

## مقایسه کارایی منعقد کننده های مختلف برای تصفیه شیرابه محل دفن زباله های شهر همدان

محمد تقی صمدی<sup>۱</sup>، محمد حسین ساقی<sup>۲</sup>، مهدی شیرزاد سبینی<sup>۳</sup>، ژاله حسونند<sup>۴</sup>، سمیه رحیمی<sup>۴</sup>

نویسنده مسئول: سبزوار، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت محیط [hossien.saghi@gmail.com](mailto:hossien.saghi@gmail.com)

دریافت: ۸۸/۰۶/۳۱ پذیرش: ۸۸/۰۹/۱۶

### چکیده

زمینه و هدف: تصفیه شیرابه حاصل از محل های دفن مواد زاید شهری، به عنوان یکی از مهم ترین مسایل زیست محیطی، به ندرت در ایران مورد مطالعه قرار گرفته است و از طرفی آلودگی شیرابه می تواند خطرات زیست محیطی جبران ناپذیری به محیط زیست وارد نماید. لذا تصفیه شیرابه با استفاده از روش ها و تکنیک های ارزان و در دسترس امری اجتناب ناپذیر به نظر می رسد. هدف از این مطالعه مقایسه کارایی حذف COD، TSS ناشی از شیرابه محل دفن همدان با استفاده از منعقد کننده های: آلوم، پلی آلومینیوم کلراید و سولفات فرو می باشد.

روش بررسی: در این مطالعه که از نوع مداخله ای می باشد حذف اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) و کل جامدات معلق (TSS) از شیرابه محل دفن مواد زاید همدان با استفاده از منعقد کننده های آلوم، پلی آلومینیوم کلراید و سولفات فرو مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق غلظت های بهینه و میزان pH بهینه برای هریک از منعقد کننده مورد محاسبه قرار گرفته است. تحقیق با استفاده از روش آزمایش جار مورد بررسی قرار گرفته و میزان COD، TSS نمونه با استفاده از روش استاندارد اندازه گیری شده است.

یافته ها: نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که کارایی حذف COD با استفاده از پلی آلومینیوم کلراید در  $pH=12$  و در غلظت ۲۵۰۰ میلی گرم برلیتر برابر با ۶۲/۶۶٪، برای آلوم  $pH=12$  و در غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم برلیتر برابر با ۶۰٪ و برای سولفات فرو  $pH=12$  و در غلظت ۱۵۰۰ میلی گرم برلیتر برابر با ۷۰/۶۲٪ بوده است. هم چنین کارایی حذف TSS برای آلوم در  $pH=2$  و غلظت ۱۵۰۰ میلی گرم برلیتر برابر با ۵۸/۳۷٪، برای پلی آلومینیوم کلراید در  $pH=12$  و در غلظت ۲۵۰۰ میلی گرم برلیتر برابر با ۳۹/۱۴٪ و برای سولفات فرو  $pH=7$  و غلظت ۲۵۰۰ میلی گرم برابر ۳۵/۵۸٪ می باشد.

نتیجه گیری: در حذف COD موثرترین منعقد کننده سولفات فرو بوده که در  $pH$  بازی نتیجه بهتری را نشان می دهد. با نتایج به دست آمده می توان روش انعقاد و کوآگولاسیون را روشی مناسب و ارزان قیمت جهت تصفیه شیرابه شهر همدان و آماده سازی آن برای تصفیه بهتر و مناسب تر آن با روش های دیگر معرفی نمود.

واژگان کلیدی: شیرابه محل دفن پسماند، آلوم، پلی آلومینیوم کلراید، سولفات فرو، همدان

- ۱- دکترای بهداشت محیط، استادیار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان
- ۲- کارشناس ارشد بهداشت محیط، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار
- ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی همدان
- ۴- دانشجوی کارشناسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی همدان

## مقدمه

دفن پسماندها در محل های دفن شهری مرسوم ترین روش دفع نهایی در اغلب کشورهای مختلف دنیا می باشد. در محل دفن پسماندها در لایه نسبتا نازکی پخش شده و پس از کوبیده شدن و کاستن حجم به کم ترین مقدار ممکن، در پایان هر روز با لایه ای از خاک پوشیده می شوند. پس از دفن پسماند، تغییرات و واکنش های فیزیکی - شیمیایی و بیولوژیکی مختلفی بر روی آن صورت می گیرد. در نتیجه این فعل و انفعالات و تجزیه قسمت آلی پسماند و نیز به دلیل نفوذ رطوبت ناشی از بارندگی به لایه ها، مایعی بسیار آلوده به نام شیرابه تولید می شود (۱ و ۲).

