

تأثیر استفاده از مواد طبیعی در بهبود آبیگری از لجن فاضلاب در بسترهای لجن خشک کن

المیرا تاروردیزاده^{۱*}، علی ترابیان^۲، ناصر مهردادادی^۳، علی اکبر عظیمی^۴

۱- کارشناس ارشد مهندسی عمران محیط زیست دانشگاه تهران

atorabi@ut.ac.ir

۲- استاد دانشکده تحصیلات تکمیلی محیط زیست دانشگاه تهران

mehrdadi@ut.ac.ir

۳- استاد دانشکده تحصیلات تکمیلی محیط زیست دانشگاه تهران

aaazimi@chamran.ut.ac.ir

۴- استادیار بازنشسته دانشکده تحصیلات تکمیلی محیط زیست دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۹ تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۶

چکیده

آبیگری با بسترهای لجن خشک کن به علت نیاز به تکنولوژی بسیار ساده نسبت به روشهای مکانیکی از ارجحیت خاصی برخوردار است. با توجه به این که استفاده از این روش محدودیتهایی دارد بنابراین سعی شده با آزمایشها و مطالعات، تعدادی از این محدودیتها از میان برداشته شوند. در این پژوهش، تأثیر استفاده از مواد طبیعی روی بستر و افزایش ضریب نفوذپذیری لایه زهکش در بهینه سازی آبیگری طبیعی از لجن فاضلاب شهری مورد مطالعه قرار گرفته است. بدین منظور لایه ای از مواد طبیعی نظیر گونی کفی و پوشال کولر آبی که نسبت C/N بالایی دارند و در تولید کمپوست از لجن فاضلاب مفید هستند بر روی بستر استفاده شده است. تأثیر استفاده از مواد طبیعی در دو بخش مورد مطالعه قرار گرفته است؛ ابتدا توانایی جایگزینی مواد طبیعی به جای لایه ماسه ای با تغییر ضخامت لایه زهکش بررسی شده است و سپس بدون تغییر ضخامت لایه زهکش و اثر صرف استفاده از این مواد مطالعه شده است و زمان ماند کیک لجن بر روی بستر و کیفیت پساب حاصل از فرایند خشک شدن با بستر شاهد مقایسه شده است. یافته های این تحقیق نشان می دهد که زمان ماند لجن بر روی بستر لجن خشک کن بسته به شرایط آب و هوایی و میزان رطوبت، از ۲ تا ۵ روز کاهش می یابد، با کاهش زمان ماند لجن روی بستر می توان عیب عمده استفاده از این بسترها را که نیاز به فضای زیاد برای احداث آنها است تا حد زیادی مرتفع کرد. استفاده از مواد طبیعی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی پساب خروجی از بستر را از قبیل کدورت، pH، COD و TDS بهبود می بخشد در حالی که TSS و VSS آن افزایش می یابد.

کلید واژه

آبیگری، بستر لجن خشک کن، ضریب نفوذپذیری، مواد طبیعی

سر آغاز

سوزاندن قرار گیرد. از سوی دیگر به منظور کاهش هزینه های گزاف سرمایه گذاری و راهبری تأسیسات تصفیه و تثبیت لجن لازم است حجم لجن تولیدی در تصفیه خانه های فاضلاب تا حد ممکن کاهش یابد. بدین منظور معمولاً از روش تغلیظ و آبیگری لجن استفاده می شود (Batson, Games and Wilson, 1989).

با توجه به این که تقریباً کلیه روشهای مکانیکی آبیگری نیاز به فناوری های خاص خارجی دارند، بنابراین تمام تلاش ما بر استفاده بهینه از بسترهای خشک کننده متمرکز شده است. اشکال عمده موجود در این روش عدم امکان پخش لجن با ضخامت های زیاد است که باعث می شود در صورت وجود حجم زیاد لجن، سطح زیادی برای این واحدها مورد نیاز باشد و اشکالات دیگر این روش عبارتند از ایجاد بوی زننده در صورت بی هوای شدن سیستم، تجمع

لجن، پسماند حاصل از انواع روشهای تصفیه فاضلاب است که شامل مواد جامد و کلوئیدی جدا شده از فاضلاب در خلال عبور از واحدهای فرایندی و بیولوژیکی است. مدیریت صحیح و اقتصادی لجن یکی از مهمترین مباحث مطرح در جوامع صنعتی است که به دلیل تولید روزافزون آن در شبکه های گسترش یافته جمع آوری و تصفیه فاضلاب نیازمند توجه ویژه، ایجاد تأسیسات جدید و به روز رسانی امکانات موجود تصفیه لجن و توجه ویژه به مدیریت آن است (Lee, 2003). پیش از دفع ایمن و بی خطر لجن تولید شده، رطوبت آن باید به اندازه کافی حذف و سپس تحت عملیات دفع لجن از قبیل دفن در زمین، تولید کمپوست، استفاده در کشاورزی، یا

در پژوهش دیگری در سال ۲۰۰۴ این طور گزارش شده است که استفاده از لایه‌ای از ژئوتکستایل بر روی بستر شنی موجب حذف آلاینده‌های نفتی از لجن شده است. با این روش میزان آب محلول کاهش می‌یابد و همچنین آلاینده‌های آن با لایه ژئوتکستایل حذف خواهد شد.

