کاربرد سیستم تالاب مصنوعی با جریان زیرسطحی در تصفیه فاضلاب شهری در اقلیم سرد و خشک (مطالعه موردی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر اراک)

علی لطفی[1*] و مهران مامقانی‌نژاد[2]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۳۱)

چکیده

تالاب‌ها (برکه‌ها یا نیزارها) به‌عنوان سیستم‌های خود پالاینده، اهمیت زیادی در پالایش آلودگی آب‌ها و پساب‌ها داشته و مطالعات زیادی درباره کاربرد آنها در تصفیه فاضلاب‌های شهری و افزایش کارایی آنها صورت گرفته است. هدف از این پژوهش، بررسی کارایی تالاب مصنوعی در پالایش فاضلاب تصفیه‌خانه شهری در اقلیم خشک و سرد اراک است. در این پژوهش، سه سیستم تالاب مصنوعی از نوع جریان زیرسطحی، هر کدام به عرض سه متر و طول ۱۲ متر و عمق یک متر احداث و با استفاده از شن بادامی پر شد. در تالاب اول گیاه نی، در تالاب دوم گیاه لوئی کاشته شد و تالاب سوم بدون گیاه به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. نمونه‌های پساب ورودی و خروجی به هر تالاب به‌صورت دو هفته یکبار نمونه‌برداری و برای سنجش پارامترهای پساب به آزمایشگاه مرجع منتقل شد و میزان کل مواد جامد معلق (TSS)، COD، BOD، کلیفرم گوارشی (FC) و کلیفرم کل (TC) بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. محاسبات آماری در نرم‌افزار Excel و همچنین با استفاده از نرم‌افزار SPSS صورت گرفت. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که میانگین حذف TSS، COD، BOD، FC و TC به‌ترتیب در تالاب نی ۷۹، ۶۰/۷، ۴۵/۶، ۸۶/۱ و ۹۰/۱ درصد در تالاب لوئی به‌ترتیب ۷۷، ۶۱/۴، ۵۹/۸، ۹۲/۴ و ۹۳/۱ درصد و در برکه شاهد ۶۹، ۴۴/۵، ۴۳، ۸۳/۶ و ۸۸/۸ درصد است. از طرف دیگر آنالیز واریانس، نشان داد که بین میزان کارایی در فصول مختلف سال تفاوت معنی‌داری در بین تالاب‌های مختلف وجود دارد به‌نحوی که بیشترین کارایی در فصل تابستان و در تالاب لوئی دیده می‌شود. مقایسه نتایج به‌دست آمده با مطالعات صورت گرفته در داخل و خارج کشور، نشان‌دهنده وضعیت بسیار مطلوب تالاب‌های تحقیقاتی تصفیه‌خانه شهر اراک در کاهش پارامترهای آلاینده پساب است. نتایج کلی نشان می‌دهد که تالاب‌های مصنوعی از توان بالایی در پالایش پساب‌های شهری برخوردار بوده و قادر به کاهش میزان آلاینده‌های فاضلاب برای استفاده از آن در مصارف مختلفی از قبیل کشاورزی و یا تزریق به منابع آب سطحی و زیرزمینی است. افزایش طول بستر، ایجاد تأسیسات تصفیه مقدماتی فاضلاب، بهبود هوادهی تالاب‌ها، افزایش زمان ماند، افزودن مواد کربنی قابل تجزیه به بستر و حذف لایه ماسه حفاظتی روی بسترها، راهکارهای افزایش راندمان تالاب‌های مصنوعی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر اراک هستند.

واژه‌های کلیدی: فاضلاب شهری، تالاب مصنوعی، تصفیه‌خانه فاضلاب شهر اراک، گیاه نی، گیاه لوئی

۱. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران
۲. دفتر بهبود بهره‌وری و تحقیقات شرکت آب و فاضلاب استان مرکزی، ایران
*: مسئول مکاتبات: lotfi@iut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

پساب‌ها و فاضلاب‌های شهری و غیرشهری (کشاورزی، صنعتی و ...) از عمده‌ترین مشکلات محیط زیستی شهرنشینی در دنیای امروزی هستند که عدم جمع‌آوری و تصفیه و دفع نامناسب آنها باعث بروز آلودگی محیط زیست از قبیل آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی، آلودگی خاک‌ها، انتشار عوامل بیماری‌زا و میکرب‌ها، انتشار بوی نامطبوع و ... می‌شود. از طرف دیگر عدم تصفیه صحیح فاضلاب‌ها، می‌تواند منبع ارزشمندی از آب را که قابلیت تأمین بسیاری از نیازهای جوامع امروزی از قبیل کشاورزی و فضای سبز را دارد را تلف ساخته و از دسترس خارج سازد (۲۵).

امروزه روش‌ها و فرایندهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و زیستی برای تصفیه فاضلاب وجود دارد که هر کدام از این روش‌ها، مزایا و محدودیت‌های خاص خود را دارد و استفاده از آنها نیز وابسته به نوع و حجم فاضلاب تولیدی است. تالاب‌های مصنوعی (Constructed Wetland، برکه‌ها یا نیزارهای مصنوعی) سیستم‌های تالابی مهندسی شده هستند که از فرایندهای طبیعی شامل عملکرد گیاهان، خاک و میکروارگانیسم‌ها، در تصفیه پساب استفاده می‌کند. از تالاب‌های مصنوعی علاوه بر تصفیه فاضلاب شهری، می‌توان برای تصفیه فاضلاب صنعتی، رواناب کشاورزی، شیرابه محل دفن زباله، زلال‌سازی و تصفیه پیشرفته پساب، احیای دریاچه‌های مغذی شده (Eutrophic lake، اتوتروف)، تصفیه آب‌های آلوده به مواد مغذی نظیر فسفر و نیترات و همچنین دنیفریفیکاسیون پساب‌ها استفاده کرد (۱۰).

