه	گستره	میانگین
کل COD	(mg/L)	۲۴	۴۶۰۰۰-۹۸۴۲۰	$69701 \pm 13654$
pH		۲۴	۷/۱- ۷/۸	$7/45 \pm 0/212$
کل جامدات	(mg/L)	۲۴	۳۵۶۸۰-۶۴۳۱۰	$49890 \pm 8191$
جامدات معلق	(mg/L)	۲۴	۱۹۸۲۰- ۴۵۵۳۰	$35216 \pm 7348$
هدایت الکتریکی در دمای $30^{\circ}C$	(ms/cm)	۲۴	۴۷/۹- ۵۲/۰۴	$49/90 \pm 1/73$

کاتد و ۵ آند بود که به صورت یک در میان قرار گرفته و به صورت موازی توسط سیم به همدیگر متصل شدند. در این آزمایش از یک مبدل الکتریکی دیجیتال -MPS, Matrix Ltd., 3005I استفاده گردید که توانایی تبدیل ولتاژ ۲۲۰ ولت را به ولتاژهای ۱۰ تا ۶۰ ولت را داشت. ورودی مبدل الکتریکی برق متناوب شهری و خروجی برق مستقیم بود. منبع تغذیه جریان مستقیم با یک مالتی متر (Rogle) کنترل و در ۱۰ V، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ ثابت نگه داشته می شد. پس از برقراری جریان الکتریکی در دو دانسیته جریان  $52/08 \text{ mA/cm}^2$  و  $69/44$  و ولتاژهای مختلف (۱۰V، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ ولت) آزمایش‌ها انجام شد. نمونه‌های ۲۰ mL از میانه راکتور و در فواصل زمانی ۱۰ دقیقه‌ای و در طی مدت ۶۰ دقیقه برداشت گردید که نتیجه آن ۱۴۴ نمونه (زمان × تعداد دانسیته جریان × تعداد پتانسیل الکتریکی × تکرار واکنش) با میانگین دوبار

دستگاه pH متر (HQ-USA - Hack) تعیین مقدار گردید. هدایت الکتریکی با دستگاه (WTW) IF90 اندازه گیری شد. جامدات کل نمونه‌ها با استفاده از روش استاندارد در دمای ۱۰۳ تا ۱۰۵ درجه سلسیوس تعیین گردید. COD نمونه‌ها به روش اسپکتروفتومتری با دستگاه (HACH) DR4000 اندازه گرفته شد (۱۲). در انتها داده‌ها به کمک نرم افزار Excel مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

