Archive of SID

محیط شناسی، سال سی و هفتم، شمارهٔ ۵۷ ، بهار ۹۰، صفحهٔ ۲۷-۳٤

بررسی تأثیر مکش هیدرواستاتیکی و آمایش شیمیایی در آبگیری از لجن فاضلاب در بسترهای لجن خشک‌کن

المیرا تاروردیزاده[1*]، علی ترابیان[2]، ناصر مهردادی[3]، علی‌اکبر عظیمی[4]

۱- کارشناس ارشد مهندسی عمران- محیط زیست – دانشگاه تهران

۲- دانشیار مهندسی عمران محیط زیست دانشکدهٔ محیط زیست دانشگاه تهران atorabi@ut.ac.ir

۳- دانشیار دانشکده تحصیلات تکمیلی محیط زیست دانشگاه تهران mehrdadi@ut.ac.ir

٤–استادیار بازنشسته دانشکده تحصیلات تکمیلی محیط زیست دانشگاه تهران aaazimi@chamran.ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۹ تاریخ پذیرش:۸۹/۷/۱۷

چکیده

آبگیری با بسترهای لجن خشک‌کن به علت نیاز به فناوری بسیار ساده نسبت به روشهای مکانیکی از ارجحیت خاصی برخوردار است. با توجه به این‌که 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 مکش هیدرواستاتیکی و آمایش شیمیایی لجن در بهینه‌سازی آبگیری از لجن فاضلاب شهری مورد مطالعه قرار گرفته است. بدین منظور ابتدا با کنترل ورود و خروج آب، مکش هیدرواستاتیکی در بستر مورد آزمایش ایجاد شد، سپس با افزودن ماده شیمیایی غیرآلی کلرورفریک در دوز بهینه به لجن حاصل از هاضم هوازی، فرایند خشک‌شدن با بستر شاهد مقایسه شد. نتایج این تحقیق با مطالعه زمان ماند کیک لجن بر روی بستر و کیفیت پساب حاصل از فرایند خشک‌شدن بررسی شده است. با ایجاد مکش هیدرواستاتیکی مدت زمان خشک‌شدن لجن از ۵ روز به ۲ روز کاهش یافت و با افزایش کلرورفریک، با غلظت ۴۴۰ میلی‌گرم در لیتر به لجن خروجی از هاضم هوازی، زمان خشک‌شدن لجن (تولید لجن با غلظت مواد خشک ۴۵ درصد) در بسترهای خشک‌کننده از ۶ روز به ۳ روز کاهش یافت و در مرحلهٔ سوم آزمایش، اثر توام مکش و آمایش بر روند خشک‌شدن لجن بررسی شد که بسیار رضایت‌بخش بود. استفاده از مکش هیدرواستاتیکی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی پساب خروجی از بستر را از قبیل کدورت، pH، TSS و VSS بهبود می‌بخشد در حالی‌که COD و TDS آن افزایش می‌یابد، این در حالی است که آمایش شیمیایی لجن، باعث افزایش شاخص‌های TS و TDS پساب شده است.

کلید واژه

آبگیری، بستر لجن خشک‌کن، آمایش شیمیایی، ماده منعقد کننده، مکش هیدرواستاتیکی، زهکشی

سرآغاز

آبگیری از لجن موجب کاهش هزینه‌های گزاف حمل و دفع لجن می‌شود. متداول‌ترین روشهای آبگیری شامل استفاده از انواع فیلترها، سانتریفوژها و بسترهای لجن خشک‌کن هستند (Dirkzwager and Hermite ,1988).

با توجه به این‌که تقریباً کلیهٔ روشهای مکانیکی آبگیری نیاز به فناوری‌های خاص خارجی دارند، بنابراین تمام تلاش ما بر استفاده بهینه از بسترهای خشک‌کننده متمرکز شده است. اشکال عمدهٔ موجود در این روش عدم امکان پخش لجن با ضخامت‌های زیاد است که باعث می‌شود 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 بی‌هوازی شدن سیستم، تجمع حشرات در صورت زیاد شدن زمان ماند در فصول بارندگی و غیره (گنجی‌دوست و علاقبند، ۱۳۷۶).

آبگیری لجن، یکی از مشکل‌ترین مباحث مهندسی محیط زیست در ارتباط با دفع آن است. از آنجا که لجن آمایش شده براحتی تغلیظ و آبگیری می‌شود، بنابراین در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب عملیات آماده‌سازی لجن اهمیت ویژه‌ای دارد. آماده‌سازی، یا اصلاح کیفیت شیمیایی لجن در واقع فرایندی فیزیکی– شیمیایی است که موجب تسهیل حذف آب و بازیافت مواد جامد لجن می‌شود (گنجی دوست و همکاران ،۱۳۸۵). هدف اولیهٔ آمایش، افزایش اندازه ذرات کوچک و تشکیل ذرات بزرگتر است. با توجه به این‌که ذرات جامد لجن به‌نوعی

نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۲۵۳۹۷۶۴۹

E-Mail: e.tarverdi@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

دارای بار منفی‌اند، همدیگر را به جای جذب، دفع می‌کنند. عمل آمایش با توجه به این‌که ماده آمایش‌کننده در لجن، ذراتی با بار مثبت ایجاد می‌کند، به منظور خنثی‌سازی این نیروهای دافعهٔ الکترواستاتیکی و قادر ساختن ذرات برای تجمع و افزایش اندازهٔ آنها استفاده می‌شود.