در این پژوهش از دو نوع ماده ژئوتکستایل بی‌بافت و یک نوع ماده ژئوتکستایل بافته شده به جای ماسه در بستر لجن خشک‌کن روی لایه شنی استفاده شده است. نتایج حاصل از این تحقیق عملکرد رضایت‌بخش فرایند تصفیه پیشنهادی برای محلول نفتی را نشان می‌دهد (Mendoca, et.al., 2004).

برای بهینه کردن و تسهیل عمل آبیگری در بسترهای لجن خشک‌کن فاضلاب در این پژوهش فرضیاتی مطرح شده است که هدف از آنها مقایسه فنی ویژگی‌های پساب و زمان ماند لجن روی بستر مورد آزمایش با این فرضیات و بستر شاهد است. بدیهی است با کاهش زمان ماند لجن بر روی بستر، دفعات پر و تخلیه شدن بستر بیشتر خواهد بود و مشکل عمده این بسترها که نیاز به زمین زیاد جهت احداث و بهره‌برداری است، مرتفع خواهد شد بنابراین هدف از این پژوهش کاهش زمان ماند لجن روی بستر لجن خشک‌کن است.

مواد و روش بررسی

ساخت پایلوت بستر لجن خشک‌کن

در این تحقیق سطح مقطع بستر خشک‌کننده تأثیری در انجام مطالعات ندارد، در نتیجه از استوانه‌های پلاستیکی به ارتفاع ۱۰۰ سانتیمتر و به قطر ۵۰ سانتیمتر برای ساخت پایلوت‌ها استفاده شد. نکته حائز اهمیت تامین ارتفاع توصیه شده لایه‌ها در بستر و دانه‌بندی مطلوب مصالح تشکیل دهنده است.

برای انجام این تحقیق ۳ پایلوت تهیه شد، یکی از پایلوت‌ها با توجه به خصوصیات بسترهای خشک‌کننده متداول و به عنوان شاهد و به منظور مقایسه نتایج حاصل از پژوهش و دو پایلوت دیگر با اعمال تغییرات در ساختار آنها و اهداف و فرضیات این طرح آماده‌سازی و راه‌اندازی شدند.

شبکه زهکشی بسترهای خشک‌کننده با ایجاد دریچه‌ای در کف پایلوت‌ها شبیه‌سازی شدند. برای جلوگیری از انسداد دریچه زهکشی توسط ذرات شن و ماسه از صفحه مشبک تفلونی استفاده شد که سوراخ‌هایی به قطر تقریبی یک سانتیمتر در سطح آن ایجاد شده بود و با تور سیمی محافظت می‌شد.

حشرات در صورت زیاد شدن زمان ماند در فصول بارندگی، ایجاد منظره نامناسب در تصفیه‌خانه به علت شناور شدن لجن (در صورت تشکیل گاز) (گنجی‌دوست و علاقبند، ۱۳۷۶). یکی از روشهای بررسی شده در مطالعات برای بهبود آبیگری از لجن، آمایش شیمیایی است. لجن آمایش شده براحتی تغلیظ و آبیگری می‌شود، بنابراین در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب عملیات آمایش لجن اهمیت ویژه‌ای دارد (Batson, Games and Wilson, 1989).

آمایش عبارت است از تصفیه شیمیایی، یا فیزیکی لجن برای افزایش حذف آب و بهبود درصد ذرات جامد آن. هدف اولیه آمایش، افزایش اندازه ذرات جامد لجن با ترکیب ذرات کوچک و تشکیل ذرات بزرگتر است (Krishnamurthy, 2001).

در اغلب موارد برای آمایش لجن از مواد شیمیایی معدنی و سامانه‌های پلی‌الکترولیت آلی استفاده می‌شود. مواد شیمیایی متداول در آمایش لجن را نمک‌های فلزی معدنی و پلیمرهای آلی مصنوعی، یا طبیعی تشکیل می‌دهند. آهک و کلرید آهن (III) از پرمصرف‌ترین مواد شیمیایی معدنی مورد استفاده در تصفیه لجن‌های فاضلاب شهری‌اند (Cheremisinoff, 1994; Metcalf & Eddy, INC., 2003).

نتایج تحقیقاتی که در زمینه آبیگری از لجن انجام شده است نشان می‌دهد که غیر از آمایش شیمیایی که سرعت و حجم آب زهکشی شده را افزایش می‌دهد، گسترش شبکه زهکشی نیز به سرعت خروج آب حاصل از زهکشی کمک می‌کند. در تحقیقات انجام شده سرعت زهکشی از بستر با اعمال مجاری زهکشی افقی و عمودی افزایش داده شده است در نتایج حاصل از این پژوهش‌ها ذکر شده است که در صورت هوادهی مناسب لجن خام، امکان آبیگری از لجن تصفیه نشده نیز با این روش وجود دارد (Boris, Ozyard, 1995).