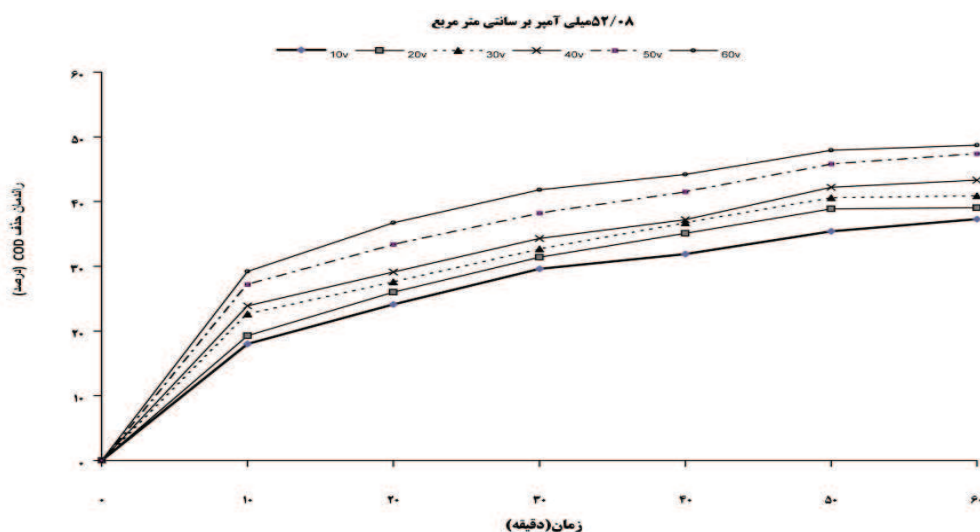
#### ویژگی راکتور

آزمایش‌ها در راکتور ناپیوسته (۱۰ × ۱۰ × ۱۵) سانتی متر با حجم مفید ۰/۷ لیتر از جنس پلکسی گلس انجام شد. ۹ عدد الکتروود صفحه ای از جنس آلومینیوم با اندازه ۸ cm × ۱۰ × ۱۰ و ضخامت ۰/۳ cm تک قطبی (Mono polar) با فاصله ۱/۵ cm در راکتور نصب گردید. کل سطح موثر الکتروودها در تماس با شیرابه  $57/6 \text{ cm}^2$  بود. ترکیب الکتروودها شامل ۴



۱. منبع تغذیه
۲. آمپرسنج
۳. کاتد
۴. آند
۵. میله مغناطیسی
۶. همزن مغناطیسی

شکل ۱: نمای راکتور و مدار الکتریکی

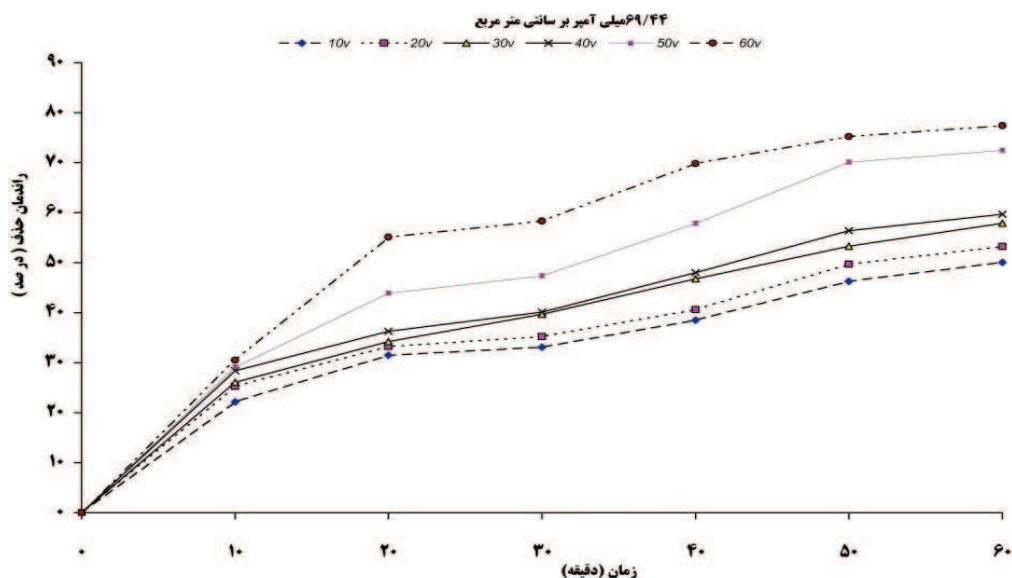


شکل ۲: راندمان تغییرات COD از شیرابه در زمان مختلف  $pH=7/52$  و هدایت الکتریکی  $50/24$  (ms/cm)

### یافته‌ها

نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌ها در شرایط مختلف نشان داد: الف. در دانسیته جریان  $52/08$  mA/cm<sup>2</sup> بالاترین راندمان حذف COD پس از ۶۰ دقیقه تماس، پتانسیل الکتریکی ۶۰V با  $48/7$ ٪ به دست آمد. در شکل ۲ راندمان کاهش COD با دانسیته جریان  $52/08$  mA/cm<sup>2</sup>،  $pH=7/52$  و هدایت الکتریکی  $50/24$  (ms/cm) نشان داده شده است.