به طور کلی خصوصیات شیرابه به عوامل مختلفی از جمله: ترکیبات پسماند، میزان تثبیت پسماند، هیدرولوژی محل دفن، درصد رطوبت، میزان کوبش در هنگام دفن، تغییرات آب و هوایی و سن محل دفن بستگی دارد (۳). در طراحی و احداث سیستم های تصفیه شیرابه حاصل از محل های دفن مواد زاید جامد شهری، که از نظر زیست محیطی نوعی ضرورت به شمار می رود، آنچه اغلب مورد توجه قرار نمی گیرد، تفاوت های اساسی کیفیت و کمیت شیرابه در کشورهاست. معمولا روش های تصفیه شیرابه در کشورهای در حال توسعه بر پایه الگوهای ارایه شده در جوامع غربی انتخاب می شوند و این در حالی است که با توجه به تفاوت های اقلیمی، زمین در دسترس و به خصوص کیفیت شیرابه و امکانات فن آوری و مالی می توان نگرشی متفاوت را در انتخاب سیستم مناسب تصفیه شیرابه به کار گرفت. بر همین اساس مفهوم روش تصفیه شیرابه در محل از طریق اعمال تغییراتی در داخل محل دفن مواد زاید جامد شهری به عنوان روشی مقرون به صرفه و کارا برای کاهش یا تصفیه بار آلی شیرابه شکل گرفته است (۴ و ۵). شیرابه محل دفن بسیار آلوده بوده و می تواند خطراتی جبران ناپذیری به محیط زیست به خصوص آب های زیرزمینی وارد نموده و آب های منطقه را تحت تاثیر قرار دهد. از طرفی شیرابه غنی از مواد آلی و عناصر مورد نیاز جهت رشد گیاهان می باشد.

لذا تصفیه شیرابه و آماده سازی بهینه آن جهت تخلیه به محیط زیست یکی از عناصر بسیار مهم در مدیریت پسماندهای شهری می باشد (۳ و ۶). تاکنون روش های متعددی جهت تصفیه شیرابه در محل دفن در کشورهای مختلف دنیا به کار گرفته شده است که می توان به روش های فیزیکی - شیمیایی، تبخیر پیشرفته، فن آوری غشایی و راکتورهای بیولوژیکی اشاره نمود. از جمله روش های مورد استفاده جهت تصفیه مقدماتی شیرابه استفاده از منعقدکننده های رایج می باشد که قابل دسترس و ارزان می باشند (۶-۴). امروزه استفاده از منعقد کننده ها در تصفیه آب و فاضلاب بسیار رایج شده و استفاده از این مواد رو به افزایش می باشد که دلیل این امر می تواند کارایی بالای این مواد در حذف مواد معلق و کدورت از محلول های آبی بوده و آب یا فاضلاب را جهت تصفیه در مراحل بعدی به خوبی پردازش نماید از طرفی این مواد بسیار ارزان بوده و به راحتی قابل دسترس می باشد (۱، ۷ و ۸). حمید عبد العزیز و همکاران در تحقیقی که در سال ۲۰۰۷ بر روی حذف COD و TSS با استفاده از منعقد کننده های آلوم، کلرور فریک و سولفات فرو انجام دادند نشان داد که کارایی حذف COD با استفاده از آلوم در pH قلیایی در غلظت ۰-۱۵۰۰ نسبت به pH اسیدی و خنثی بیش تر بوده است و لسی کارایی حذف در غلظت های بالاتر در pH خنثی بهتر بوده است (۹). در تحقیقی که ززولی و همکاران در سال ۱۳۸۷ بر روی حذف COD با استفاده از آهک، آلوم و کلرید فریک انجام دادند نتایج نشان داد که کارایی حذف COD با استفاده از آلوم در pH خنثی بهتر از اسیدی بوده است که مشابه نتایج تحقیق انجام شده می باشد (۱۰). Monje-Ramirez و همکاران در تحقیقی که در سال ۲۰۰۴ بر روی تصفیه شیرابه با استفاده از کوآگولاسیون انجام دادند. نتایج این مطالعه نشان می دهد که pH مناسب برای PAC در حذف COD در حالت اسیدی بهتر از خنثی می باشد (۳). تصفیه شیرابه محل دفن با استفاده از منعقد کننده های رایج جهت آماده سازی شیرابه جهت تصفیه در مراحل بعدی تکنیکی کارا و ارزان می باشد. در این تحقیق سعی شده است

خوایش گردید (۱۱).