در واقع آمایش فرایندی دو مرحله‌ای شامل انعقاد و لخته‌سازی است. انعقاد عبارت است از به‌هم زدن پایداری ذرات لجن از طریق کاهش میزان اندرکنش‌های الکترواستاتیکی دافعه بین ذرات. لخته‌سازی در واقع مکمل فرایند انعقاد بوده و باعث توسعهٔ تجمع ذرات معلق ناپایدار شده از طریق اختلاط آرام است.

تجزیه‌وتحلیلی از معادلات جریان عبوری از میان ماده‌ای متخلخل می‌تواند مؤید این مطلب باشد که هدف از آمایش برای افزایش تخلخل، قطر ذرات، عامل شکل ذرات، دانسیتهٔ جرمی ذرات و کاهش ثابت تراکم‌پذیری ذرات است (Krishnamurthy, 2001). برای بهینه کردن و تسهیل عمل آبگیری در بسترهای خشک‌کننده فاضلاب، فرضیاتی در این پژوهش مطرح شده است که هدف از آنها مقایسهٔ فنی ویژگی‌های پساب و زمان ماند لجن روی بستر مورد آزمایش با این فرضیات و بستر شاهد است.

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., 1991)

بر اساس پژوهش دیگری که در سال ۱۳۸۰ انجام شد، اثر پلیمرهای طبیعی (کربوکسی متیل سلولوز، کیتوسان و سدیم آلژینات) و منعقدکننده‌های شیمیایی (آلومینیوم سولفات، آهن (III) سولفات، آهن ((III) کلرید و آهک) بر آبگیری لجن حاصل از تصفیهٔ فاضلاب شهری بررسی شده است. براساس نتایج آزمایش‌ها، از میان منعقدکننده‌های شیمیایی سولفات‌آهن (III) مناسب‌ترین ماده برای آبگیری لجن فعال برگشتی و کلرید آهن(III) بهترین منعقدکننده برای لجن هضم شده هوازی ارزیابی شد (گنجی دوست و همکاران ،۱۳۸۵).

در پژوهش دیگری که در سال ۱۳۸۱ بر روی لجن فاضلاب شهری انجام گرفت، تأثیر مواد شیمیایی منعقد کننده در آمایش لجن هضم شده در هاضم هوازی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری بررسی شد. بر اساس نتایج این تحقیق گزارش شده است که متناسب‌ترین مواد منعقدکننده برای آمایش لجن به ترتیب پلی‌الکترولیت کاتیونی، کلرورفریک، کلرورفریک همراه با آهک، آهک و آلوم است (عظیمی و گلریزان، ۱۳۸۱).

مطالعاتی که در سایر کشورها در مورد آمایش شیمیایی لجن قبل از ریختن آن بر روی بسترهای لجن خشک‌کن صورت گرفته متفاوت است. در استاندارد ایالات دهگانهٔ امریکا، به استفاده از مواد آمایش کننده با وجود آن‌که این مواد یادشده زمان خشک شدن لجن و متعاقب آن مساحت بستر را کاهش می‌دهند، کمتر توجه شده است. بعضی از مطالعات نشان می‌دهد که افزودن ناچیز مواد پلیمری (کمتر از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) می‌تواند عمل جدا شدن آب از لجن را تسریع کند)(Manual of Practice (FED-14), 1992). بر اساس توصیهٔ سازمان حفاظت محیط زیست امریکا بهتر است لجن اضافه شده به بسترهای خشک‌کننده با مواد پلیمری آمایش شود (عظیمی و گلریزان ،۱۳۸۱).

نتایج تحقیقاتی که در زمینهٔ آبگیری از لجن انجام شده است نشان می‌دهد که غیر از آمایش شیمیایی که سرعت و حجم آب زهکشی شده را افزایش می‌دهد، گسترش شبکهٔ 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 آبگیری از لجن تصفیه نشده نیز با این روش وجود دارد (Boris Ozyard, 1995). در این پژوهش سعی بر آن است تا با اعمال فرضیاتی از قبیل مکش هیدرواستاتیکی و آمایش شیمیایی، زمان ماند لجن بر روی بسترهای لجن خشک‌کن کاهش یابد تا به این ترتیب تعداد دفعات بهره‌برداری از بستر افزایش یافته و نیاز به زمین زیاد که همواره یکی از معایب عمدهٔ استفاده از این بسترهاست، مرتفع شود. علاوه بر آن سعی شده است تا با اندازه‌گیری شاخص‌های پساب خروجی از بستر که حاصل زهکشی است تأثیر اعمال فرضیات بر روی پساب نیز بررسی شود.