غیر از موارد پیش‌گفت، در پاره‌ای موارد از موادی غیر از ماسه به عنوان لایه صافی در بسترهای لجن خشک‌کن استفاده شده است برای نمونه بر اساس پژوهشی که در سال ۲۰۰۳ صورت گرفته با استفاده از لایه‌ای از منسوج بی‌بافت پلی‌استر بر روی بستر خشک‌کننده توانسته‌اند زمان ماند لجن روی بستر را کاهش دهند، این روش زمان خشک شدن لجن را کوتاه‌تر کرده، حمل و نقل لجن خشک شده به واسطه وجود این لایه راحت‌تر شده، مانع تماس و چسبیدن ماسه به کیک لجن شده و در پایان سطحی که کیک لجن بر روی آن خشک می‌شود تمیز است (National Institute for Rural Engineering, 2003).

آماده‌سازی پابلوت مورد آزمایش

مطالعات پایلوتی در ۴ مرحله انجام شد به این ترتیب که در مراحل مختلف از لایه‌ای از مواد طبیعی، نظیر گونی کفی و پوشال کولر آبی (که متشکل از تراشه‌های چوب است) استفاده شد که نسبت C/N بالایی دارند و در تولید کمپوست سودمندند، به نحوی که به همراه لجن می‌توان از آن مواد نیز در تولید کمپوست بهره گرفت. در خلال آزمایش‌ها سعی بر آن بود تا توانایی جایگزینی لایه مواد طبیعی به جای لایه ماسه‌ای بررسی شود، این عمل با تغییر ضخامت لایه ماسه‌ای در زمان استفاده از لایه مواد طبیعی مطالعه شد. برای این منظور زمان ماند و کیفیت پساب حاصل از بستر مورد ارزیابی و مقایسه با بستر شاهد قرار گرفت.

بررسی فرضیات تحقیق از اواسط شهریور ماه سال ۱۳۸۷ شروع شد و تا اواسط آذر ماه همان سال ادامه داشت.

برای اعمال فرضیه تحقیق که استفاده از لایه‌ای از مواد طبیعی بر روی بستر است می‌باید از ماده‌ای طبیعی استفاده می‌شد، به نحوی که بهره‌برداری‌های آبی از لجن خشک شده را تسهیل کند. یکی از شروط اساسی برای ایجاد بهترین زیستگاه برای میکروارگانیسم‌ها و در پایان تولید کمپوست مرغوب (یکی از مهمترین موارد استفاده از لجن آبیگری شده است) نسبت کربن به نیتروژن است. میکروارگانیسم‌ها برای فعالیت نیازمند منبع کربن برای تأمین انرژی و ماده اولیه سلول‌های جدید و نیز، تأمین نیتروژن برای پروتئین‌سازی خود هستند. از این رو توجه خاص به نسبت کربن و نیتروژن در داخل مواد اولیه کمپوست (لجن آبیگری شده) و در طی فرایند تهیه آن ضروری است. (Batson, Games and Wilson, 1989). بنابراین یکی از مشخصه‌های تعیین‌کننده در تهیه کمپوست از لجن فاضلاب نسبت C/N در لجن خروجی از واحد آبیگری است. (گنجی دوست و علاقیند، ۱۳۷۶).

استفاده از موادی با کربن، بالا نظیر کاه و تراشه چوب و پوشال در فرایند آبیگری از لجن می‌تواند نسبت کربن به نیتروژن را در کیک لجن بالا برد. با عنایت به موارد سابق‌الذکر فرضیه اول به عنوان لایه‌ای از مواد طبیعی، پوشال انتخاب شد که ابتدا به صورت رشته‌های پوشال بر روی بستر استفاده و لجن بر روی آن تخلیه شد. به علت وزن حجمی کم رشته‌های پوشال و سبکی آن در لجن، شناور شده و نتایج حاصل از آزمایش مردود شد. سپس از پوشال بافته شده بر روی بستر استفاده شد که این بار نیز ذرات جامد لجن در پوشال نفوذ کرده و عملیات آبیگری از لجن مختل شد، بنابراین

شایان ذکر است که قطر صفحه تفلونی طوری طراحی شد که این صفحه به فاصله پنج سانتیمتر از کف بشکه قرار گیرد تا دریچه زهکشی را مسدود نکند.

ویژگی‌های توصیه شده ماسه مورد استفاده در بستر لجن خشک‌کن از قرار زیر است: (حداقل ضخامت برای لایه ماسه‌ای حدود ۳۰ سانتیمتر است که در برخی موارد به ۴۶ سانتیمتر نیز می‌رسد.)

- ماسه تمیز، سخت، فاقد رس، سیلت یا مواد آلی

- اندازه موثر = $0/3 \sim 0/75$ میلی‌متر

- ضریب یکنواختی $> 3/5$

ضخامت لایه شنی معمولاً ۲۰ تا ۴۶ سانتیمتر است و قطر ذرات از ۳ تا ۲۵ میلی‌متر می‌تواند تغییر کند. (Dewatering

Municipal Wastewater Sludge's, 1991)

برای شبیه‌سازی بسترهای مورد آزمایش از شن و ماسه با ویژگی‌های توصیه شده در منابع مطالعاتی استفاده شد و ویژگی‌های ماسه مورد استفاده در آزمایشگاه مکانیک خاک با آزمایش تجزیه و تحلیل الک استخراج شده و برای استفاده در این پژوهش مورد تأیید قرار گرفت. پایلوت‌ها پس از آماده‌سازی به منظور دسترسی آسان به لجن خروجی از هاضم هوازی در فرایند تصفیه به روش لجن فعال، در کنار بسترهای لجن خشک‌کن یکی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب تهران مستقر شدند.

نمونه‌برداری و نگهداری لجن

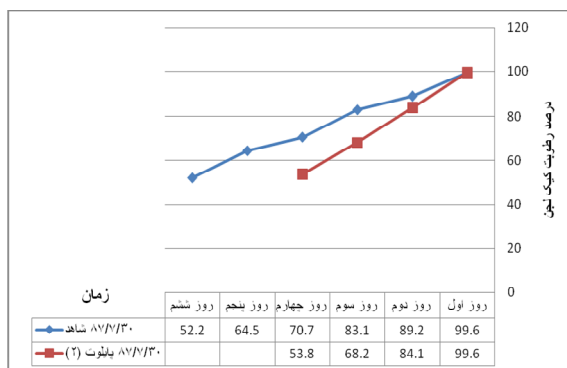
لجن حاصل از فرایند تصفیه به روش لجن فعال در ارتفاع ۲۰ سانتیمتر به بسترها تخلیه می‌شد و از آن در ظروف مخصوصی نمونه گرفته می‌شد، پس از گذشت مدت زمان حدود ۳ ساعت از تخلیه لجن بر روی بسترها از زهاب خروجی آنها نمونه‌گیری شده و از آنجا در ظروف پر از یخ به آزمایشگاه دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران منتقل شد و مورد آزمایش قرار گرفت تا خواص خود را برای مدت کمتر از یک روز حفظ کند و کیفیت لجن و زهاب خروجی از بستر تغییر نکند، انجام آزمایش‌ها سرانجام تا ۶ ساعت پس از نمونه‌برداری به اتمام می‌رسید.

در روزهای آبی نیز، هر روز با مراجعه به تصفیه‌خانه و نمونه‌برداری از کیک لجن حاصل از بسترهای شاهد و بسترهای مورد آزمایش و اندازه‌گیری میزان رطوبت کیک لجن، فرایند خشک شدن آنها مورد بررسی و مقایسه قرار می‌گرفت.

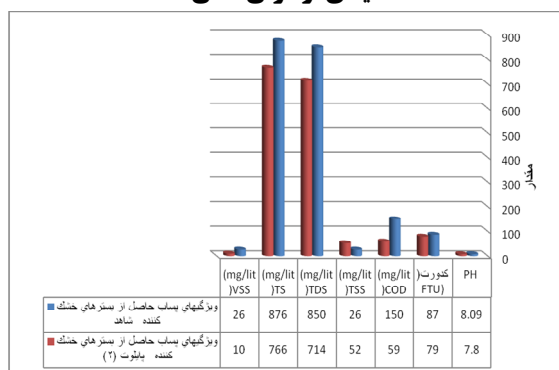
الف- کاهش ضخامت لایه به ۲/۳ و استفاده از لایه‌ای از گونی کفی.

در این مرحله از انجام آزمایش که در اوایل آبان ماه انجام شد میانگین حداقل دما برابر ۱۳ درجه سلسیوس و میانگین حداکثر دما برابر ۲۱/۱ درجه سلسیوس است.

نتایج حاصل از این آزمایش در نمودار شماره (۱) و (۲) نشان داده شده است. شایان ذکر است که درصد مواد جامد خشک مطلوب برای برداشت لجن از روی بستر ۴۵٪ مواد جامد خشک، یا درصد رطوبت حدود ۵۵٪ در نظر گرفته شده است، در این زمان تقریباً تمامی آب لجن گرفته شده است و لجن براحتی قابل نقل و انتقال است.



نمودار شماره (۱): مقایسه زمان ماند لجن روی دو بستر ضمن تغییر ضخامت لایه ماسه به ۲/۳ ضخامت بستر شاهد و استفاده از لایه‌ای از گونی کفی



نمودار شماره (۲): مقایسه ویژگی‌های پساب دو بستر ضمن تغییر ضخامت لایه ماسه به ۲/۳ ضخامت بستر شاهد و استفاده از لایه‌ای از گونی کفی

در شکل شماره (۱) ملاحظه می‌شود که زمان ماند کیک لجن از ۶ روز به ۴ روز کاهش یافته است و با توجه به شکل شماره (۲)

نیاز به لایه‌ای از مواد طبیعی که خصوصیات پوشال را داشته باشد و مانع نفوذ ذرات جامد لجن در بافت خود شود احساس شد، از این‌رو از گونی کفی هم بتنهایی و هم به همراه پوشال در این تحقیق بهره گرفته شد.

به منظور بررسی عملکرد لایه مواد طبیعی بر روی بستر، ضخامت لایه ماسه‌ای در مراحل مختلف کاهش یافت تا توانایی مواد طبیعی به عنوان جایگزینی برای لایه ماسه‌ای مورد مطالعه قرار گیرد.

آزمایش‌های انجام شده

شاخص‌هایی از پساب حاصل از بسترهای پایلوت مورد استفاده به عنوان لجن خشک‌کن که در این پژوهش مورد اندازه‌گیری قرار گرفت عبارتند از pH، کدورت، COD، TSS، TDS، VSS و نهایتاً میزان رطوبت کیک لجن در روزهای انجام آزمایش که مورد مقایسه با شاخص‌های پایلوت شاهد قرار گرفتند.

کلیه این آزمایش‌ها بر اساس دستورالعمل ارائه شده در کتاب "روشهای استاندارد آزمایش‌های آب و فاضلاب" انجام شده است. (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2005)

نتایج

نتایج این تحقیق در دو بخش ارائه می‌شود:

- تأثیر استفاده از لایه‌ای از مواد طبیعی بر زمان ماند کیک لجن روی بستر لجن خشک‌کن و خصوصیات پساب حاصل از بستر ضمن تغییر ضخامت لایه زهکش.
- تأثیر استفاده از لایه‌ای از مواد طبیعی بر زمان ماند کیک لجن بر روی بستر و خصوصیات پساب حاصل از بستر بدون تغییر ضخامت لایه زهکش.

در این مرحله از آزمایش سعی بر این بوده تا هم تأثیر اختصاصی مواد طبیعی بر فرایند خشک شدن و هم توانایی آن در جایگزینی به جای لایه ماسه‌ای (با افزایش ضریب نفوذپذیری بستر و کاهش ضخامت لایه ماسه) بررسی و مطالعه شود.

۱- تأثیر استفاده از لایه‌ای از مواد طبیعی ضمن تغییر

ضخامت لایه ماسه

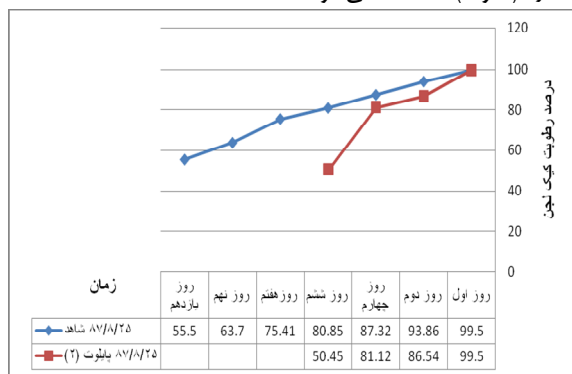
این آزمایش‌ها در اوایل و اواخر آبان ماه انجام شده است.

در شکل شماره (۳) ملاحظه می‌شود که زمان خشک شدن از ۶ روز به ۳ روز کاهش یافته و با عنایت به شکل شماره (۴) کلیه شاخص‌ها غیر از TSS بهبود یافته است.

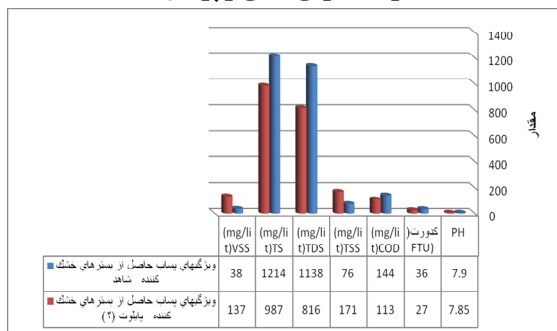
اگر نگاهی کلی به نتایج حاصل از دو مرحله ۱-۱ و ۲-۱ بیندازیم (به دلیل یکسان بودن شرایط آب و هوایی) متوجه می‌شویم که زمان خشک شدن لجن بر روی بستر با لایه‌ای از گونی و پوشال کوتاهتر از زمان خشک شدن بستر با لایه‌ای از گونی است.

ج- کاهش ضخامت لایه به ۲/۳ و استفاده از لایه گونی کنفی و پوشال

این آزمایش در اواخر آبان ماه انجام شده است. در این مرحله دمای هوا نسبت به مراحل قبلی نسبتاً پایین آمده و درصد رطوبت هوا بیشتر شده است، بنابراین زمان ماند کیک لجن بر روی همه بسترها نسبت به آزمایش‌ها قبلی طولانی‌تر است. میانگین حداقل دما برابر ۷/۳ درجه سلسیوس و میانگین حداکثر دما برابر ۱۵/۵ درجه سلسیوس است. نتایج حاصل از این مرحله در نمودارهای شماره (۵) و (۶) مشاهده می‌شود.



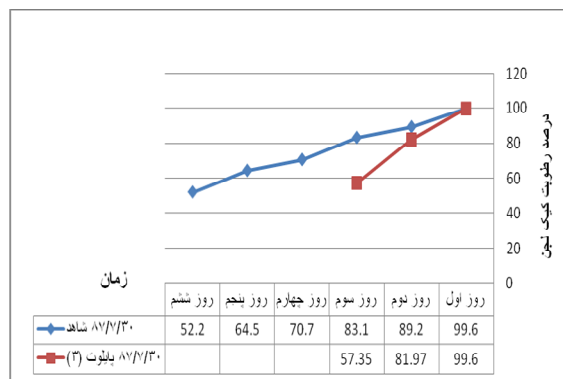
نمودار شماره (۵): مقایسه زمان ماند لجن، ضمن کاهش ضخامت لایه ماسه‌ای به ۲/۳ ضخامت لایه ماسه‌ای بستر شاهد و استفاده از لایه گونی کنفی و پوشال



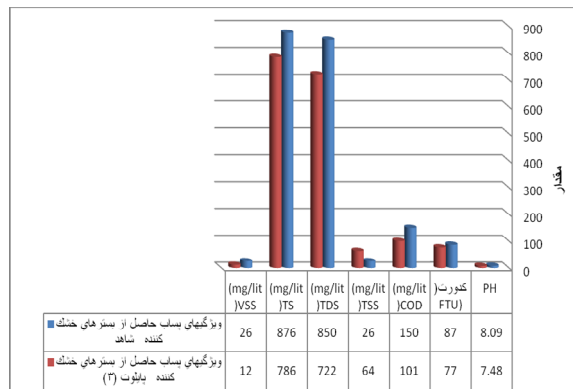
نمودار شماره (۶): مقایسه ویژگی‌های پساب، ضمن کاهش ضخامت لایه ماسه‌ای به ۲/۳ ضخامت ماسه بستر شاهد و استفاده از لایه گونی کنفی و پوشال

کلیه شاخص‌های پساب خروجی از بستر مورد آزمایش از قبیل pH، کدورت، COD، TDS، TS، VSS (به جز TSS) نسبت به بستر شاهد بهبود یافته است. با وجود افزایش TSS در بستری مورد آزمایش، به دلیل کاهش چشمگیر TDS، در TS پساب هر دو بستر نسبت به پساب بستر شاهد، کاهش دیده می‌شود که مطلوب است.

ب- کاهش ضخامت لایه به ۱/۳ و استفاده از لایه‌ای از گونی کنفی به همراه لایه‌ای از پوشال در زیر گونی کنفی
این مرحله از آزمایش همزمان با مرحله ۱-۱ با همان شرایط آب و هوایی انجام شده است، بنابراین امکان مقایسه نتایج این مرحله با مرحله قبیل وجود دارد.
نتایج حاصل در نمودارهای شماره (۳) و (۴) نشان داده شده است.



نمودار شماره (۳): مقایسه زمان ماند لجن روی دو بستر، ضمن کاهش ضخامت لایه ماسه‌ای به ۱/۳ ضخامت بستر شاهد و استفاده از لایه‌ای از گونی کنفی و پوشال



نمودار شماره (۴): مقایسه ویژگی‌های پساب دو بستر، ضمن کاهش ضخامت لایه ماسه‌ای به ۱/۳ ضخامت بستر شاهد و استفاده از لایه‌ای از گونی کنفی و پوشال

روی بستر با لایه‌ای از گونی و پوشال کوتاهتر از زمان خشک شدن بستر با لایه‌ای از گونی است.

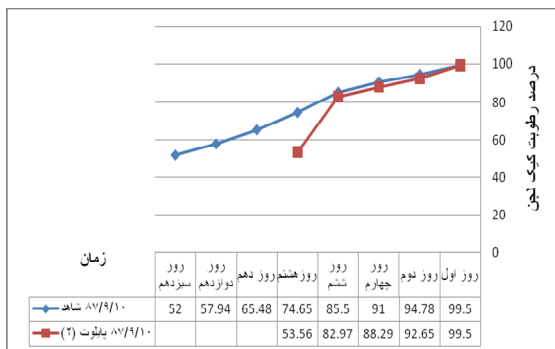
۲- تأثیر استفاده از لایه‌ای از مواد طبیعی بدون تغییر

ضخامت لایه ماسه

در این مرحله از آزمایش تأثیر استفاده از لایه مواد طبیعی (گونی کنفی بتهایی و به همراه لایه‌ای از پوشال) بدون ایجاد تغییر در ضخامت لایه ماسه‌ای مورد آزمایش قرار گرفته است تا به طور اختصاصی تأثیر لایه مواد طبیعی بر روی بستر خشک کننده بررسی شود. این آزمایش در نیمه اول آذرماه سال ۱۳۸۷ انجام شده که میانگین حداقل دما برابر ۴/۸ درجه سلسیوس و میانگین حداکثر دما برابر ۱۲/۶ درجه سلسیوس است.

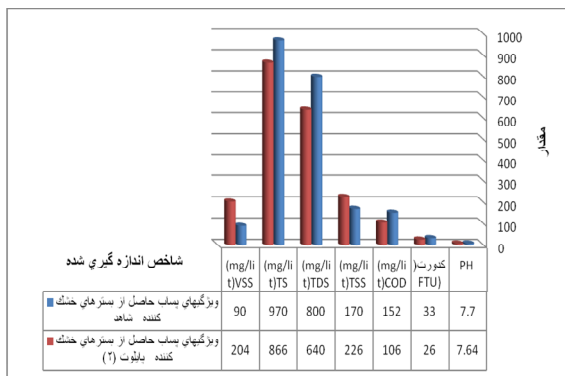
الف- استفاده از لایه گونی و لایه پوشال بر روی بستر

نتایج حاصل از این مرحله در نمودارهای شماره (۹ و ۱۰) نشان داده شده است.



نمودار شماره (۹): مقایسه زمان ماند لجن بدون تغییر ضخامت

بستر و فقط با استفاده از لایه گونی و پوشال روی بستر



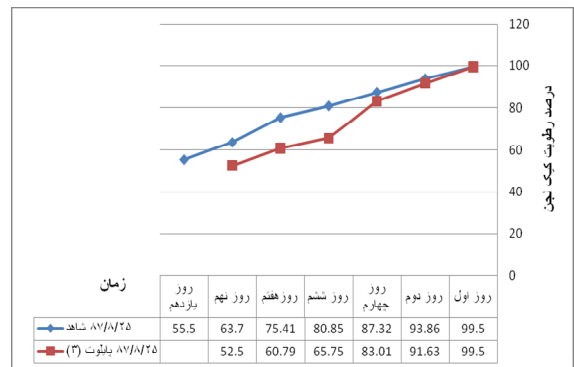
نمودار شماره (۱۰): مقایسه ویژگی‌های بساب بدون تغییر

ضخامت بستر و با استفاده از لایه گونی و پوشال روی بستر

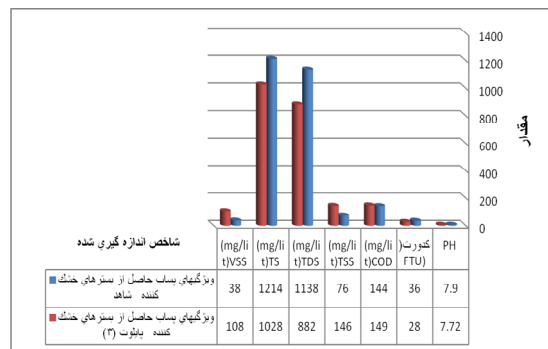
با توجه به نمودارهای فوق زمان ماند کیک لجن از ۱۱ روز به ۶ روز رسیده و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بساب غیر از TSS و VSS بهبود یافته است.

د- کاهش ضخامت لایه به ۱/۳ و استفاده از لایه‌ای از گونی کنفی

این آزمایش همزمان با مرحله ۱-۳ با همان شرایط آب و هوایی انجام شده است و نتایج آن در نمودارهای شماره (۷ و ۸) ارائه شده است.



نمودار شماره (۷): مقایسه زمان ماند لجن روی دو بستر، ضمن کاهش ضخامت لایه ماسه‌ای به ۱/۳ ضخامت بستر شاهد و استفاده از لایه‌ای از گونی کنفی



نمودار شماره (۸): مقایسه ویژگی‌های بساب دو بستر ضمن کاهش ضخامت لایه به ۱/۳ ضخامت بستر شاهد و استفاده از لایه‌ای از گونی کنفی

با توجه به نمودارهای فوق زمان ماند کیک لجن از ۱۱ روز به ۹ روز رسیده و ویژگی‌های بساب غیر از TSS و VSS بهبود یافته است. دو مرحله آخر از این آزمایش‌ها نتایج حاصل از مراحل قبلی را تأیید می‌کنند، به این ترتیب که زمان خشک شدن لجن بر

بحث و نتیجه‌گیری

استفاده از مواد طبیعی روی لایه ماسه‌ای بستر می‌تواند مانع از تماس مستقیم لجن با ماسه و سرانجام چسبیدن ماسه به لجن خشک شده باشد. در این حالت حمل و نقل لجن خشک شده راحت‌تر صورت می‌گیرد و سطح ماسه‌ای، بستر در هر بار برداشت لجن از روی بستر آسیب نخواهد دید و نیاز به تسطیح و آماده‌سازی مجدد سطح بستر مرتفع خواهد شد.

در صورت استفاده از لایه‌ای از مواد طبیعی روی سطح بستر می‌توان ضریب نفوذپذیری بستر را از طریق کاهش ضخامت لایه ماسه‌ای یا افزایش اندازه مؤثر دانه‌های ماسه افزایش داد که در این پژوهش خاص در صورت استفاده از گونی کفی و پوشال کولر آبی به عنوان مواد طبیعی روی بستر، حد بهینه ضخامت لایه ماسه‌ای، ۲/۳ پیشنهاد می‌شود.

در صورت استفاده از مواد طبیعی گونی کفی و پوشال کولر آبی بر روی بستر خشک‌کننده متداول، استفاده توأم از این مواد سبب کاهش بیشتر زمان ماند کیک لجن روی بستر نسبت به زمان استفاده از گونی خواهد شد. در حالی که ویژگی‌های پساب بستر با استفاده از گونی بهتر از بستر با استفاده توأم از آنهاست. بنابراین با استفاده از تکنیک‌های فوق می‌توان فرایند آگیری از لجن فاضلاب شهری را بهینه کرد.

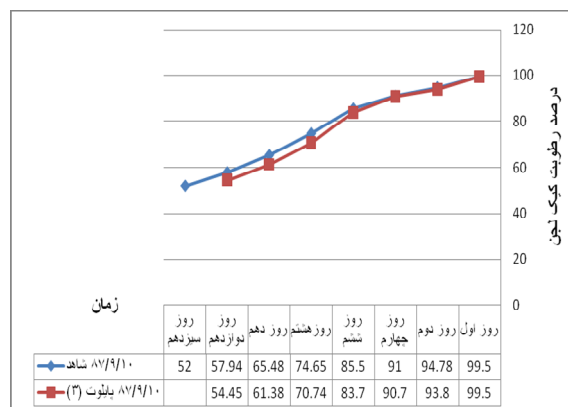
از میان شاخص‌های پایش شده، پساب خروجی حاصل از زهکشی آب لجن در بستر خشک‌کننده TSS و VSS افت کرده‌اند که با توجه به بازگشت پساب حاصل از زهکشی به ابتدای فرایندهای زیستی تصفیه‌خانه قابل صرف‌نظر کردن است.

در مطالعات موردی انجام شده در سایر کشورها دیده شده است که در بعضی موارد از لایه‌ای از مواد ژئوتکتایل (بی‌بافت یا بافته شده) به جای لایه ماسه‌ای برای حذف آلاینده‌های نفتی موجود در لجن بر روی بستر خشک‌کننده متداول استفاده شده است تا اثر مخرب آلاینده‌های نفتی را بر محیط‌زیست به حداقل برسانند. یا در مورد دیگری از لایه‌ای از پلی‌استر بی‌بافت برای به حداقل رسانیدن زمان ماند لجن روی بستر استفاده شده است و نتایج حاصل رضایت‌بخش گزارش شده است. ولی مطالعه‌ای مبنی بر استفاده از لایه‌های مواد طبیعی استفاده شده در این تحقیق در منابع مطالعاتی یافت نشد.

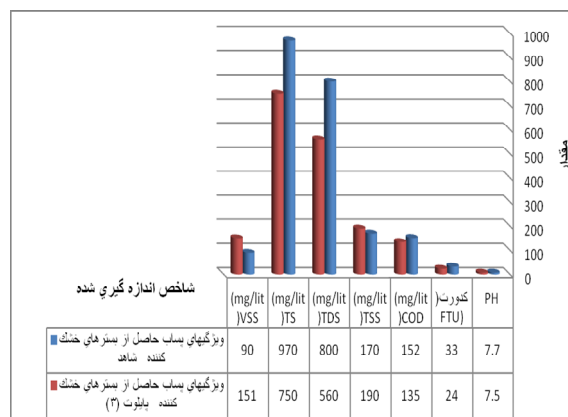
ملاحظه می‌شود که زمان ماند از ۱۳ روز به ۸ روز کاهش یافته و شاخص‌های پساب غیر از TSS و VSS بهبود یافته است.

ب- استفاده از دو لایه گونی بر روی بستر

این آزمایش نیز همزمان با آزمایش ۱-۲ در نیمه اول آذرماه انجام شده است و نتایج حاصل در نمودارهای شماره (۱۱ و ۱۲) قابل مشاهده است.



نمودار شماره (۱۱): مقایسه زمان ماند لجن بدون تغییر ضخامت بستر و فقط استفاده از لایه گونی بر روی بستر



نمودار شماره (۱۲): مقایسه ویژگی‌های پساب بدون تغییر ضخامت بستر و فقط با استفاده از لایه گونی بر روی بستر

زمان خشک شدن لجن از ۱۳ روز به ۱۲ روز رسیده و ویژگی‌های پساب غیر از TSS و VSS بهبود یافته است.

منابع مورد استفاده

گنجی دوست، ح. ، علاقیند، ب. ۱۳۷۶. انتخاب روش انعقاد و ماده منعقدکننده مناسب برای بهبود آگیری از لجن تصفیه خانه فاضلاب شهری با استفاده از بسترهای لجن خشک کن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس

American Public Works Association .2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st ed., Greenberg, Arnold, et al.

Batson,R., E.S.,Games , D.,Wilson .1989. The Safe Disposal of Hazardous Waste, 1st ed., Word Bank Technical Paper, USA, 2 , 93

Cheremisinoff,P.N. 1994. Sludge Management and Disposal,PTR, Prentic Hall.

Krishnamurthy,S. 2001. Dual Conditioning for Dewatering Municipal Wastewater Sludges, MSc. Thesis, University of Regina, Canada.

Lee,D.J. 2003. Preface, Adv. Envir. Res., 7, 597-598.

Mendonça,M.B., et al .2004. A new procedure for treatment of oily slurry using geotextile filters. Journal of Hazardous Materials 110 113–118 .ELSEVIER.

Metcalf , Eddy, INC. 2003. Wastewater Engineering; Treatment, Disposal, Reuse, 4th. McGraw Hill.

National Institute for Rural Engineering .2003. Improvement of Air-Drying Technology for Rural Sewage Sludge, Laboratory of Renewable Energy and Resources, Dept. of Regional Resources M.B.

Ozyard,B. 1995. Vertical Drainage Drying Bed for Waste Sludge and Intensified method Of Treating Wastewater, Atlanta, June.7, Elsevier

U.S. Environmental Protection Agency .1991. Design Manual : Dewatering Municipal Wastewater Sludges.