### آزمایش COD

۱۰ سی سی از نمونه رقیق شده را در ارلن مخصوص COD ریخته و ۰/۲ گرم سولفات جیوه، ۵ سی سی دی کرومات پتاسیم ۰/۲۵ نرمال ۱۵ سی سی اسید سولفوریک مخصوص COD به آن اضافه نموده سپس ارلن ها را در دستگاه سوکسله در دمای ۱۵۰ درجه به مدت ۲ ساعت قرار داده، هنگام برداشتن نمونه ها از دستگاه سوکسله ۴۰ سی سی آب مقطر از قسمت بالای دستگاه به آن اضافه کرده سپس ۳ قطره معرف فرویون به آن اضافه کرده و توسط فرو آمونیوم سولفات ۰/۲۵ نرمال نمونه ها تیترو می شوند.

### آزمایش های ستون ناپیوسته

برای تعیین غلظت و pH بهینه برای هر یک از منعقد کننده ها آزمایش جار مورد استفاده قرار گرفت. نمونه ها در ظرف های مخصوص آزمایش جار قرار گرفته و میزان مشخصی از منعقد کننده ها اضافه گردید. میزان منعقد کننده برای آلوم، پلی آلومینیوم کلراید و سولفات فرو (۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰ و ۲۵۰۰ میلی گرم در لیتر) در نظر گرفته شد. تغییرات pH برای هر سه ماده منعقد کننده ۲، ۷ و ۱۲ در نظر گرفته شد. آزمایش با استفاده از دستگاه جارتست با دور تند (۱۵۰ دور در دقیقه و زمان ۳ ثانیه)، دور کند (۷۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه) و زمان ته نشینی ۱ ساعت ادامه یافت و بعد از اضافه نمودن میزان مشخصی از منعقد کننده و کنترل pH میزان غلظت COD، TSS (به روش سوکسله و مطابق با روش استاندارد متد) محاسبه گردید. کارایی هر یک از منعقد کننده ها در حذف و کاهش COD، TSS شیرابه از فرمول زیر محاسبه گردید.

$$RE (\%) = \frac{(C_0 - C_1)}{C_0} \times 100$$

RE %: کارایی هر یک از منعقد کننده ها

C<sub>0</sub>: میزان غلظت (TSS, COD) قبل از تصفیه

C<sub>1</sub>: میزان غلظت (TSS, COD) بعد از تصفیه

تا کارایی حذف TSS، COD ناشی از شیرابه محل دفن همدان با استفاده از منعقد کننده های رایج: آلوم، پلی آلومینیوم کلراید و سولفات فرو مورد بررسی قرار گیرد و غلظت بهینه و pH بهینه برای هر یک از منعقد کننده های مورد مطالعه تعیین گردد.

## مواد و روش ها

### خصوصیات شیرابه

شیرابه انجام آزمایش از محل دفن همدان در ۲ نوبت تهیه گردید. نمونه گیری در شرایط استاندارد و با ظروف مخصوص بوده سپس نمونه ها به آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان انتقال یافت. جدول ۱ خصوصیات کلی شیرابه محل دفن مواد زاید همدان را نشان می دهد.

جدول ۱: خصوصیات کلی شیرابه خام محل دفن مواد زاید همدان

خصوصیات	مقدار	واحد
pH	۶/۵۹	
میزان شوری	٪ ۱۰/۱۶	
TDS	۹/۵۴	گرم در لیتر
COD	۷۵۰۰۰	میلی گرم بر لیتر
BOD	۲۵۰۰	میلی گرم بر لیتر
TSS	۳۱۶۲۵	میلی گرم بر لیتر
دما	۲۱/۴	درجه سانتی گراد
EC	۱۶/۸۹	میلی زیمنس بر سانتی متر

### روش انجام آزمایش

میزان هدایت الکتریکی و کل جامدات معلق نمونه ها با استفاده از دستگاه EC و TDS متر پرتابل مدل sension5 ساخت شرکت HACH، pH نمونه ها با استفاده از دستگاه pH متر پرتابل مدل sension1 ساخت شرکت HACH و در محل اندازه گیری گردیدند و جامدات کل نمونه ها با استفاده از روش استاندارد و در دمای ۱۰۳ تا ۱۰۵ درجه سلیسیوس تعیین گردید. قبل از انجام آزمایش COD شیرابه خام با استفاده از روش سوکسله و مطابق با روش استاندارد متد اندازه گیری و

در نهایت میزان بهینه منعقد کننده و pH برای هر یک از منعقد کننده ها مشخص گردید.