مواد و روش بررسی

ساخت پایلوت بستر لجن خشک‌کن

شایان ذکر است که مکش هیدرواستاتیکی ایجاد شده در بستر تابع سطح بستر لجن خشک‌کن و ابعاد آن است، بنابراین هر چه

www.SID.ir

Archive of SID

سطح بستر و ارتفاع مصالح بستر بیشتر باشد مکش بیشتری در بستر به وجود خواهد آمد. برای آزمایش این فرضیه‌ها از استوانه‌های پلاستیکی به ارتفاع ۱۰۰ سانتیمتر و به قطر ۵۰ سانتیمتر برای ساخت پایلوت‌ها استفاده شد.

نکتهٔ حایز اهمیت تأمین ارتفاع توصیه شده لایه‌ها در بستر و دانه‌بندی مطلوب مصالح تشکیل‌دهنده است. برای انجام این تحقیق ۳ پایلوت تهیه شد، یکی از پایلوت‌ها با توجه به خصوصیات بستر خشک‌کننده 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.

شبکهٔ زهکشی بسترهای خشک‌کننده با ایجاد دریچه‌ای در کف پایلوت‌ها و تعبیه شیرهای دوطرفه و یکطرفه به منظور کنترل آب ورودی و زهاب خروجی از بستر، برای ایجاد مکش هیدرواستاتیکی شبیه‌سازی شدند. برای این منظور یک سه راهی به لوله خروجی از دریچه کف بستر متصل شد، یکی از دو سر دیگر سه راهی، به شیر یکطرفه و سر دیگر به یک شیر دو طرفه وصل شدند. شیر یکطرفه امکان هدایت جریان آب را از کف بستر به درون بستر و مصالح شنی و ماسه‌ای فراهم می‌کند و به این ترتیب با قطع کردن جریان آب از مجرای شیر یکطرفه امکان تنظیم ارتفاع آب برای ما میسر می‌شود، این در حالی است که به سر دیگر سه راهی یک شیر دو طرفه نصب شده و فلکه آن بسته است و امکان خروج آب از این مجرا به دلیل بسته بودن فلکه آن وجود ندارد.

برای ایجاد مکش هیدرواستاتیکی، پس از آماده‌سازی بستر، آب از طریق شیر یکطرفه به درون بستر هدایت می‌شود. این جریان آب تا زمانی ادامه دارد که آب تا سطح لایه ماسه‌ای بالا بیاید، در این هنگام جریان آب قطع شده و با ورود آب به درون مصالح بستر، ذرات هوای بین حفرات خارج شده و فضای خالی بین مصالح با آب پر می‌شود.

سپس لجن در ارتفاع مورد نظر به روی این بستر ریخته می‌شود تا این لحظه شیر دوطرفه بسته است و آب درون بستر حبس شده است، پس از این مرحله به منظور ایجاد مکش هیدرواستاتیکی شیر دو طرفه باز می‌شود و آب از درون بستر به بیرون خارج می‌شود. با خروج آب از بین حفرات بستر خشک‌کننده که بر روی آن لایه‌ای از لجن فاضلاب شهری قرار دارد مکشی در درون بستر ایجاد می‌شود که به خروج آب آزاد لجن که همان زهاب حاصل از زهکشی بستر است، کمک می‌کند و به نتایج حاصل از این آزمایش در ادامه پرداخته خواهد شد. برای جلوگیری از انسداد دریچهٔ زهکشی با 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.

شایان ذکر است که قطر صفحهٔ 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 خشک‌کننده 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

اندازهٔ مؤثر = ۰/۳ ~ ۰/۷۵ میلی‌متر

ضریب یکنواختی < ۳/۵

ضخامت لایه شنی معمولاً ۲۰ تا ۴۶ سانتیمتر است و قطر ذرات از ۳ تا ۲۵ میلیمتر می‌تواند تغییر کند. (Dewatering Municipal Wastewater Sludges,1987).

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 شد 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 کنار بسترهای لجن خشک‌کن یکی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب تهران مستقر شدند.

نمونه‌برداری و نگهداری لجن

لجن حاصل از حوض‌های تثبیت هوازی به بسترها در ارتفاع ۲۰ سانتیمتر تخلیه شد 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 دانشکدهٔ محیط زیست دانشگاه تهران منتقل 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 درنهایت تا ۶ ساعت پس از نمونه‌برداری به اتمام رسید.

در روزهای آتی نیز، هر روز با مراجعه به تصفیه‌خانه و نمونه‌برداری از کیک لجن حاصل از بسترهای شاهد و بسترهای مورد

www.SID.ir

Archive of SID

آزمایش و اندازه‌گیری میزان رطوبت کیک لجن، فرایند خشک شدن آنها مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت.

آماده‌سازی پایلوت مورد آزمایش

بررسی فرضیات تحقیق از اوایل شهریور ماه سال ۱۳۸۷، در یکی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب تهران و در کنار بسترهای خشک‌کننده لجن فاضلاب تصفیه‌خانه شروع شد و تا اواخر آذر ماه همان سال ادامه داشت.