تکرار به دست آمد. در طی واکنش از یک همزن مغناطیسی با دور ۲۰۰rpm استفاده شد. پس از پایان هر دوره آزمایش، الکترودها به مدت ۱ دقیقه در اسید کلریدریک (۱۵٪) تمیز و با استفاده از ترازوی آنالیتیکال توزین شدند. نمایی از راکتور در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۳: راندمان تغییرات COD از شیرابه در زمان مختلف  $pH=7/44$  و هدایت الکتریکی  $49/56$  (ms/cm)

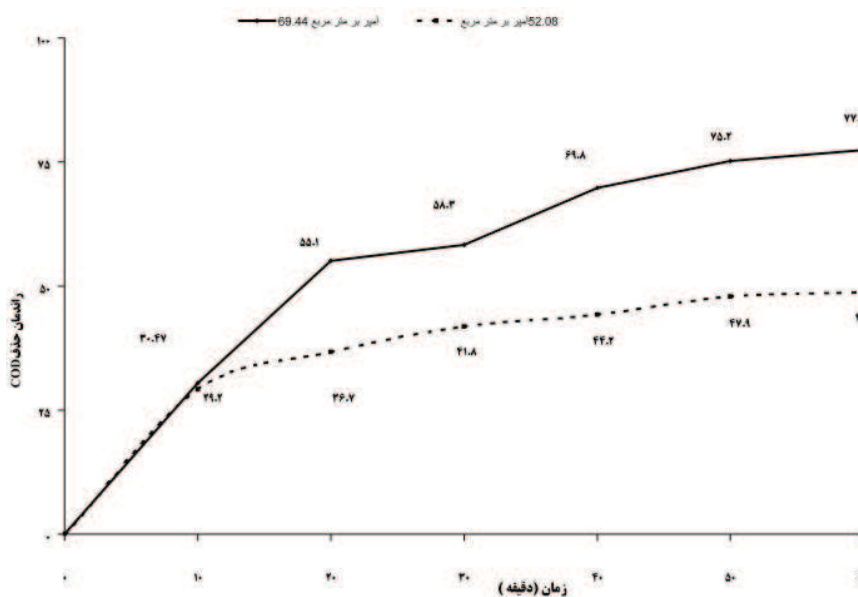
راندمان حذف، سرعت واکنش، مصرف الکترو، مقدار لجن تولیدی، مصرف انرژی و هزینه راهبری افزایش می‌یابد (۷). در این مطالعه دیده شد با افزایش دانسیته جریان راندمان حذف COD به صورت قابل توجه‌ای افزوده می‌شود به طوری که در دقیقه ۶۰، راندمان حذف در دانسیته جریان  $69/44 \text{ mA/cm}^2$ ،  $52/08 \text{ mA/cm}^2$ ،  $25/7$ ٪ بیشتر از زمانی است که دانسیته جریان  $52/08 \text{ mA/cm}^2$  است. در شکل ۴ تاثیر دانسیته جریان را بر راندمان حذف COD نشان می‌دهد. در مطالعه Ilhan (۲۰۰۸) بر روی شیرابه مرکز دفن شهر استانبول با افزایش دانسیته جریان از ۳۴۸ به ۶۳۱ آمپر بر متر مربع راندمان حذف COD از ۱۸/۳٪ به ۲۷/۳٪ در دقیقه ابتدایی و از ۴۵/۵٪ به ۵۹/۱٪ در دقیقه ۳۰ می‌رسد (۴). در مطالعه Chiang و همکاران (۱۹۹۵) بر روی شیرابه مرکز دفن شهری در چین با الکترو آلومینیومی با افزایش دانسیته جریان از ۶/۲۵ به  $25 \text{ A/m}^2$  راندمان حذف COD ۵۰٪ افزایش می‌یابد (۱۶) که نتایج آن با این مطالعه هم‌خوانی دارد و می‌توان رابطه مستقیم افزایش بازده را با افزایش دانسیته جریان الکتریکی با تولید سریع‌تر محصولات هیدرولیز و مکانیسم‌های رخ داده در آند و کاتد توجیه نمود (۱۷ و ۱۸).

ب. در دانسیته جریان  $69/44 \text{ mA/cm}^2$  بالاترین راندمان حذف COD پس از ۶۰ دقیقه تماس، پتانسیل الکتریکی  $60 \text{ V}$  برابر با  $78/4$ ٪ حاصل شد. در شکل ۳ راندمان کاهش COD با دانسیته جریان  $69/44 \text{ mA/cm}^2$ ،  $\text{pH}=7/44$  و هدایت الکتریکی  $49/56 \text{ (ms/cm)}$  نشان داده می‌شود.  
ج. در دانسیته جریان  $69/44 \text{ mA/cm}^2$  بالاترین راندمان حذف TSS پس از ۶۰ دقیقه تماس با پتانسیل الکتریکی  $60 \text{ V}$  برابر با  $72/1$ ٪ بود.

### بحث

#### بررسی تاثیر دانسیته جریان الکتریکی بر راندمان فرایند

از مهم‌ترین عواملی که بر روی فرایند انعقاد الکتریکی تاثیر می‌گذارد شدت جریان الکتریسیته است که ارتباط مستقیم با میزان ماده منعقدکننده در محیط دارد (۱۳). دانسیته جریان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی اعمالی در واحد سطح الکترو است که با واحد میلی‌آمپر در سانتی‌متر مربع ( $\text{mA/cm}^2$ ) بیان می‌شود (۱۴). مطابق قانون فارادی افزایش شدت جریان اعمالی باعث افزایش یون‌های فلزی خورده شده از سطح الکترو آند قربانی می‌شود (۱۵). بنابراین با افزایش دانسیته جریان



شکل ۴: مقایسه در صد کاهش COD در پتانسیل الکتریکی  $60 \text{ V}$  و دو دانسیته جریان  $69/44 \text{ mA/cm}^2$  و  $52/08$

### تغییرات pH در حین واکنش

در طی انجام فرایند انعقاد الکتریکی pH واکنش تغییر می‌کند و دامنه این تغییرات به pH اولیه محلول بستگی دارد (۱۹) و نتیجه آن تعدیل pH توسط فرایند انعقاد الکتریکی است (۹-۷ و ۲۲-۲۰) در این مطالعه در دانسیته جریان  $7/47 \text{ mA/cm}^2$  pH اولیه نمونه بود که پس از ۶۰ دقیقه زمان تماس و پتانسیل الکتریکی ۶۰ ولت به pH  $8/65$  افزایش یافت. در دانسیته جریان  $69/44 \text{ mA/cm}^2$  ، پس از ۶۰ دقیقه زمان تماس و پتانسیل الکتریکی ۶۰ ولت pH واکنش از  $7/44$  به  $8/79$  رسید. در شکل ۵ تغییرات pH در حین واکنش نشان می‌دهد. Ilhan در مطالعه‌ای شیرابه را به کمک فرایند انعقاد الکتریکی تصفیه نمود و نشان داد در دانسیته جریان  $63/1 \text{ mA/cm}^2$  ، pH از  $8/1$  به  $9/5$  می‌رسد و دلیل آن را متصاعد شدن گاز آمونیم از محیط در طی واکنش دانست (۴). همچنین در مطالعه Can و همکاران pH واکنش از  $6/5$  به  $7/8$  در دانسیته جریان  $100 \text{ A/m}^2$  رسید (۳) که با نتایج به دست آمده در این مطالعه هم‌خوانی دارد.