### یافته ها

#### کارایی آلوم در حذف COD و TSS

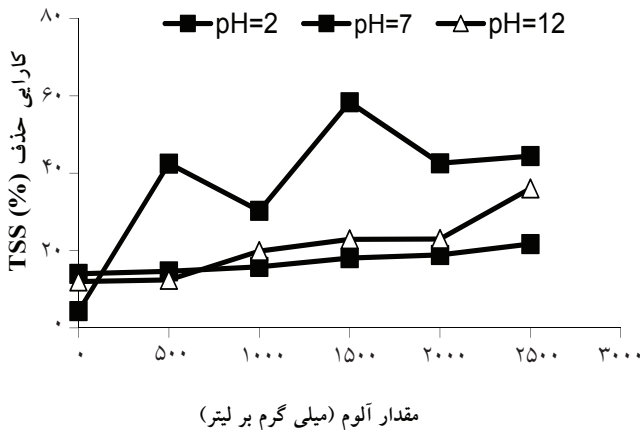
الف. آلوم در pH برابر ۱۲ نسبت به pH=۷ و pH=۲ راندمان بهتری در حذف COD داشته و بیشترین راندمان را در pH برابر ۱۲ و در غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر دارا می باشد (کارایی حذف ۶۰٪ می باشد) (شکل ۱).  
ب. کارایی حذف TSS با استفاده از آلوم در pH برابر ۲ و غلظت ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر بیشترین مقدار بوده است (شکل ۲).

کارایی پلی آلومینیوم کلراید در حذف COD و TSS الف. بیشترین راندمان PAC برای حذف COD در pH برابر ۱۲ و در غلظت ۲۵۰۰ میلی گرم بر لیتر برابر با ۶۶٪/۶۲ می باشد (شکل ۳).

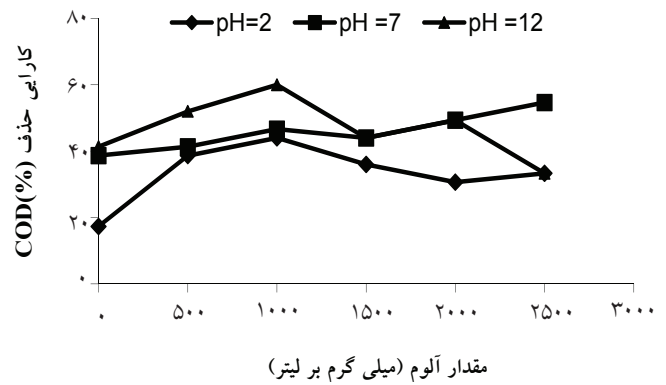
ب. بیشترین راندمان PAC برای حذف TSS در pH برابر ۱۲ و غلظت ۲۵۰۰ میلی گرم بر لیتر می باشد (شکل ۴).

#### کارایی سولفات فرو در حذف COD و TSS

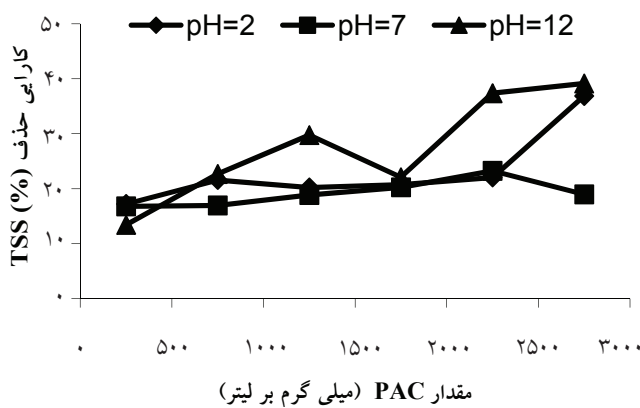
الف. بیشترین کارایی سولفات فرو در حذف COD در pH=۱۲ و غلظت ۱۵۰۰ میلی گرم می باشد (شکل ۵).  
ب. بیشترین کارایی سولفات فرو در حذف TSS در pH=۷ و غلظت ۲۵۰۰ میلی گرم می باشد (شکل ۶).