به این ترتیب که پیش از ظهر هر روز که پایلوت‌ها منطبق با یکی از فرضیات تحقیق آماده می‌شد، لجن حاصل از حوض‌های تثبیت هوازی به بسترها در ارتفاع مورد نظر تخلیه و نمونه‌برداری و آزمایش می‌شد و در روزهای آتی نیز از کیک لجن روی بستر برای به دست آوردن میزان رطوبت آن و بررسی روند خشک شدن لجن نمونه گرفته می‌شد.

در پژوهشی که بر روی لجن این تصفیه‌خانه خاص انجام شده است مواد شیمیایی منعقدکننده شامل پلی‌الکترولیت کاتیونی، کلرورفریک، آهک و آلوم با غلظت‌های مختلف به نمونه‌های لجن اضافه شده و سپس با انجام آزمایش‌های جار، مقاومت ویژه لجن نسبت به آبگیری، کل مواد معلق فرار، اکسیژن‌خواهی شیمیایی و بیوشیمیایی پنج روزه و کدورت روی آب جدا شده از لجن، مقادیر غلظت بهینهٔ هر مادهٔ منعقدکننده اندازه‌گیری شده است. بر اساس نتایج به دست آمده دامنه مقادیر غلظت بهینه پلی‌الکترولیت کاتیونی، کلرورفریک، آهک و آلوم به ترتیب برابر با ۱۵ تا ۲۰، ۴۲۰ تا ۴۵۰، ۶۵۰ تا ۷۰۰ و ۱۱۵۰ تا ۱۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر است (عظیمی و گلریزان، ۱۳۸۱).

به دلیل رایج بودن مصرف کلرورفریک در ایران و حل شدن راحت آن در آب در مقایسه با پلی‌الکترولیت‌ها، کاربرد وسیع و دسترسی آسان به این ماده آمایش‌کنندهٔ غیرآلی که پس از پلی‌الکترولیت کاتیونی، بهترین منعقدکننده شناخته شده است از کلرورفریک برای آمایش لجن در این پژوهش استفاده شده است. بعلاوه لجنی که با این ماده آمایش می‌شود، برای دفع روی زمینهای کشاورزی، یا به‌عنوان غذا برای عملیات کمپوست لجن مناسب است.

با افزایش کلرورفریک، با غلظت ۴۴۰ میلی‌گرم در لیتر به لجن خروجی از هاضم هوازی، زمان خشک شدن لجن (تولید لجن با غلظت مواد خشک ۴۵ درصد) و کل فرایند آبگیری با بستر شاهد مقایسه شد.

آزمایش‌های انجام شده

شاخص‌هایی از پساب که در این پژوهش اندازه‌گیری شد عبارتند از pH، کدورت، COD، TSS، TDS، VSS و در نهایت میزان رطوبت کیک لجن در روزهای انجام آزمایش که با شاخص‌های پایلوت شاهد مقایسه شدند.

کلیهٔ 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, 1995).

نتایج

نتایج این تحقیق در سه بخش ارائه می‌شود:

۱- تأثیر مکش هیدرواستاتیکی بر زمان ماند و خصوصیات پساب حاصل از بستر.

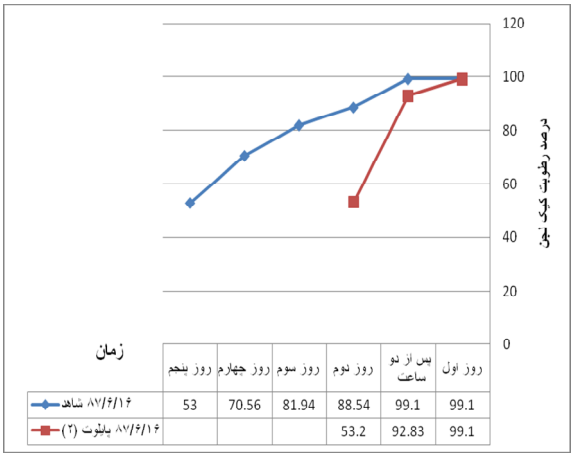
۲- تأثیر آمایش شیمیایی بر زمان ماند و خصوصیات پساب حاصل از بستر.

۳- اثر توام فرضیات فوق بر زمان ماند و خصوصیات پساب حاصل از بستر.

نتایج حاصل از اعمال مکش هیدرواستاتیکی

این مرحله از تحقیق در اوایل شهریور ماه ۱۳۸۷ انجام شد که متوسط حداقل دما در روزهای انجام آزمایش برابر ۲۴ درجه سلسیوس و متوسط حداکثر دما برابر ۳۲/۷ درجه سلسیوس بود.