تالاب‌های مصنوعی از حدود پنج دهه قبل به‌عنوان جزئی از سیستم تصفیه فاضلاب مورد توجه واقع شده و شامل دو دسته تالاب‌های جریان سطحی با سطح آزاد آب یا FWS (Free Water Surface) و تالاب‌های زیرسطحی یا SSF (Sub Surface Flow) با جریان عمودی رو به بالا و جریان افقی می‌شوند. تالاب‌های مصنوعی از شن، ماسه و سایر مواد متخلخل پرشده که بستر مناسبی را برای رشد گیاهان به‌عنوان جزء زنده این سیستم تشکیل می‌دهند (۱۳). فرایندهای مختلف تصفیه فیزیکی، شیمیایی و زیستی در تالاب‌های تصفیه صورت می‌گیرد و همچنین فرایند تصفیه به‌وسیله گیاهان، جلبک‌ها، میکروارگانیسم‌ها، آب، خاک و خورشید تشدید و تقویت می‌شود. مهم‌ترین مکانیسم حذف آلاینده‌ها در تالاب‌های با جریان زیرسطحی، توسط فیلتراسیون فیزیکی ذرات معلق توسط توده زیستی و پوشش‌گیاهی و سرعت کم جریان حاصل می‌شود. سایر مکانیسم‌های حذف و تصفیه شامل ترسیب شیمیایی و جذب مواد مغذی مثل فسفر به‌وسیله خاک، شکار و مرگ طبیعی پاتوژن‌ها مانند اشرشیاکلی و کریپتوسپوریدیوم توسط افزایش تنوع و تراکم شکارچیان طبیعی (مثل پروتوزوئرها) و افزایش تابش اشعه ماورای بنفش خورشید است (۲).

اهمیت استفاده از تالاب‌های مصنوعی، در کاهش هزینه‌ها از طریق استفاده از فرایندهای طبیعی به‌جای روش‌های مرسوم پرهزینه و با مصرف بالای انرژی در تصفیه فاضلاب است. تصفیه فاضلاب خانگی با تالاب‌های مصنوعی، اولین بار توسط سیدل، هپل و کیچوث در دهه ۶۰ میلادی در آلمان طرح و مورد استفاده قرار گرفت (۳۵). اگرچه طبق آمار موجود حدود ۲۰۰۰۰۰ تالاب مصنوعی تاکنون در دنیا برای تصفیه فاضلاب احداث شده است (۲۶)، در ایران تنها ۰/۶ درصد از کل سیستم‌های تصفیه فعال کشور برای تصفیه فاضلاب‌های شهری از این نوع است (۲۴).

جنبه‌های مثبت استفاده از تالاب‌ها برای تصفیه فاضلاب عبارت‌اند از: عملکرد ساده، هزینه پایین ساخت تأسیسات، به‌دام انداختن فیزیکی آلاینده‌ها از طریق جذب سطحی توسط خاک و همچنین جذب مواد آلی، مصرف و انتقال عناصر به‌وسیله میکروارگانیسم ها، نیاز به انرژی کم و نگهداری کمتر، امکان بهره‌برداری با راندمان بالا در درجه حرارت‌های مختلف در فصل تابستان و زمستان، امکان استفاده از نیزارهای طبیعی، انتخاب محل تصفیه خانه دور از مناطق مسکونی، عدم تولید بوی نامطبوع، ایجاد فضای سبز و ایجاد اکوسیستم مناسب برای

www.SID.ir

Archive of SID

جذب و نگهداری از حیات وحش و در نتیجه ارتقای تنوع زیستی منطقه، بهبود آب و هوای منطقه و کنترل فرسایش آب و باد اشاره کرد (۱۹). از طرف دیگر این سیستم‌ها در عین داشتن تکنولوژی پایین، دارای راندمان بالایی هستند . تالاب‌ها و برکه‌های تصفیه به‌دلیل تشکیل سیستم ترکیبی از اجزای فیزیکی، زنده گیاهی و جانوری و میکروارگانیسم‌ها، می‌توانند مقادر زیادی از اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD)، جامدات معلق (SS)، مواد مغذی از قبیل نیتروژن و فسفر (P,N)، پاتوژن‌ها، فلزات سنگین و سایر عناصر کمیاب را حذف کند (۳). بر اساس نتایج تحقیقات صورت گرفته، برکه‌های تثبیت قابلیت حذف ۷۰ تا ۹۰ درصدی میزان BOD، کاهش ۹۰ درصدی COD، کاهش ۷۵ درصدی TSS، کاهش ۹۹ درصدی TC، کاهش تعداد باکتری‌ها و ویروس‌ها تا ۹۹/۹ درصد، کیست پروتوزواها و کاهش تعداد تخم انگل‌ها تا ۱۰۰ درصد را دارد (۵).

در زمینه بررسی کارایی تالاب‌های مصنوعی در تصفیه پساب‌ها، مطالعات مختلفی در داخل و خارج کشور صورت گرفته است. حق‌شناس آدرمنابادی و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی کارایی تالاب مصنوعی زیرسطحی بر تصفیه پساب در اصفهان پرداختند (۷). مطالعه آنها نشان داد که تالاب از راندمان بالایی در حذف بار آلی پساب (بین ۷۷ تا ۸۶ درصد) برخوردار است ولی نوع گیاه (لوئی و نی) اثر معنی‌داری بر میزان کارایی آن ندارد. در مطالعه دیگری اسلامی و همکاران کارایی تالاب مصنوعی زیرسطحی در حذف میزان BOD، COD و TSS در مقایسه با برکه تثبیت را مورد تحقیق قرار دادند (۵). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تالاب مصنوعی از راندمان بالاتری در حذف پارامترهای ذکر شده برخوردار بوده و بنابراین از نظر کارایی و اقتصادی مقرون به صرفه است. مطالعه دیگری توسط سالاری و همکاران برای بررسی عملکرد تالاب مصنوعی در بهبود کیفیت پساب روستای مراد تپه از توابع کرج صورت گرفت (۱۷). این مطالعه نیز نشان داده که تالاب‌های مصنوعی قابلیت زیادی در کاهش میزان BOD، COD و جامدات معلق به‌ترتیب به میزان ۷۹، ۷۰ و ۷۶ درصد دارند. احرامپوش و همکاران نیز اقدام به ارزیابی کارایی تالاب مصنوعی در بهبود کیفیت فاضلاب خروجی از تصفیه‌خانه شهر یزد با استفاده از سیستم تالاب مصنوعی با جریان زیر سطحی و گیاه نخل مرداب کردند (۴). نتایج به‌دست آمده نشان داد که استفاده از گیاه در تالاب مصنوعی با جریان زیر سطحی باعث افزایش عملکرد تالاب در حذف آلاینده‌ها به‌ویژه BOD، COD، جامدات معلق، کلیفرم کل و کلیفرم گوارشی به‌ترتیب به میزان ۷۴، ۷۰، ۷۳، ۳۳ و ۳۸ درصد نسبت به تالاب شاهد شده است. رحمانی ثانی و همکاران نیز به مطالعه بازده تالاب مصنوعی سبزوار در دو حالت جریان پیوسته و ناپیوسته فاضلاب در حذف پارامترهای مختلف پرداختند (۱۵). نتایج این پژوهش نیز نشان داد که تالاب مصنوعی صرف نظر از نوع جریان، از بازده بالایی در کاهش آلاینده‌های پساب برخوردار است. این تحقیق نشان داده که تالاب مصنوعی با جریان ناپیوسته، میزان پارامترهای پساب از جمله BOD و TSS را بیشتر و به‌ترتیب به میزان ۹۲ و ۹۷ درصد در مقایسه با راندمان تالاب با جریان پیوسته (به‌ترتیب ۷۷ و ۹۲ درصد) کاهش داده است. همچنین پژوهش‌های متعددی در داخل کشور در زمینه بررسی کارایی تالاب‌های مصنوعی و مطالعه مشخصه‌های مختلف آنها از قبیل میزان جریان هیدرولوژیکی، ابعاد، نوع مواد پرکننده در میزان حذف عوامل آلاینده مختلف، صورت گرفته است که از جمله آنها می‌توان به مطالعه اخروی و همکاران در بررسی نوع توزیع جریان پساب و رفتار هیدرولیکی تالاب (۱۴) اشاره کرد.

در خارج از کشور نیز مطالعات گسترده‌ای در زمینه کاربرد تالاب‌های مصنوعی در کاهش آلاینده‌های پساب‌ها صورت گرفته که همگی بر راندمان بالای آنها در حذف پارامترهای آلاینده اشاره کرده‌اند. از جمله سعید و همکاران به بررسی حذف مواد آلی و ازت و فسفر در تالاب مصنوعی هیبریدی (با جریان افقی و عمودی) پرداختند (۱۶). آنها در مطالعه خود ترکیبی از ماسه، شن و بیوچار را برای پرکردن تالاب‌ها آزمایشی استفاده کردند. مطالعه آنها نشان داد که ترکیبی از

www.SID.ir

Archive of SID

تالب‌های افقی و عمودی و استفاده از کربن فعال، باعث کاهش بالای ۹۰ درصدی بار آلی BOD، ۹۰ درصدی ازت و ۱۰۰ درصدی فسفر شده است.

هدف از این پژوهش، سنجش توان و کارایی تالاب‌های مصنوعی با استفاده از برخی گیاهان بومی آبزی و کنار آبزی (مانند بوریا، لوئی و ...) در افزایش کارایی تصفیه پساب واحد تصفیه‌خانه شهر اراک است که بدین منظور اجرای یک طرح پایلوت در قالب ساخت برکه‌های تثبیت با بستری از انواع گیاهان و سنجش میزان کاهش پارامترهای آلاینده پساب پس از خروج از این برکه‌ها پیش‌بینی شده است. یکی از اهداف اصلی این پژوهش، ارزیابی کارایی تالاب‌ها در حذف پارامترهای آلاینده پساب تصفیه‌خانه در فصول سرد سال نسبت به سایر فصول با توجه به اقلیم سرد و نیمه‌خشک اراک است. به‌دلیل افت کارایی برکه‌های تثبیت تصفیه‌خانه فاضلاب اراک، استفاده از روشی که قادر به افزایش بازدهی آن در فصول سرد باشد، حائز اهمیت است. اهمیت این موضوع در این نکته است که اصولاً کارایی تالاب‌ها با کمک گیاهان کشت شده در آنها افزایش یافته و عدم فعالیت گیاهان در فصول سرد سال، می‌تواند ایده استفاده از تالاب‌های مصنوعی برای مناطق سردسیر را با ابهام مواجه سازد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در تصفیه‌خانه فاضلاب شهر اراک انجام شده است. متوسط ارتفاع منطقه ۱۷۰۸ متر بالاتر از سطح دریا بوده و منطقه با متوسط بارندگی سالیانه ۳۲۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۱۳/۸ درجه سانتی‌گراد بر اساس طبقه‌بندی آمبرژه دارای اقلیم نیمه‌خشک و سرد و بر اساس طبقه‌بندی دمارتن دارای اقلیم نیمه‌خشک است (۹). تصفیه‌خانه فاضلاب شهر اراک در دو کیلومتری جنوب غربی تالاب واقع شده و پساب تصفیه‌خانه به آن تخلیه می‌شود. بنابراین افزایش کیفیت پساب خروجی از تصفیه‌خانه و رعایت استانداردهای موجود حائز اهمیت است.

طراحی و احداث تالاب‌های مصنوعی

سه سیستم تالاب مصنوعی از نوع سیستم زیرسطحی به ابعاد ۳×۱۲ متر و عمق ۱ متر و با یک درصد شیب بستر، پس از حفر زمین و عایق‌سازی استخر با استفاده از ورقه‌های ژئوممبران احداث شد. برای پرکردن بسترها از شن بادامی با ابعاد ۴ تا ۱۲ میلی‌متر و تخلخل ۴۳ درصد استفاده شد. همچنین برای ایجاد سازه توزیع‌کننده و خارج‌کننده پساب در ابتدا و انتهای هر بستر (به عرض ۸۰ سانتی‌متر) از قلوه‌سنگ (ابعاد ۴۰ تا ۸۰ میلی‌متر) استفاده شد. در بستر یک و دو به‌ترتیب گیاه لوئی (*Typha latifolia*) و گیاه نی (*Phragmites australis*) از سطح منطقه جمع‌آوری و به فاصله ۴۰ سانتی‌متر از همدیگر و در عمق ۳۰ سانتی‌متری بسترها کشت شد (شکل ۱). بستر شماره سه به‌عنوان بستر شاهد، فاقد هر گونه گیاه بود. شبکه توزیع پساب در ابتدای هر بستر و شبکه جمع‌آوری و کنترل ارتفاع پساب در انتهای بسترها طراحی و نصب شد. پساب خروجی از برکه‌های تثبیت تصفیه‌خانه اراک، به میزان ۱/۵ لیتر در دقیقه وارد هر تالاب شد.

نمونه‌برداری، آزمایش‌ها و محاسبات آماری

پس از طی شدن چهار هفته به‌منظور تثبیت و رشد مناسب گیاهان کشت شده، نمونه‌های پساب از ورودی و خروجی هر تالاب به‌صورت دو هفته یکبار در ظروف یک لیتری تهیه و بلافاصله به آزمایشگاه معتمد شرکت آب و فاضلاب استان مرکزی در محل تصفیه‌خانه منتقل شد. پارامترهای مورد سنجش روی نمونه‌ها شامل دما، pH، TSS، COD، BOD، FC و TC بود که بر اساس روش‌های استاندارد آزمایشگاهی (pH مطابق ASTM D-1293، TSS مطابق 2540-D، COD مطابق 5220-D، BOD مطابق 5210-B، FC و TC مطابق 9921-C) مورد سنجش قرار گرفتند (۶). داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تحلیل آماری (آنالیز واریانس یک‌طرفه و انحراف معیار) قرار گرفت. قبل از آن، از آزمون کولموگروف– اسمیرنوف برای اطمینان یافتن از نرمال بودن توزیع داده‌ها استفاده (۱۲) و نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شد.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱. نمائی از بستر شماره ۱، کشت شده با گیاه اوئی

جدول ۱. نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان pH در ورودی و خروجی سه تالاب مصنوعی

pH	ورودی	خروجی		
		تالاب لوئی	تالاب نی	تالاب شاهد
میانگین	۷/۵	۷/۵	۷/۵	۷/۶
حداکثر	۸/۵۳	۸/۳۱	۸/۳۳	۸/۲۴
حداقل	۷/۰۱	۶/۹۹	۶/۹۳	۷/۱۴
انحراف معیار	۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۲۱

جدول ۲. نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان TSS در ورودی و خروجی سه تالاب مصنوعی

TSS	ورودی	خروجی		
		تالاب لوئی	تالاب نی	تالاب شاهد
میانگین و انحراف معیار (mg/L)	۱۳۵/۰ ± ۴۱/۴	۲۴/۱ ± ۶/۹	۳۸/۳ ± ۶/۱	۳۰/۲ ± ۵/۷
کارایی (درصد حذف)	۰	۷۷	۷۹	۶۹

یافته‌ها

نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌ها برای پارامترهای pH، TSS، BOD، COD و کلیفرم کل و گوارشی در جدول (۱ تا ۵) نشان داده شده است. میانگین pH ورودی به سیستم ۷/۵ بوده و میانگین خروجی آن برای تالاب لوئی، نی و شاهد به‌ترتیب معادل ۷/۵، ۷/۵ و ۷/۶ بوده است. بررسی میزان pH نشان می‌دهد که طی فرایندهای مختلف در تالاب‌های مصنوعی تحت آزمایش، pH تغییرات زیادی نداشته است (جدول ۱).

در جدول (۲) میزان کل مواد جامد معلق (TSS) اندازه‌گیری شده در ورودی و خروجی تالاب‌ها نشان داده شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، هر سه تالاب مصنوعی از میزان مواد جامد معلق کاسته‌اند، اگرچه اختلاف معنی‌داری بین آنها دیده نشد ($P > ۰/۰۵$).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. نتایج حاصل از آزمایش میزان BOD در ورودی و خروجی تالاب‌ها (بر حسب میلی‌گرم بر لیتر) و درصد کارایی هر تالاب

BOD	ورودی	خروجی		
		تالاب لوئی	تالاب نی	تالاب شاهد
میانگین و انحراف معیار (mg/L)	۷۶/۸ ± ۱۸/۸	۳۱/۸ ± ۵/۹	۴۰/۳ ± ۱۱/۶	۴۴/۴ ± ۱۲/۲
کارایی (درصد حذف)	۰	۵۹/۸	۴۵/۶	۴۳/۰

جدول ۴. نتایج حاصل از آزمایش میزان COD در ورودی و خروجی تالاب‌ها (بر حسب میلی‌گرم بر لیتر) و درصد کارایی هر تالاب

COD	ورودی	خروجی		
		تالاب لوئی	تالاب نی	تالاب شاهد
میانگین و انحراف معیار (mg/L)	۲۰۷/۱ ± ۶۶/۶	۱۰۵/۳ ± ۱۷/۱	۱۱۴/۶ ± ۳۲/۹	۱۱۷/۰ ± ۲۷/۱
کارایی (درصد حذف)	۰	۶۱/۴	۶۰/۷	۴۴/۵

جدول ۵. نتایج حاصل از آزمایش میزان کلیفرم گوارشی در ورودی و خروجی تالاب‌ها (MPN/۱۰۰ mL) و درصد کارایی هر تالاب

کلیفرم گوارشی	ورودی	خروجی		
		تالاب لوئی	تالاب نی	تالاب شاهد
میانگین و انحراف معیار (mg/L)	$۱/۲۵\times۱۰^{۶} \pm ۰/۵۲\times۱۰^{۶}$	$۰/۱۳\times۱۰^{۶} \pm ۰/۰۵\times۱۰۶$	$۰/۱۰\times۱۰^{۶} \pm ۰/۰۵\times۱۰^{۶}$	$۰/۱۲\times۱۰^{۶} \pm ۰/۰۵\times۱۰^{۶}$
کارایی (درصد حذف)	-	۹۲/۴	۸۶/۱	۸۳/۶

بر اساس نتایج به‌دست آمده میزان BOD ورودی به‌طور میانگین ۷۶/۸ در هر سه تالاب بوده و تالاب لوئی دارای کمترین میزان BOD در خروجی با میانگین ۳۱/۸ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. تالاب نی با میانگین خروجی ۴۰/۳ و تالاب شاهد نیز با میانگین خروجی ۴۴/۴ میلی‌گرم بر لیتر، در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول ۳). از نظر کارایی، تالاب لوئی با حذف ۵۹/۸ درصد از میزان BOD دارای کارایی بیشتری نسبت به تالاب نی (با درصد حذف ۴۵/۶) و تالاب شاهد (با ۴۳ درصد حذف) بوده است (جدول ۳). نتایج آنالیز واریانس تفاوت معنی‌داری میان میزان کارایی سه تالاب در کاهش میزان BOD نشان نداد ($P > ۰/۰۵$).

از نظر میزان COD نیز نتایج نشان داد که میانگین COD ورودی به هر سه تالاب برابر ۲۰۷/۱ میلی‌گرم بوده و میزان COD خروجی از سه تالاب به‌طور میانگین برابر ۱۰۵/۳، ۱۱۴/۶ و ۱۱۷ میلی‌گرم بر لیتر به‌ترتیب برای تالاب لوئی، نی و شاهد بوده است. از این‌رو تالاب لوئی با حذف ۶۱/۶۴ درصد از بار آلی دارای بیشترین کارایی بوده و سپس تالاب نی با میانگین حذف ۶۰/۷ درصد، بیشترین کارایی را نسبت به تالاب شاهد با حذف ۴۴/۵ درصد COD داشته است (جدول ۴). از طرف دیگر نتیجه آنالیز واریانس تفاوت معنی‌داری میان میزان کارایی سه تالاب مصنوعی در کاهش میزان COD نشان نداد ($P > ۰/۰۵$).

بر اساس نتایج به‌دست آمده میانگین تعداد کلیفرم گوارشی در ورودی هر سه تالاب $۱/۲۵\times۱۰^{۶}$ در ۱۰۰ میلی‌لیتر پساب با انحراف معیار ۵۲۰۰۰۰ بوده است. همچنین نتایج آنالیز خروجی پساب از تالاب‌ها نشان داد که تالاب لوئی با میانگین $۰/۱۳\times۱۰^{۶}$ کلیفرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر پساب، دارای بیشترین حذف کلیفرم به میزان ۹۲/۴ درصد بوده است.

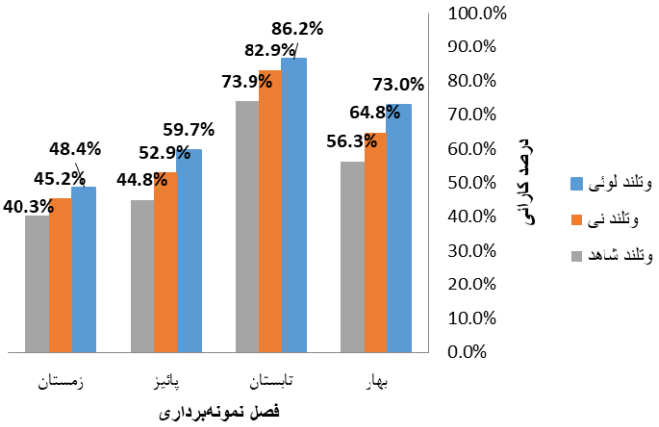
تالاب نی با میانگین خروجی $۰/۱۰\times۱۰^{۶}$ کلیفرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر پساب، دارای ۸۶/۱ درصد حذف و تالاب شاهد با میانگین خروجی $۰/۱۲\times۱۰^{۶}$ کلیفرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر پساب، دارای ۸۳/۶ درصد حذف کلیفرم گوارشی بوده است (جدول ۵).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶. نتایج حاصل از آزمایش میزان کلیفرم کل در ورودی و خروجی تالاب‌ها (بر حسب میلی‌گرم بر لیتر) و درصد کارایی هر تالاب

کلیفرم کل	ورودی	خروجی		
		تالاب لوئی	تالاب نی	تالاب شاهد
میانگین و انحراف معیار (mg/L)	۱/۳۷×۱۰^{۶} ± ۰/۳۴×۱۰^{۶}	۰/۱۳×۱۰^{۶} ± ۰/۰۶×۱۰۶	۰/۱۴×۱۰^{۶} ± ۰/۰۴×۱۰^{۶}	۰/۱۳×۱۰^{۶} ± ۰/۰۵×۱۰^{۶}
کارایی (درصد حذف)	–	۹۳/۱	۹۰/۱	۸۸/۸



شکل ۲. تغییرات میزان کارایی تالاب‌های مصنوعی در حذف میزان BOD در طول زمان

آزمون واریانس یک‌طرفه، اختلاف معنی‌داری را میان سه تالاب مصنوعی از نظر میزان کارایی در کاهش کلیفرم گوارشی نشان نداد (P > ۰/۰۵).

نتیجه آزمایش نمونه‌های پساب ورودی و خروجی از تالاب‌ها برای سنجش میزان کلیفرم کل نشان داد که میانگین تعداد کلیفرم کل ورودی هر سه تالاب ۱/۳۷×۱۰^{۶} در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر پساب با انحراف معیار ۳۴۰۰۰۰ بوده است. نتایج آنالیز خروجی پساب از تالاب‌ها نشان‌دهنده کارایی ۹۳/۱ درصدی تالاب لوئی در حذف کلیفرم کل (میانگین ۰/۱۳×۱۰۶ کلیفرم کل در ۱۰۰ میلی‌لیتر پساب) بوده است. تالاب نی با میانگین ۰/۱۴×۱۰^{۶} کلیفرم کل در ۱۰۰ میلی‌لیتر پساب، دارای ۹۰/۱ درصد حذف بوده است. تالاب شاهد با میانگین خروجی ۰/۱۳×۱۰^{۶} کلیفرم کل در ۱۰۰ میلی‌لیتر پساب، دارای ۸۸/۸ درصد حذف کلیفرم کل بوده است (جدول ۶).

نتیجه آزمون واریانس یک‌طرفه، اختلاف معنی داری را میان سه تالاب مصنوعی از نظر میزان کارایی در کاهش کلیفرم کل نشان نداد (P > ۰/۰۵).

نمودار شکل (۲) نشان‌دهنده درصد حذف BOD در فصول مختلف توسط تالاب‌های طراحی شده است.

این نمودار مشخص می‌سازد که بیشترین کارایی تالاب‌ها در حذف BOD در فصل تابستان و کمترین میزان آن نیز در فصل زمستان بوده است. تحلیل آماری نتایج نشان می‌دهد که در تالاب لوئی اختلاف معنی‌داری (p < ۰/۰۵) از نظر میزان حذف BOD بین دو فصل تابستان- زمستان و پاییز- زمستان مختلف وجود دارد. میزان حذف BOD در تالاب نی و تالاب شاهد در فصول مختلف معنی‌دار نبوده است (P > ۰/۰۵).

برای بررسی میزان تأثیر فصلی تالاب‌ها بر کاهش میزان COD، آنالیز واریانس یک‌طرفه بین داده‌های به‌دست آمده صورت گرفت. گروه‌بندی نتایج حاصل در قالب فصول مختلف در شکل (۳) نشان داده شده است.

به‌طور کلی کارایی تالاب‌ها در حذف COD در فصل تابستان بیشتر از همه فصول و در زمستان کمترین میزان بوده است. تحلیل آماری نتایج نشان می‌دهد که فقط کارایی تالاب لوئی در کاهش COD دارای اختلاف معنی‌داری (p < ۰/۰۵)

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۳. تغییرات میزان کارایی تالاب‌های مصنوعی در حذف میزان COD در طول زمان

جدول ۷. راندمان (درصد) حذف BOD، COD، کلیفرم گوارشی و کلیفرم کل در سه تالاب

پارامتر	تالاب لوئی	تالاب نی	تالاب شاهد
BOD	۵۹/۸	۴۵/۶	۴۳
COD	۶۱/۴	۶۰/۷	۴۴/۵
کلیفرم گوارشی	۹۲/۴	۸۶/۱	۸۳/۶
کلیفرم کل	۹۳/۱	۹۰/۱	۸۸/۸

بین دو فصل بهار- زمستان و تابستان- زمستان است. میزان حذف COD در تالاب‌های نی و شاهد در فصول مختلف معنی‌دار نبوده است ($P > ۰/۰۵$).

نتایج و بحث

روش تصفیه پساب با استفاده از تالاب‌های مصنوعی، از جمله روش‌های نسبتاً جدید برای تصفیه پساب است که تکیه این روش بر فرایندهای طبیعی در حذف و کاهش آلاینده‌ها است، بنابراین قبل از به‌کارگیری وسیع آن در هر منطقه آب‌وهوایی، ابتدا بایستی مطالعات مقدماتی در زمینه سنجش کارایی آن و انتخاب گونه مناسب با توجه به منطقه جغرافیایی صورت گیرد. در این مطالعه نیز به منظور سنجش کارایی این سیستم در حذف آلاینده‌ها از دو گیاه نی و لوئی به‌همراه یک تالاب شاهد در تصفیه‌خانه فاضلاب شهر اراک استفاده شد.

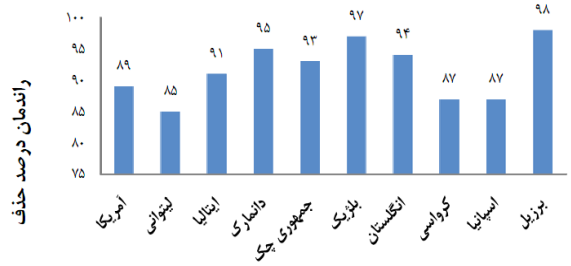
بررسی میزان pH نشان داد که این پارامتر از دامنه تغییرات بسیار کمی در هر سه تالاب مصنوعی برخوردار بوده (بین ۶/۹ تا ۸/۳ با میانگین ۷/۵) که در مقایسه با استاندارد کشورمان درباره حد مجاز خروجی پساب، تغییرات آن برای هر سه دسته تخلیه به آب‌های سطحی، تخلیه به چاه جاذب و مصارف کشاورزی، در حد استاندارد است. این مسئله را می‌توان به خاصیت بافری تالاب‌ها، ناشی از جنس مواد بستر تالاب و فرایندهای بیوشیمیایی درون آن (مثل تولید گاز CO_2 و فعالیت میکروبی هوازی و بی‌هوازی درون تالاب) نسبت داد (۱۸).

نتایج کلی این پژوهش نشان‌دهنده نقش مؤثر تالاب‌های مصنوعی در کاهش میزان آلاینده‌های مختلف است (جدول ۷).

هر سه تالاب توانسته‌اند میزان TSS پساب خروجی را به سخت‌گیرانه‌ترین بخش استاندارد خروجی فاضلاب در بخش تخلیه به منابع آب سطحی (۴۰ میلی‌گرم بر لیتر) برسانند (جدول ۲). مقایسه نتایج خروجی هر سه تالاب مصنوعی با استاندارد خروجی فاضلاب برای پارامتر BOD نشان می‌دهد که هر سه میزان BOD را به سطح قابل قبول برای استفاده از پساب برای مصارف کشاورزی و آبیاری (۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) رسانده‌اند،

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. نمودار راندمان حذف میزان BOD فاضلاب شهری توسط تالاب مصنوعی با جریان زیرسطحی (۵)

(جدول ۳) کارایی تالاب لوئی از نظر قابل قبول کردن کیفیت پساب برای تخلیه به منابع آب سطحی، با توجه به قرار گرفتن تصفیه‌خانه فاضلاب شهر ارک در نزدیکی تالاب میقان و تخلیه پساب خروجی به آن حائز اهمیت است. مقایسه نتایج حاصل از میزان COD خروجی از سه تالاب نشان دهد که هر سه تالاب پساب خروجی را به حد استاندارد پساب مورد استفاده در بخش کشاورزی و آبیاری (۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) رسانده‌اند (جدول ۴). مقایسه نتایج تالاب‌ها با حد مجاز استاندارد کلیفرم گوارشی (۴۰۰ MPN/۱۰۰L) و کلیفرم کل (۱۰۰۰ MPN/۱۰۰L) نشان داده که با وجود کارایی ۸۳ تا ۹۳ درصدی تالاب‌های مورد مطالعه در کاهش بار آلودگی میکروبی (جدول ۷)، توان تالاب‌ها در مقایسه با استاندارد خروجی فاضلاب کافی نیست (جداول ۵ و ۶) و نیاز به گندزدایی مجدد دارد. نتایج به‌دست آمده در این بخش با نتایج گزارش شده توسط سبحان و همکاران (۲۱)، احرام‌پوش و همکاران (۴) و استات و همکاران (۲۲) همخوان است.

مقایسه کارایی تالاب‌های مصنوعی با همدیگر نشان می‌دهد که کارکرد مؤثرتر تالاب لوئی در کاهش پارامترهای COD، BOD، FC و TC در مقایسه با تالاب نی و تالاب شاهد (بدون گیاه) است (جدول ۷). با این وجود اختلاف معنی‌داری بین سه گروه تالاب مشاهده نشد. این مسئله نشان می‌دهد که اگرچه وجود گیاه در بستر باعث افزایش کارایی شده ولی این افزایش معنی‌دار نیست. در ضمن تفاوت خاصی از نظر میزان اثرگذاری گیاه لوئی و نی در کاهش آلاینده‌ها مشاهده نشد. نتایج به‌دست آمده در این پژوهش با نتایج مطالعات مشابه از جمله تالاب مصنوعی یزد (۹) و تالاب مصنوعی ساری (۲۸) همخوانی دارد. در مطالعات صورت گرفته در خارج از کشور نیز این یافته گزارش شده است (۱، ۲۳ و ۲۷). در این مطالعات نشان داده شده که تالاب‌های مصنوعی توانایی بالایی در کاهش بار آلی پساب (BOD و COD) و سایر پارامترهای آلاینده آن از قبیل TSS و TC دارند، اگرچه میزان تأثیر گیاهان بستر، محل بحث است. اصولاً مواد آلی کربنی در تالاب‌های مصنوعی به دو روش هوازی و بی‌هوازی تجزیه می‌شوند. هر دوی این فرایندها متأثر از عواملی مثل دما، میزان اکسیژن دردسترس، میزان بارگذاری و زمان ماند هیدرولیکی است (۲۹). وجود گیاهان در بستر علاوه بر تشدید فعالیت تجزیه آلاینده‌ها به‌دلیل هوادهی، تجزیه زیستی و از نظر تأثیر بر میکروکلیمای منطقه، ایجاد یک اکوسیستم کوچک مصنوعی، جذب حیات وحش، ایجاد فرصتی برای تحقیق و آموزش درباره محیط زیست و تغییر در سیمای سرزمین و در نتیجه افزایش توجه مردم به فرایند تصفیه پساب قابل توجه است (۲۰).

در مطالعات متعدد صورت‌گرفته در خارج نیز، نتایج به‌دست آمده همگی مبنی بر کارایی بالای تالاب‌های مصنوعی در کاهش قابل توجه میزان BOD و COD است (۲۳). به‌عنوان مثال در شکل (۴) کارایی تالاب‌های مصنوعی در کشورهای مختلف در کاهش میزان BOD مقایسه شده است. همانطور که اعداد نشان می‌دهد راندمان کاهش BOD در این مطالعات بین ۸۵ تا ۹۸ درصد متغیر است.

از طرف دیگر نتایج نشان می‌دهد که کارایی تالاب‌ها در ماه‌های گرم سال بیشتر بود و با سرد شدن تدریجی هوا از میزان کارایی

www.SID.ir

Archive of SID

آنها در حذف بار آلی پساب کاسته می‌شود. بیشترین میزان درصد حذف در تالاب‌ها در فصل تابستان و کمترین میزان حذف نیز در فصل زمستان رخ داده است (شکل‌های ۲ و ۳). این موضوع در مطالعات متعددی گزارش شده (۸ و ۱۱) و راه‌حل‌های مختلفی از جمله افزایش هوادهی در تالاب، افزایش عمق تالاب به بیش از ۵۰ سانتی‌متر و استفاده از فیلترهای بیولوژیک در ورودی پساب به تالاب مصنوعی (۸ و ۱۱) پیشنهاد شده است.

در زمینه پارامترهای ساختاری مؤثر بر راندمان تالاب‌های مصنوعی، جنس و ابعاد مواد پرکننده نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. شن درشت و با جنس آهکی و یا بیوچار از کارایی بیشتری در حذف آلاینده‌های پساب برخوردارند (۹) استفاده از شن شکسته به‌جای شن رودخانه به‌دلیل داشتن سطح تماس بیشتر با پساب، می‌تواند دلیل عدم تفاوت معنی‌دار میان سه تالاب و تعیین‌کننده نبودن نقش گیاهان در تصفیه پساب باشد (۳۰).

در این مطالعه جنس و ابعاد شن پرکننده تالاب و زمان ماند پساب در تالاب به‌دلیل محدودیت‌های پژوهش مورد مطالعه قرار نگرفت. از این‌رو در پژوهش‌های بعدی، بررسی بیشتر عناصر ساختاری تالاب توصیه می‌شود.

نتیجه‌گیری

استفاده از تالاب‌های مصنوعی در تصفیه پساب به‌دلیل هزینه‌های کمتر، راهبری ساده‌تر و ایجاد محیط اکولوژیک جذاب‌تر، امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از این تکنولوژی، در شرایط آب‌وهوایی متفاوت مورد توجه قرار گرفته و برای توصیه آن برای هر منطقه‌ای، نیاز به بررسی شرایط مختلف آب‌وهوایی، گیاه‌شناسی و بررسی متغیرهای تالاب از نظر ابعاد بهینه، زمان ماند هیدرولوژیک و سنجش کارایی آن است. نتایج این پژوهش نشان داد که تالاب‌های مصنوعی از کارایی بالایی در کاهش آلاینده‌های پساب مثل بار آلی، بار میکروبی و میزان مواد معلق جامد برخوردار هستند. اگرچه وجود گیاهان در تالاب باعث افزایش کارایی آنها در تصفیه پساب شده ولی میزان آن معنی‌دار نیست. با این وجود، بیشترین بازدهی توسط گیاه لوئی حاصل شده است. می‌توان با اقداماتی نظیر افزایش زمان ماند و هوادهی مصنوعی، توانایی تالاب‌های مصنوعی در کاهش آلاینده‌های پساب را افزایش داد.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت‌های مالی شرکت آب و فاضلاب استان مرکزی و در محل تصفیه‌خانه فاضلاب شهر اراک انجام شده است. از تمامی افرادی که در انجام این پژوهش همکاری و مشارکت داشته‌اند به‌ویژه مدیر عامل محترم شرکت، آقای مهندس عبدالرضا خلیلی، معاون محترم برنامه‌ریزی و منابع انسانی شرکت، جناب آقای مهندس حسین امیری، ناظر پروژه، آقای مهندس هادی رئیسی و همکاران پروژه آقای دکتر مسعود طاهریون و آقای مهندس ابوالفضل رفیعی‌پور تشکر می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Brisson, J and F. Chazarenc. 2009. Maximizing pollutant removal in constructed wetlands: should we pay more attention to macrophyte species selection?. *Science of the Total Environment* 407(13): 3923-3930.
2. Carty, A., M. Scholz, K. Heal, F. Gouriveau and A. Mustafa. 2008. The universal design, operation and maintenance guidelines for farm constructed wetlands (FCW) in temperate climates. *Bioresource Technology* 99(15): 6780-6792.
3. Ceschin, S., V. Sgambato, N. T. W. Ellwood and V. Zuccarello. 2019. Phytoremediation performance of Lemna communities in a constructed wetland system for wastewater treatment. *Environmental and Experimental Botany* 162: 67-71.
4. Ehrampoush, M. H., D. Hossein Shahi, A. Ebrahimi, M. T. Ghaneian, M. H. Lotfi, S. V. Ghelmani, A. Salehi Vaziri, S. H. Ayatollahi and P. Talebi. 2013. Evaluation of the efficiency of sub-surface constructed wetland methods in

www.SID.ir

Archive of SID

wastewater treatment in Yazd city in 2011. *The Journal of Toloo-e-behdasht* (In Farsi) 12(1): 33-43.
5. Eslami, H., S. V. Ghelmani, A. Salehi Vaziri, D. Hosseinshahi, S. Ghaleaskari, P. Talebi Hemmatabadi and T. Merajimoghadam. 2016. Comparing the efficiency of stabilization ponds and subsurface constructed wetland in domestic sewage treatment in city of Yazd. *Journal of Water and Wastewater; Ab va Fazilab* (In Farsi). 26(6): 100-106.
6. Federation, W. E. and American Public Health Association. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association (APHA): Washington, DC, USA.
7. Haghshenas-Adarmanabadi, A., M. Heidarpour and S. Tarkesh-Esfahani. 2016. Study of the efficiency of hybrid subsurface constructed wetlands in reducing the organic loading of municipal wastewater treatment plants using various aquatic plants. *Journal of Water and Soil Science* (In Farsi). 20(77):111-126.
8. Jenssen, P. D., T. Mæhlum, T. Krogstad and L. Vråle. 2005. High performance constructed wetlands for cold climates. *Journal of Environmental Science and Health* 40(6-7): 1343-1353.
9. Kargar bideh, R., M. Doosti and M. Sayyadi. 2014. The use of horizontal subsurface flow constructed wetland for nitrogen components removal in cold and dry climate: a case study of Birjand, Iran. *Journal of Water and Wastewater; Ab va Fazilab* (In Farsi). 25(3): 38-47.
10. Kivaisi, A. K. 2001. The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review. *Ecological Engineering* 16(4): 545-560.
11. Mæhlum, T. and P. Stålnacke.1999. Removal efficiency of three cold-climate constructed wetlands treating domestic wastewater: effects of temperature, seasons, loading rates and input concentrations. *Water Science and Technology* 40(3): 273-281.
12. Matamoros, V. and V. Salvadó. 2012. Evaluation of the seasonal performance of a water reclamation pond-constructed wetland system for removing emerging contaminants. *Chemosphere* 86(2): 111-117.
13. Molleda, P., I. Blanco, G. Ansola and E. De Luis. 2008. Removal of wastewater pathogen indicators in a constructed wetland in Leon, Spain. *Ecological Engineering* 33(3-4): 252-257.
14. Okhravi, S., S. Eslamian and N. Fathianpour. 2018. Modeling of the effect of inflow distribution on internal hydraulic behavior of horizontal subsurface flow constructed wetland. *Journal of Water and Wastewater; Ab va Fazilab* (In Farsi). 29(4): 145-156.
15. Rahmani sani, A., N. Mehrdadi, A. Azimi and A. Torabian. 2009. Performance of the subsurface flow wetland in batch flow for municipal wastewater treatment. *Journal of Water and Wastewater; Ab va Fazilab* (In Farsi). 20(2): 32-40.
16. Saeed, T., I. Haque and T. Khan. 2019. Organic matter and nutrients removal in hybrid constructed wetlands: Influence of saturation. *Chemical Engineering Journal* 371: 154-165.
17. Salari, H., A. Hassani, M. Borghei, A. Yazdanbakhsh and H. Rezaei. 2012. Investigation of performance wetland in removal n and p in wastewater treatment (case study: Morad Tapeh). *Journal of Water and Wastewater; Ab va Fazilab* (In Farsi) 23(3): 40-47.
18. Schot, P. P. and M. J. Wassen. 1993. Calcium concentrations in wetland groundwater in relation to water sources and soil conditions in the recharge area. *Journal of Hydrology*141: 197–217.
19. Schröder, P., J. Navarro-Aviñó, H. Azaizeh, A. G. Goldhirsh, S. DiGregorio, T. Komives, G. Langergraber, A. Lenz, E. Maestri, A. R. Memon and A. Ranalli. 2007. Using phytoremediation technologies to upgrade waste water treatment in Europe. *Environmental Science and Pollution Research-International* 14(7): 490-497.
20. Shutes, R. B. E. 2001. Artificial wetlands and water quality improvement. *Environment International* 26(5-6): 441-447.
21. Sobhan, S., S. Ayatollahi, M. Ehteshami, D. H. Shahi, S. V. Ghelmani, A. S. Vaziri and P. Talebi. 2012. The Efficiency of *Typha Latifolia* in subsurface flow constructed wetland for wastewater treatment. *Health Develop Journal* (In Farsi) 1(4): 265-270.
22. Stott, R., E. May and D. D. Mara. 2003. Parasite removal by natural wastewater treatment systems: performance of waste stabilization ponds and constructed wetlands. *Water Science and Technology* 48(2): 97-104.
23. Tang, X., S. Huang, M. Scholz and J. Li. 2009. Nutrient removal in pilot-scale constructed wetlands treating eutrophic river water: assessment of plants, intermittent artificial aeration and polyhedron hollow polypropylene balls. *Water, Air, and Soil Pollution* 197.1-4: 61.
24. Tashauee, H. R., M. Mahdavi, F. Karakani, S. V. Ghelmani and H. Ataifar. 2012. Application of horizontal sub-surface flow constructed wetland for treatment of wastewater in foreign countries and Iran. *Health System Research* (In Farsi) 7(6): 672-683.
25. Toze, S. 2006. Water reuse and health risks—real vs. perceived. *Desalination* 187(1-3): 41-51.
26. Vymazal, J. 2010. Constructed wetlands for wastewater treatment: five decades of experience. *Environmental Science and Technology* 45(1): 61-69.
27. Yang, Q., Z. H. Chen, J. G. Zhao and B. Gu. 2007. Contaminant removal of domestic wastewater by constructed

www.SID.ir

Archive of SID

wetlands: effects of plants species. *Journal of Integrative Plant Biology* 49(4): 437–446.

28. Yousefi, Z., S. Hoseini, R. A. Mohamadpur Tahamtan and M. A. Zazouli. 2013. Performance evaluation of artificial wetland subsurface with horizontal flow in wastewater treatment. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences* (In Farsi) 23(99): 12-25.
29. Zhang, D., R. M. Gersberg and T. S. Keat. 2009. Constructed wetlands in China. *Ecological Engineering* 35(10): 1367-1378.
30. Zhao, Z., J. Chang, W. Han, M. Wang, D. Ma, Y. Du and Y. Ge. 2016. Effects of plant diversity and sand particle size on methane emission and nitrogen removal in microcosms of constructed wetlands. *Ecological Engineering* 95: 390-398.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Water and Soil Science
Vol. 23, Winter 2020, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

The Use of Sub- Surface Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Cold Arid Climate

A. Lotfi[1*] and M. Mamaghninejad[2]

(Received: December 29-2018 ; May 21-2019)

Abstract

Constructed wetland as a purification system plays an important role in water and wastewater treatment and so many research studies have been conducted to examine their efficiency for wastewater treatment. The aim of this study was to evaluate the efficiency of constructed wetland for Arak wastewater treatment plant. In this research, the efficiency of three horizontal subsurface constructed wetlands built with 3*12 meters in dimensions and 1 meter in depth was examined. In these constructed wetlands, two plants including Common reed (*Phragmites australis*) and Cattails (*Typha latifolia*) were planted and one unit was left unplanted. TSS, COD, BOD and TC parameters were measured in the 2 week samples and the results were analyzed by SPSS and Excel. The results showed that the type of vegetation had no significant influence on the organic matter removal in the subsurface constructed wetlands; however, the removal efficiencies in the planted constructed wetlands were more than those in the unplanted control one. The TSS, COD, BOD, FC and TC removal efficiency in the constructed wetlands changes was 79%, 60.7%, 45.6%, 86.1% and 90.1%, respectively, for Common reed wetland and 77%, 61.4%, 59.8%, 92.4% and 93.1%, respectively, for Cattails wetland; thee were 69%, 44.5%, 43%, 83.6% and 88.8% for the unplanted wetland, respectively. The results of this research also showed that the organic matter removal was dependent on the influent organics nature and biodegradability. The organic concentration in the wetland effluents met the Iranian regulation limits for different reuse applications, showing the constructed wetland could be a suitable technology for wastewater treatment in Iran.

Keywords: Urban wastewater, Constructed wetland, Wastewater treatment, Common red, Cattail

1. Department of Environment, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
2. Improving Efficiency and Research Office, Markazi Province Water and Wastewater Company, Iran
*: Corresponding author: lotfi@iut.ac.ir

www.SID.ir