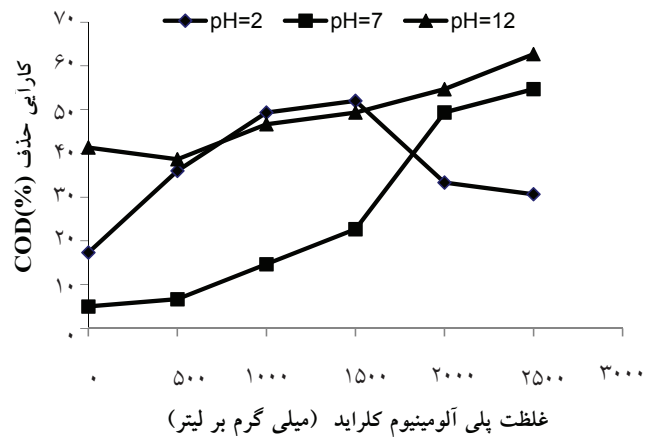
شکل ۲: کارایی آلوم در حذف TSS



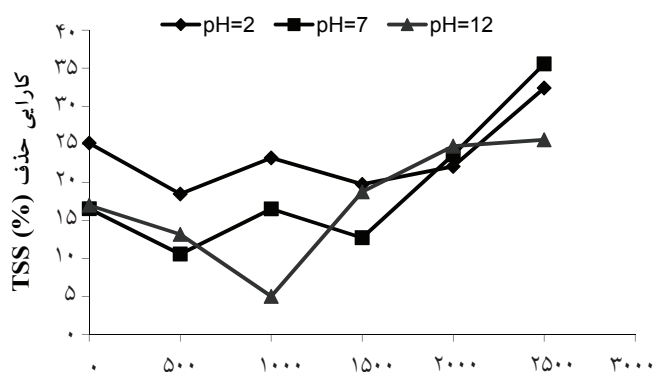
شکل ۱: کارایی آلوم در حذف COD



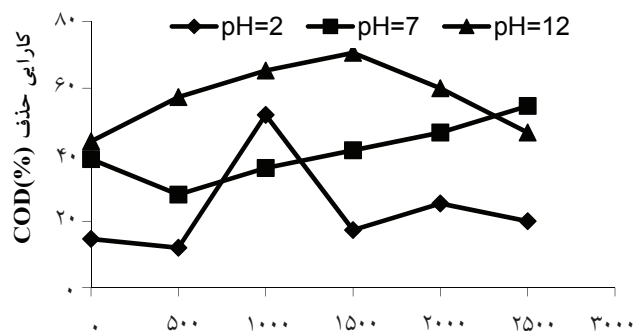
شکل ۴: کارایی پلی آلومینیوم کلراید در حذف TSS