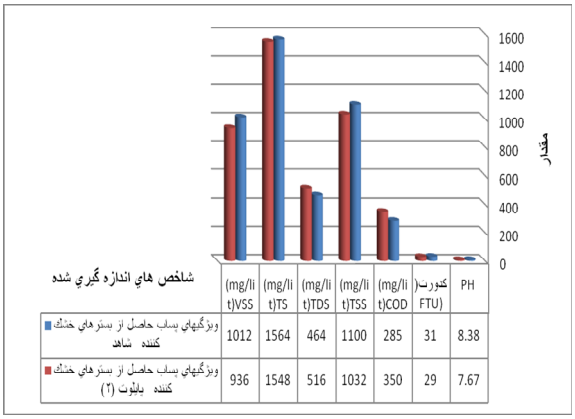
روند خشک شدن کیک لجن روی بستر خشک‌کننده شاهد و بستر با اعمال مکش هیدرواستاتیکی در روزهای مختلف در نمودار شمارهٔ (۱) و ویژگی‌های پساب در نمودار شمارهٔ (۲) نشان داده شده است



نمودارشمارهٔ (۱): مقایسه زمان ماند کیک لجن در بستر با مکش هیدرواستاتیکی و بستر شاهد

www.SID.ir

Archive of SID



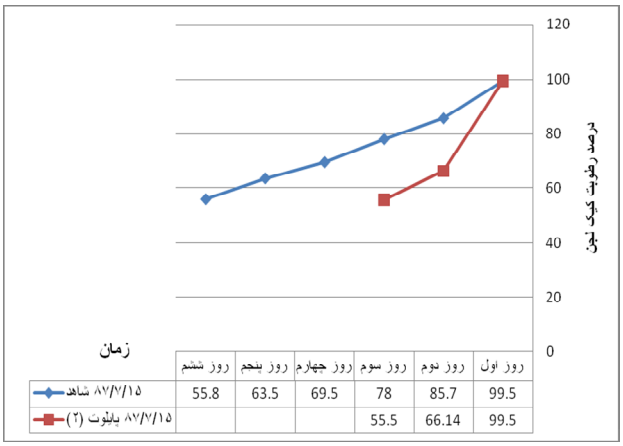
شاخص هاي اندازه گيري شده	(mg/lit)VSS	(mg/lit)TS	(mg/lit)TDS	(mg/lit)TSS	(mg/lit)COD	کدورت(FTU)	PH
ویژگیهای پساب حاصل از بستر های خشک کننده شاهد	1012	1564	464	1100	285	31	8.38
ویژگیهای پساب حاصل از بستر های خشک کننده پایلوت (۲)	936	1548	516	1032	350	29	7.67

نمودارشمارهٔ (۲): مقایسه ویژگی‌های پساب بسترهای شاهد و بستر با مکش هیدرواستاتیکی

نمودار شمارهٔ (۱) نشان می‌دهد در مدت زمانی حدود ۲ ساعت، ۶/۳ درصد از آب موجود در لجن زهکشی می‌شود، در حالی که در پایلوت شاهد، زهکشی تقریباً همین مقدار آب حدود ۲۴ ساعت به طول انجامیده است. با توجه به دمای بالای هوا در روزهای آزمایش، کیک لجن حاصل از این بستر در روز دوم به درصد مواد جامد خشک مطلوب برای برداشت از روی بستر خشک‌کننده (۴۵٪ مواد جامد خشک یا درصد رطوبت حدود ۵۵٪) رسیده است، در حالی که در همین شرایط، خشک شدن کیک لجن در بستر شاهد ۵ روز به طول انجامیده است. نمودار شمارهٔ (۲) نشان می‌هد که با اعمال مکش هیدرواستاتیکی، شاخص‌های پساب بستر مورد آزمایش نسبت به بستر شاهد بهبود یافته است. آزمایش‌ها نشان می‌دهد که فقط شاخص‌های COD و TDS پساب افزایش یافته است و سایر شاخص‌ها از قبیل pH ،کدورت، TSS، TS و VSS کاهش یافته‌اند.

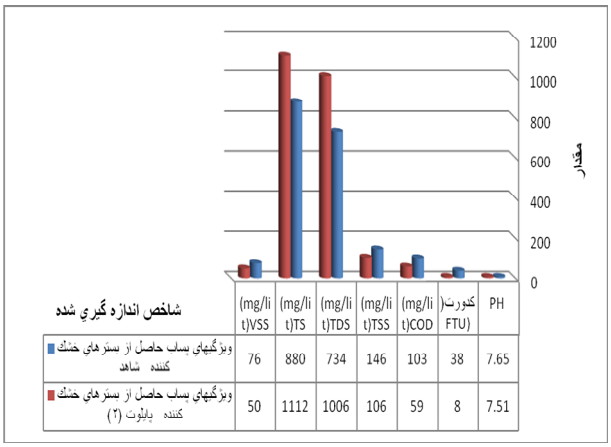
نتایج حاصل از آمایش شیمیایی لجن

برای آمایش شیمیایی لجن از کلرورفریک با غلظت بهینه ۴۴۰ میلی‌گرم در لیتر که پس از پلی‌الکترولیت کاتیونی، بهترین منعقدکنندهٔ شناخته شده، استفاده شده است. این آزمایش در اواسط مهر انجام گرفته است. میانگین حداقل دما در این روزها برابر ۱۸/۵ درجه سلسیوس و میانگین حداکثر دما برابر ۲۹/۲ درجه سلسیوس است. روند خشک شدن کیک لجن روی بستر خشک‌کننده شاهد و بستر با اعمال مکش هیدرواستاتیکی در روزهای مختلف در نمودار شمارهٔ (۳) و ویژگی‌های پساب در نمودار شمارهٔ (۴) نشان داده شده است. در نمودار شمارهٔ (۳) لجن حدود ۳۳/۴٪ از رطوبت خود را در ۲۴ ساعت اوّل از دست داده است، این در حالی است که همین لجن در بستر شاهد فقط ۱۳/۸٪ از رطوبت خود را در زمان مشابه از دست داده است. خشک شدن لجن آمایش شده در مدت زمانی در حدود نصف مدت زمان لازم برای خشک شدن کیک لجن بستر شاهد انجام شده است.



زمان	روز اول	روز دوم	روز سوم	روز چهارم	روز پنجم	روز ششم
۸۷/۴/۱۵ شاهد	99.5	85.7	78	69.5	63.5	55.8
۸۷/۴/۱۵ پایلوت (۲)	99.5	66.14	55.5			

نمودار شمارهٔ (۳): مقایسهٔ زمان ماند کیک لجن آمایش شده با کیک لجن آمایش نشده



شاخص اندازه گيري شده	(mg/lit)VSS	(mg/lit)TS	(mg/lit)TDS	(mg/lit)TSS	(mg/lit)COD	کدورت(FTU)	PH
ویژگیهای پساب حاصل از بستر های خشک کننده شاهد	76	880	734	146	103	38	7.65
ویژگیهای پساب حاصل از بستر های خشک کننده پایلوت (۲)	50	1112	1006	106	59	8	7.51

نمودار شمارهٔ (۴): مقایسهٔ ویژگی‌های پساب حاصل از بسترهای خشک‌کننده شاهد و لجن آمایش شده

در نمودار شمارهٔ (۴) مشاهده می‌شود که شاخص‌های pH ، کدورت، COD، TSS و VSS بستر آزمایش نسبت به بستر شاهد کاهش یافته است که مطلوب است.

نکته قابل توجه در این آزمایش آن است که آمایش شیمیایی سبب شده است تا TDS و TS پساب پایلوت مورد آزمایش نسبت به پایلوت شاهد افزایش یابد.

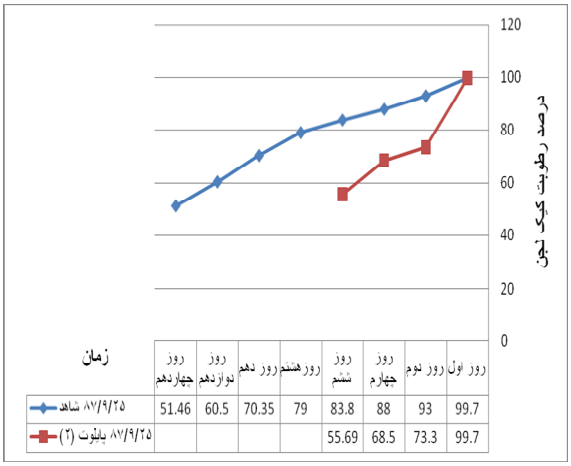
نتایج حاصل از اثر توأم مکش هیدرواستاتیکی و آمایش شیمیایی

تاریخ انجام آزمایش اواخر آذرماه است که در آن میانگین حداقل دمای هوا برابر ۱ درجه سلسیوس و میانگین حداکثر دمای هوا برابر ۸

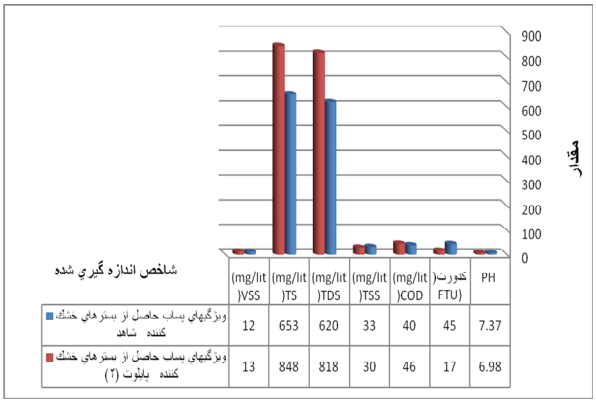
www.SID.ir

Archive of SID

درجه سلسیوس است. در این مرحله از آزمایش مکش هیدرواستاتیکی بر بستر اعمال شد و از لجن آمایش شده برای آبگیری استفاده شد که نتایج حاصل در نمودارهای شمارهٔ (۵ و ۶) ارائه شده است.



نمودار شمارهٔ (۵): مقایسهٔ زمان ماند کیک لجن با اعمال توأم فرضیات تحقیق و بستر شاهد



نمودار شمارهٔ (۶): مقایسهٔ ویژگی‌های پساب بستر با اعمال توأم فرضیات تحقیق و بستر شاهد

در نمودارهای شمارهٔ (۵ و ۶)ملاحظه می‌شود که با وجود برودت هوا، زمان ماند کیک لجن از ۱۴ روز به ۶ روز رسیده است و به این ترتیب مدت زمان ماند کیک لجن بیش از ۵۰٪ کاهش یافته است که در بهبود عملکرد و بهینه‌سازی آبگیری لجن در بسترهای خشک‌کننده اثر چشمگیری دارد. از سوی دیگر در مراحل قبلی دیده شد که آمایش شیمیایی لجن، باعث افت شاخص‌های TS و TDS پساب شده است و مکش هیدرواستاتیکی بستر سبب افت COD و TDS آن شده است، در این مرحله هر دو افت را با هم داریم، یعنی هم COD، هم TDS و هم TS افزایش یافته‌اند.

بحث و نتیجه‌گیری

با استفاده از تکنیک سادهٔ پر و تخلیه کردن آب در بستر خشک‌کننده متداول ماسه‌ای فقط با تعبیه شیرهای یکطرفه و دوطرفه در مجرای زهکشی پساب خروجی و ایجاد مکش هیدرواستاتیکی می‌توان فرایند زهکشی از بستر را در حد قابل توجه بهینه کرد و مدت زمان ماند لجن روی بستر را خصوصاً در ماههای گرم سال از چند هفته فقط به چند روز رسانید، به عبارت دیگر در صورت ایجاد مکش هیدرواستاتیکی در بستر آبگیری از لجن فاضلاب شهری، سطح بستر مورد نظر به علت زمان ماند کوتاه لجن روی بستر در حد چشمگیری کاهش می‌یابد.

علت کاهش زمان ماند کیک لجن بر اثر اعمال این فرضیه در بستر به دلیل ایجاد خلاء ناشی از پر شدن آب در میان حفرات دانه‌های شن و ماسه و تخلیه آن پس از استقرار لجن بر روی آن است. از سوی دیگر چون مکش ایجاد شده به خروج آب لجن سرعت بیشتری می‌بخشد، درنتیجه میزان مواد کلوئیدی و آلی بیشتری از میان حفرات لایه ماسه و شن به همراه آب عبور می‌کند (این لایه‌ها حکم فیلتر در بسترهای خشک‌کننده را دارند که مانع عبور ذرات جامد، کلوئیدی و آلی می‌شوند.) و همین مسئله موجب افزایش COD و TDS پساب خروجی شده است. این در حالی است که میزان شاخص‌های pH ، کدورت، TSS، TS و VSS پساب این بستر در اثر مکش بهبود یافته است، به عبارت دیگر خلاء ایجاد شده میزان عبور مواد جامد از میان حفرات را محدود کرده است، درحالی‌که میزان عبور مواد کلوئیدی و آلی افزایش یافته است.

شاید بتوان این نوع از بستر را که در آن مکش ایجاد شده است با بسترهای لبه‌دار، یا بسترهای با کمک خلاء مقایسه کرد. در بسترهای لبه‌دار که از محیط مصنوعی استفاده شده است، خلاء با پر و تخلیه شدن آب در بستر ایجاد می‌شود، و در بسترهای با کمک خلاء، مکش ایجاد شده با اعمال فشار منفی در بستر و به کمک پمپ خلاء ایجاد می‌شود و در هر دو نوع آنها لجن پیش از آبگیری، آمایش می‌شود در حالی که لجن استفاده شده در این آزمایش، آمایش نشده است. درصد مواد جامد کیک لجن حاصل از این بسترها پس از ۲۴ ساعت حدود ۸ تا ۱۲ درصد برای لجن هضم شده هوازی گزارش شده است که هنوز مقدار زیادی آب دارد، در حالی که در این آزمایش در ۲۴ ساعت اوّل، کیک لجن به غلظت مواد جامد ۴۶/۸ درصد رسیده است که بسیار مطلوب است و لجنی به‌نسبت خشک است که براحتی قابل بسته‌بندی و حمل و نقل است.

www.SID.ir

Archive of SID

نکتهٔ حایز اهمیت در این روش آن است که به نوع خاصی از مدیا و یا به سیستم‌های ایجاد خلاء و پمپ‌های مخصوص نیازی نیست و کافی است فقط با نصب شیرهای کنترل در دریچهٔ زهکشی همان بسترهای متداول ماسه‌ای با تکنیک ساده پر و تخلیهٔ آب، مکش ایجاد کرد. شایان ذکر است که در صورت وجود محدودیت‌هایی در مصرف آب می‌توان از همان پساب حاصل از زهکشی بستر نیز برای پر و تخلیه کردن بستر و ایجاد خلاء استفاده کرد. چنانچه لجن ورودی به بسترهای خشک‌کنندهٔ لجن، آمایش شود، سطح بستر مورد نیاز برای آبگیری را می‌توان تا بیش از ۵۰٪ کاهش داد. این نتیجه، نتایج حاصل از پژوهش‌های موردی پیشین را تأیید می‌کند.