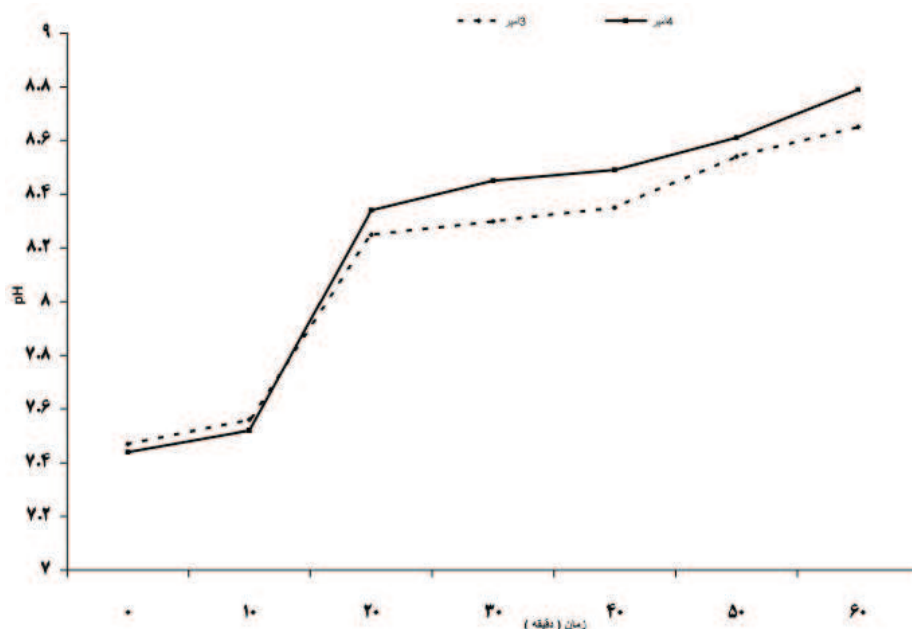
### تأثیر pH در راندمان حذف

مطالعه پژوهش‌های قبلی یک نتیجه واحد را در رابطه با تأثیر pH بر راندمان حذف COD شیرابه در فرایند انعقاد الکتریکی

به دست نیامد. این اختلاف نظر شاید به دلیل وجود ترکیبات پیچیده و همچنین تغییرات pH در طی واکنش دانست (۳). بعضی از تحقیقات تغییرات pH بر راندمان حذف COD شیرابه ناچیز می‌دانستند به طور مثال در مطالعه Cossu یک افزایش مختصری در راندمان حذف COD در  $\text{pH} = 3$  نسبت به  $\text{pH} = 8/3$  دانست (۲۳). در مقابل در مطالعه leu (۱۹۹۹) یک افزایش ۲۰ درصدی در راندمان حذف COD در pH ۴ نسبت به pH ۸ پس از ۴ ساعت زمان واکنش به دست آورد (۲۳). یکی از ویژگی‌های عمده روش انعقاد الکتریکی عدم نیاز به افزودن مواد شیمیایی است، بنابراین در این مطالعه هدف انجام واکنش‌ها در pH طبیعی شیرابه و بدون افزایش ماده شیمیایی بود.

### تأثیر زمان واکنش

نتایج حاصل از تأثیر زمان واکنش بر روی راندمان حذف COD در شکل ۳ و ۴ آمده است. در طی واکنش انعقاد الکتریکی زمان واکنش عبارت است از مدت زمان اعمال پتانسیل الکتریکی مورد نظر در پیل که باعث برقراری شدت جریان در مدار الکتریکی می‌شود. افزایش زمان الکترولیز نیز مطابق قانون فارادی، باعث افزایش مقدار یون‌های فلزی و هیدروکسید تولید شده در آند و کاتد می‌شود، در نتیجه غلظت



شکل ۵: تغییرات pH واکنش در طی زمان واکنش در پتانسیل الکتریکی ۶۰V

حذف می‌گردد ولی با افزایش این دو فاکتور میزان انرژی مصرفی افزایش می‌یابد در پایان می‌توان نتیجه گرفت روش انعقاد الکتریکی می‌تواند روشی کارا، اقتصادی و قابل رقابت با دیگر روش‌های فیزیکی‌شیمیایی جهت تصفیه شیرابه مطرح گردد. جرفی و همکاران (۲۰۰۹) با تلفیق فرایند لجن فعال تخلیه منقطع همراه با پودر کربن فعال بر روی شیرابه مرکز دفن شهر تهران با گستره COD، ۱۱۲۵۰ mg/L تا ۱۱۳۱۰ در زمان ماند ۶ و ۱۲ ساعت به ترتیب راندمان حذف COD برابر با ۹۰ و ۹۶ درصد به دست آورد (۲۴) البته باید دقت داشت، مقدار COD در مطالعه جرفی در مقایسه COD شیرابه شهر قم بسیار کمتر و از طرفی زمان ماند آن (۶ و ۱۲ ساعت) در مقایسه با زمان ماند این واکنش (۱ ساعت) بسیار بیشتر بود.

### تشکر و قدردانی

این تحقیق زیر نظر مرکز تحقیقات بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کرمان و با حمایت مالی معاونت تحقیقات و فن‌آوری این دانشگاه تحت عنوان طرح شماره ۸۹/۵۴ تایید و پشتیبانی شده است. پژوهشگران بدینوسیله از دست‌اندرکارانی که راه را برای انجام این تحقیق هموار نمودند، قدردانی می‌نمایند.

هیدروکسید فلزی افزایش می‌یابد و راندمان حذف بالا می‌رود ولی معمولاً افزایش راندمان تصفیه در اثر افزایش زمان ماند نسبت خطی نداشته و این میزان پس از طی زمانی مشخص دیگر منجر به افزایش قابل توجهی در راندمان تصفیه نمی‌گردد و در نتیجه افزایش زمان از لحاظ اقتصادی دیگر مقرون به صرفه نیست و زمان واکنش به پایان می‌رسد (۵ و ۱۵). همان طور که انتظار می‌رفت، در این مطالعه نیز با گذشت زمان راندمان حذف COD افزایش یافت و بالاترین راندمان حذف در زمان ۶۰ دقیقه، دانسیته جریان ۶۹/۴۴ mA/cm<sup>2</sup> و پتانسیل الکتریکی ۶۰ ولت برابر با ۷۷/۴٪ بود.

### هزینه برق مصرفی

میزان برق مصرفی مورد نیاز به ازای واحد حجم فاضلاب تولیدی با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

(۱)

$$EE \text{ (kWh kg}^{-1} \text{ removed)} = V I t \times 1000 / (C_0 - C_t) U$$

میزان برق مصرفی (کیلووات ساعت در هر کیلوگرم)،  $V$  پتانسیل الکتریکی (ولت)،  $I$  شدت جریان (آمپر)،  $t$  مدت زمان واکنش (ساعت)،  $U$  حجم فاضلاب به لیتر،  $C_0$  غلظت اولیه COD و  $C_t$  غلظت نهایی COD (۲۰ و ۲۱). میزان برق مصرفی با زمان، پتانسیل الکتریکی و شدت جریان رابطه مستقیم داشته و بیشترین میزان برق مصرفی در بالاترین پتانسیل الکتریکی اعمالی (۶۰ ولت)، بالاترین زمان واکنش (۶۰ دقیقه) و بالاترین دانسیته جریان ۶۹/۴۴ mA/cm<sup>2</sup> برابر با ۴۳۱/۲۶ kWh/kg بود.

### نتیجه‌گیری

در این مطالعه کارایی روش انعقاد الکتریکی برای تصفیه شیرابه تولیدی مرکز دفن مواد زاید شهری مورد بررسی قرار گرفت و نشان داده شد بالاترین راندمان حذف در دانسیته جریان ۶۹/۴۴ میلی‌آمپر بر سانتی متر مربع با پتانسیل الکتریکی ۶۰ ولت و یک ساعت زمان واکنش برابر با ۷۷/۴٪ بود که در این شرایط میزان برق مصرفی ۴۳۱/۲۶ کیلووات ساعت بر کیلوگرم بود. مهم‌ترین نتایج به دست آمده شامل موارد زیر است: افزایش دانسیته جریان و زمان ماند باعث افزایش راندمان

## منابع

1. Mohan S, Gandhimathi R. Removal of heavy metal ions from municipal solid waste leachate using coal fly ash as adsorbent. *Hazardous Materials* 2009; 169:351-9.
2. Maleki A, Zazouli MA, Izanloo H, Rezaee R. Composting plant leachate treatment by coagulation – flocculation process. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science*. 2009;5(5):638-43.
3. Deng Y, Englehardt JD. Electrochemical oxidation for landfill leachate treatment. *Water Research*. 2006;40:3683-94.
4. Ilhan F, Kurt U, Apaydin O, Gonullu MT. Treatment of leachate by electrocoagulation using aluminum and iron electrodes. *Journal of Hazardous Materials*. 2008;154:381-89.
5. Jaafarzadeh Haghighi Fard N, Talaie Khozani AR, Talaie khozani MR, Jorfi S. Evaluation of electrochemical treatment in degradation of wastewater contaminated by propylene glycol. *Iranian Journal of Health & Environment*. 2010;2(4):232-39 (in Persian).
6. Daneshvar N, Ashssi H, Kasiri B. Decolorization of dye solution containing acid red 14 by electrocoagulation with comparative investigation of different electrodes connection. *Journal of Hazardous Materials*. 2004;112:55-62.
7. Malakootian M, Mansoorian HJ, Moosazadeh M. Performance evaluation of electrocoagulation process using iron – rod electrodes for removing hardness from drinking water. *Desalination*. 2010;255:67-71.
8. Emamjomeh MM, Sivakumar M. Review of pollutants removed by electrocoagulation and electrocoagulation/flotation process. *Journal of Environmental Management*. 2009;90:1663-79.
9. Malakootian, M, Yousefi N. The efficiency of Electrocoagulation process using aluminum electrodes in removal of hardness from water. *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 2009;6(2):131–36.
10. Malakootian M, Jaafarzadeh Haghighi fard N, Ahmadian M, Loloie M. Influence of Fenton process on treatability of Kerman city solid waste leachate. *Iran. J. Health & Environ* 2010; 3(2):123-34 [Persian].
11. Samadi MT, Saghi MH, Shirzad M, Rahimi S, Hasanvand J. Comparison of different coagulants efficiency for treatment of Hamedan landfills leachate site. *Iranian Journal of Health & Environment*. 2010;3(1):75-82 (in Persian).
12. APHA, AWWA, WEF. Standard method for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Washington DC: American Public Health Association; 1998.
13. Holt PK. A quantitative comparison between chemical dosing and electrocoagulation. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2002;211:233-48.
14. Chen G. Electrochemical technologies in wastewater treatment. *Separation and Purification Technology*. 2004;38(1):11-41.
15. Daneshvar N, Oladegaragoze A, Jafarzadeh N. Decolorization of basic dye solutions by electrocoagulation: Investigation of the effect of operational parameters. *Journal of Hazardous Materials*. 2006;129:116-22.
16. Chiang C, Chang JE, Wen TC. Indirect oxidation effect in electrochemical oxidation treatment of landfill leachate. *Water Research*. 1995;29(2):671-78.
17. Emamjomeh MM, Sivakumar M. An empirical model for defluoridation by batch monopolar electrocoagulation/flotation process. *Journal of Hazardous Materials*. 2006;131(1-3):118-25.
18. Mouedhen G, Feki M. Behavior of aluminum electrodes in electrocoagulation process. *Journal of Hazardous Materials*. 2008;150:118-26.
19. Kobya M, Can T, Bayramoglu M. Treatment of textile wastewater by electrocoagulation using iron and aluminum electrodes. *Journal of Hazardous Materials*. 2003;100:163-78.
20. Vlyssides A, Arapoglou D, Israilides C, Karlis P. Electrochemical oxidation of three obsolete organ phosphorous pesticides stocks. *Journal of Pesticide Science*. 2004;29:105-109.
21. Ahmadi Moghadam M, Amiri H. Investigation of TOC Removal from industrial wastewaters using electrocoagulation process. *Iranian Journal of Health & Environment*. 2010;3(2):185-94 (in Persian).
22. Kobya M, Senturk E, Bayramoglu M. Treatment of poultry slaughterhouse wastewaters by electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*. 2006;133:172-76.
23. Cossu R, Polcaro AM, Lavagnolo MC, Mascia M, Palmas S, Renoldi F. Electrochemical treatment of



landfill leachate: oxidation at Ti/PbO<sub>2</sub> and Ti/SnO<sub>2</sub> anodes. Environmental Science and Technology. 1998;32(22):3570-73.

24. Jorfi S, Jaafarzadeh N, Rezaei Kalantary R, Hashempour Y. Leachate treatment by batch decant activated sludge process and powdered activated carbon addition. Iranian Journal of Health & Environment. 2009;(2)1:16-27 (in Persian).

## **Electrocoagulation Efficiency in Removal of COD from the Qom Landfill Leachate**

**\*Mohammad Malakootian<sup>1</sup>, Hassan Izanloo<sup>2</sup>, Maryam Messerghany<sup>1</sup>, Mohammad Mahdi Emamjomeh<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Department of Environmental Health, Faculty of health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

<sup>2</sup>Department of Environmental health, Faculty of health and Center for Environmental Research, Qom university of medical sciences, Qom, Iran

<sup>3</sup>Department of Environmental Health, Faculty of Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

Received; 15 August 2011 Accepted; 13 November 2011

### **ABSTRACT**

**Background and Objectives:** leachate from municipal solid waste landfill is a strong sewage having hazardous toxic substances. It should be treated by choosing a simple, economical, and eco-friendly method. The aim of this study is reduction of COD from the Qom City landfill leachate using electrocoagulation process.

**Materials and Methods:** The experimental study was carried out at bench scale using a batch reactor during 2010. We used a Plexiglas reactor having 0.7 liter capacity, containing nine plate aluminum electrodes connected to a DC power supply (10-60V, 1-5A). Samples were collected in the middle of cell at regular (every 10 minutes) time intervals. The concentration of COD was determined using a COD analyzer. The effects of different parameters including current density (52.08, 69.44 mA/cm<sup>2</sup>), electrolyte time (10, 20,30,40,50 and 60 min), and voltage range (10, 20, 30, 40, 50 and 60 volt) were investigated.

**Results:** For a voltage of 60 V and electrolysis time 60 min, the COD removal efficiency was increased from 48.7% for 52.08 mA/cm<sup>2</sup> to 77.4% for 69.44 mA/cm<sup>2</sup>. The highest TSS removal efficiency was obtained at the largest current input when the voltage and electrolysis time were kept at 60V and 60 min respectively.

**Conclusion:** The results showed that the highest COD removal efficiency (77.4%) was obtained when the current density was 69.44 Ma/cm<sup>2</sup> and the voltage and electrolysis time were kept at 60V and 60 min respectively. Power consumption for this removal level was measured to be 431.26 kWh per kg COD removal. The results obtained revealed that the electrocoagulation technology is an effective treatment process for landfill leachate.

**Keywords:** Electrochemical, COD and TSS, Electrocoagulation, Treatment leachate, Solid waste

---

**\*Corresponding Author:** *m.malakootian@yahoo.com*

**Tel:** +98 341 3205074, **Fax:** +98 341 3205150