شکل ۳: کارایی پلی آلومینیوم کلراید در حذف COD



شکل ۶: کارایی سولفات فرو در حذف TSS



شکل ۵: کارایی سولفات فرو در حذف COD

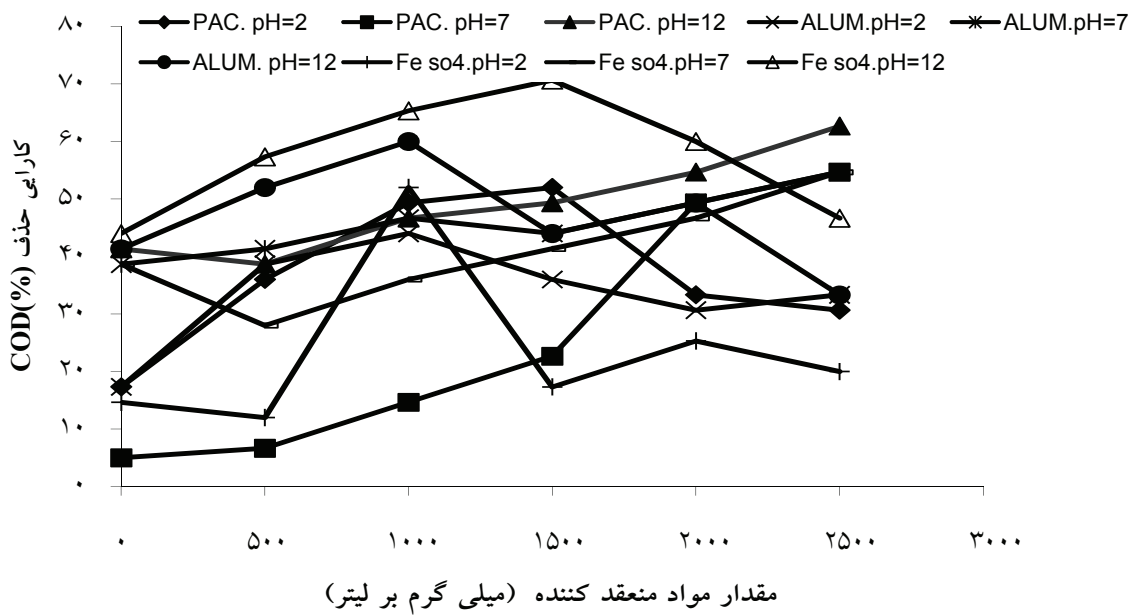
غلظت های بالاتر در pH خنثی بهتری باشد. در بین منعقدکننده های مورد مطالعه کارایی سولفات فرو در کاهش COD از دو منعقدکننده دیگر بهتر بوده است. که تا غلظت ۱۵۰۰ میلی گرم بر لیتر روند افزایشی بوده که علت آن تشکیل فلوک های مناسب و مستحکم می باشد که در غلظت های بالاتر روند کاهشی داشته که علت آن شکننده بودن فلوک های تشکیل شده می باشد و هم چنین در بین منعقد کننده های مورد مطالعه کارایی پلی آلومینیوم کلراید در کاهش TSS از دو منعقدکننده دیگر بهتر بوده است در این حالت فلوک های ایجاد شده از نوع خوب بوده و امکان ته نشینی مناسب را دارا می باشند. سولفات فرو در دزهای بالاتر به دلیل تشکیل فلوک های خیلی ریز و پایداری مجدد محلول در حذف COD روندی نزولی دارد. حمید عبد العزیز و همکاران تحقیقی در سال ۲۰۰۷ انجام دادند که نتایج این مطالعه نشان داد که کارایی فرسولفات در حذف TSS با افزایش pH از محیط اسیدی به خنثی در صد حذف TSS کاهش یافته و برای حذف COD در pH=۱۲ کارایی حذف بهتر از pH های مورد بررسی بوده است. در غلظت های بین ۱۰۰ تا ۱۵۰۰ کارایی حذف فرسولفات در حذف COD در pH خنثی بهتر از اسیدی بوده است. کارایی حذف COD با استفاده از آلوم در pH اسیدی در غلظت ۰-۱۵۰۰ نسبت به pH اسیدی و خنثی بیش تر بوده