مطالعات اخیر در سایر کشورها نیز نشان داده است که اگر لجن قبل از ریختن روی بسترهای خشک‌کننده، بخوبی آمایش شود تقریباً در یک سوم زمانی که برای خشک شدن لجن آمایش نشده وقت لازم است، خشک می‌شود. زمان خشک شدن لجن آمایش نشده را نیز بسته به شرایط، ۱۰ تا ۱۵ روز ذکر کرده‌اند. پساب خروجی از بستر لجن آمایش شده در مقایسه با لجن آمایش نشده دارای pH، کدورت، TSS، VSS و COD پایین‌تری است در حالی که TDS آن بالا رفته است.

اثر استفاده توأم از این دو روش، در بهینه‌سازی آبگیری لجن، یعنی آمایش شیمیایی لجن خروجی از هاضم هوازی و ایجاد مکش هیدرواستاتیکی، در بستر زمان ماند کیک لجن در ماه سرد سال از ۱۴ روز به ۶ روز کاهش می‌دهد که قابل توجه است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که به دلیل زمان ماند کوتاه لجن روی بستر، سطح آن قابل تغییر و کاهش است. در خصوص ویژگی‌های پساب نکته قابل ذکر این است که اثر توأم هر یک از فرضیات بر ویژگی‌های پساب در این قسمت توأماً دیده شد. بنابراین با استفاده از تکنیک‌های فوق می‌توان فرایند آبگیری از لجن فاضلاب شهری را بهینه کرد.

از میان شاخص‌های پایش شده پساب خروجی حاصل از زهکشی آب لجن در بستر خشک‌کننده موارد زیر است

- آمایش شیمیایی لجن، باعث افت شاخص‌های TS و TDS شده است.
- مکش هیدرواستاتیکی بستر باعث افت COD و TDS آن شده است که با توجه به بازگشت پساب حاصل از زهکشی به ابتدای فرایندهای زیستی تصفیه‌خانه قابل صرف نظر کردن است.

با توجه به نتایج این تحقیق و مشکلات موجود در آبگیری از لجن فاضلاب پیشنهادهای زیر برای ادامه ارائه می‌شود:

برای بهبود آبگیری از لجن در بسترهای خشک‌کنندهٔ فاضلاب شهری پیشنهاد می‌شود کف بتنی بستر خشک‌کننده به مقاطع شیب‌دار با شیب مناسب تقسیم و در محل تلاقی این سطوح شیبدار، لوله‌های زهکشی افقی تعبیه شود. این طرح سبب خواهد شد تا زهکشی در آن واحد از مجاری متعدد صورت گیرد و در انجام این عمل تسریع شود.

برای سرعت بخشیدن به عملیات زهکشی از بستر خشک‌کننده پیشنهاد می‌شود از زهکشی عمودی بستر نیز بهره گرفته شود. به این ترتیب که لوله‌های زهکشی عمودی منشعب از لوله زهکشی افقی در کف بستر تعبیه شود و عملیات زهکشی از سطوح مختلفی از لایه شنی و ماسه‌ای صورت گیرد. به این ترتیب خروج آب حاصل از زهکشی تسریع خواهد شد.

منابع مورد استفاده

عظیمی.ع، گلریزان.ف. ۱۳۸۱. تعیین روش بهینهٔ آمایش شیمیایی لجن در تصفیه‌خانهٔ فاضلاب شهرک قدس (غرب)، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

گنجی‌دوست، ح. ، خالقی سرنامی. م. ، مختارانی. ن. ۱۳۸۵. اثر پلیمرهای طبیعی و منعقدکننده‌های شیمیایی بر آبگیری از لجن فاضلاب شهری، مجلهٔ علوم و تکنولوژی پلیمر، سال نوزدهم، شمارهٔ ۶، ص ۴۸۵ تا ۴۹۱.

گنجی‌دوست،ح. علاقبند،ب. ۱۳۷۶. انتخاب روش انعقاد و ماده منعقدکنندهٔ مناسب برای بهبود آبگیری از لجن تصفیه‌خانهٔ فاضلاب شهری با استفاده از بسترهای لجن خشک‌کن، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

www.SID.ir

Archive of SID

American Public Health Association .1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed., Washington D. C., USA.

Boris,O. 1995. Vertical Drainage Drying Bed For Waste Sludge and Intensified Method Of Treating Wastewater, Atlanta, June.7, Elsevier

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

Dirkzwager,A.H. , P.L.,Hermite. 1988. Sewage Sludge Treatment and Use: New Developments, Technological Aspects and Environmental Effects. Elsevier Science, Gear Yarmouth, Norfolk.

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

Metcalf & Eddy, INC. 1991. Wastewater Engineering; Treatment, Disposal, Reuse, 3rd ed., McGraw Hill.

U.S. Environmental Protection Agency.1987. Design Manual : Dewatering Municipal Wastewater Sludges.

Water Environmental Federation (WEF) .1992. Sludge Conditioning , Manual of Practice (FED-14)

www.SID.ir