### مقایسه کارایی آلوم، پلی آلومینیوم کلراید و سولفات فرو در حذف COD و TSS

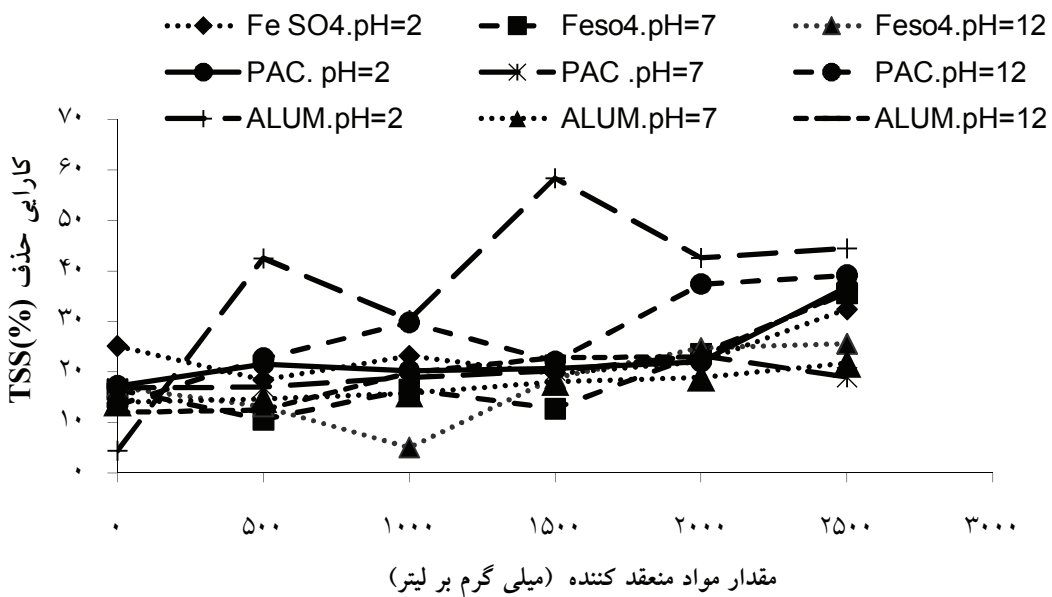
الف. در بین منعقد کننده های مورد مطالعه کارایی سولفات فرو در کاهش COD از دو منعقد کننده دیگر بهتر بوده است. غلظت بهینه برای سولفات فرو در حذف COD ۱۵۰۰ میلی گرم بر لیتر و مناسب ترین pH، pH برابر ۱۲ می باشد (شکل ۷).  
ب. در بین منعقدکننده های مورد مطالعه کارایی پلی آلومینیوم کلراید در کاهش TSS از دو منعقدکننده دیگر بهتر بوده است. غلظت بهینه برای پلی آلومینیوم کلراید در حذف TSS ۱۵۰۰ میلی گرم بر لیتر و مناسب ترین pH، pH برابر ۲ می باشد (شکل ۸).

### بحث و نتیجه گیری

با مقایسه شکل ۷ مشاهده می گردد که هر سه منعقدکننده در pH خنثی کارایی کم تری نسبت به pH اسیدی و قلیایی در حذف COD دارند که علت آن را می توان تشکیل فلوک های نامناسب و شکننده در pH خنثی دانست. آلوم در pH برابر ۱۲ نسبت به pH=۲ و pH=۷ راندمان بهتری در حذف COD داشته در pH برابر ۱۲ نسبت به pH=۲ ۱۶ درصد و نسبت به pH=۷، ۳۴/۱۳ درصد کارایی بهتری را نشان می دهد هم چنین کارایی حذف COD با استفاده از آلوم در pH قلیایی در غلظت ۰-۱۵۰۰ میلی گرم بر لیتر نسبت به pH اسیدی و خنثی بیش تر می باشد ولی کارایی حذف در



شکل ۷: کارایی منعقد کننده های مورد مطالعه در حذف COD



شکل ۸: کارایی منعقد کننده های مورد مطالعه در حذف TSS

pH مناسب برای PAC در حذف COD در حالت اسیدی بهتر از خنثی می باشد هم چنین نتایج این تحقیق نشان داد که کارایی ترکیبات آهن دار در حذف COD از PAC بهتر بوده است (۳).  
در تحقیقی که زوزولسی و همکاران در سال ۱۳۸۷ بر روی

است ولی کارایی حذف در غلظت های بالاتر در pH خنثی بهتر بوده است (۹) که نتایج مطالعه مذکور با نتایج محققین در این تحقیق مشابه می باشد. Monje-Ramirez تحقیقی در سال ۲۰۰۴ بر روی تصفیه شیرابه با استفاده از کواگولاسیون انجام داد. نتایج آن نشان می دهد که

دلیل ایجاد فلوک های ریز و محلول در غلظت های پایین تر و ایجاد فلوک های ریز و پایداری مجدد محلول غلظت بهینه ۱۰۰۰ در نظر گرفته می شود. با نتایج به دست آمده می توان روش انعقاد و کواگولاسیون را روشی مناسب و ارزان قیمت جهت تصفیه شیرابه شهر همدان و آماده سازی آن برای تصفیه بهتر و مناسب تر آن با روش های دیگر معرفی نمود.

حذف COD با استفاده از آهک، آلوم و کلرید فریک انجام دادند نتایج نشان داد که کارایی حذف COD با استفاده از آلوم در pH خنثی بهتر از اسیدی بوده است (۱۰) که علت آن تشکیل شدن فلوک های آلوم در pH خنثی به صورت حداقل محلول است. فلوک های ایجاد شده از نوع خوب بوده و فلوک های آلوم در این دامنه pH بهتر رسوب می کنند. به

#### منابع

1. Amokrane A, Comel C. Landfill leachates pre-treatment by coagulation flocculation. *Water Res.* 1997;31: 2775-82.
2. Chian ESK, DeWalle FB. Sanitary landfill leachates and their treatment. *J Environ Eng Div ASCE.* 1976;102:411-31.
3. Monje Ramirez I, Orta de Velasquez MT. Removal and transformation of recalcitrant organic matter from stabilized saline landfill leachates by coagulation-ozonation coupling processes. *Water Res.* 2004;38:2359-67.
4. Forgie DJL. Selection of the most appropriate leachate treatment methods. Part 2. A review of recirculation, irrigation and potential physical-chemical treatment methods. *Water Poll Res J Canada.* 1988;20:329-40.
5. Rivas FJ, Beltrán F, Carvalho F, Acedo B, Gimeno O. Stabilized leachates: sequential coagulation-flocculation + chemical oxidation process. *J Hazardous Mater.* 2008;150:468-93.
6. Diamadopoulos E. Characterization and treatment of recirculation-stabilized leachate. *Water Res.* 1994;28:2439-45.
7. Renoua S, Givaudan JG, Poulain S, Dirassouyan F, Moulin P. Landfill leachate treatment: Review and opportunity. *J Hazardous Mater.* 2008;116:95-102.
8. Wang ZP, Zhang Z, Lin YJ, Deng NS, Tao T, Zhuo K. Landfill leachate treatment by a coagulation-photooxidation process. *J Hazardous Mater.* 2002;95:153-59.
9. Abdul Aziz H, Alias S, Assari F, Nordin Adlan M. The use of alum, ferric chloride and ferrous sulphate as coagulants in removing suspended solids, colour and cod from semi-aerobic landfill leachate at controlled pH. *Waste Manage Res.* 2007;25:556-65.
10. Zazoli MA, Parvaresh A, Movahedian H. Survey of heavy metals in Isfahan landfill leachate and methods of decrease its. *Proceeding of the 3rd National Congress on Environmental Health; 2000; Kerman university of Medical Sciences, Kerman (in Persian).*
11. APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.* 20th ed. Washington DC: APHA; 1998.

## **Comparison of Different Coagulants Efficiency for Treatment of Hamedan Landfills Leachate Site**

Samadi M.T.<sup>1</sup>, \*Saghi M. H.<sup>2</sup>, Shirzad M.<sup>1</sup>, Rahimi S.<sup>1</sup>, Hasanvand J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences

<sup>2</sup>Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran

Received 22 September 2009; Accepted 7 December 2009

### **ABSTRACT**

**Backgrounds and Objectives:** In Iran, it is indicated that the municipal landfill leachate has been one of the major problems for the environment. In the operations, leachate treatment is a very difficult and expensive process. Although, young leachate can be treated easily by biological treatment, COD removal efficiency is usually low due to high ammonium ion content and the presence of toxic compounds such as metal ions. Treatment of leachate is necessary. The aim of this study is the reduction of Chemical Oxygen Demand (COD) and Total Suspended Solids (TSS) from Hamedan city sanitary landfill leachate by three coagulants: alum, PAC and ferrous sulfate.

**Materials and Methods:** This experimental study was conducted to investigate the effect of treatment of landfill leachate by a coagulation–flocculation process. The effects of different amounts of coagulant and different pH values on the coagulation processes were compared.

**Results:** The results of this survey show that the high efficiency for COD removal by PAC in pH=12 and 2500(mg/l) concentration of PAC was 62.66%, by alum in pH=12 and 1000 (mg/l) concentration of alum was 60%, by ferrous sulfate in pH=2 and 1000 (mg/l) concentration of ferrous sulfate was 70.62%. Also, the results show the high efficiency for TSS removal by PAC in pH=12 and 2500(mg/l) concentration of PAC was 58.37%, with alum in pH=2 and 1500 (mg/l) concentration of alum was 39.14%, by ferrous sulfate in pH=7 and 2500(mg/l) concentration of ferrous sulfate was 35.58%.

**Conclusion:** The best coagulant for COD removal is ferrous sulfate. The physico-chemical process may be used as a useful pretreatment step, especially for fresh leachates, prior to post-treatment (polishing) step for partially stabilized leachates.

**Key words:** landfill leachate site, Alum/PAC, Ferrous Sulfate, Hamedan

---

\*Corresponding Author: [hossien.saghi@gmail.com](mailto:hossien.saghi@gmail.com)

Tel: +98 915 3208083 Fax: