Archive of SID

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره یک، فروردین ماه ۹۹

بررسی کارایی سیستم های طبیعی و لجن فعال جهت تصفیه فاضلاب شهری

دکتر رضا شکوهی[۱]

عبداله درگاهی[۲،۳*]

a.dargahi29@yahoo.com

امیر کرمی[۴]

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۱/۲۵

چکیده

زمینه و هدف: ورود مواد آلی به منابع آب سبب مصرف اکسیژن محلول شده و برای موجودات زیستی نامطلوب تلقی می‌شود. لذا هدف از این تحقیق، بررسی کارایی سیستم های طبیعی تصفیه فاضلاب و لجن فعال جهت تصفیه فاضلاب شهری بود.

روش بررسی: پژوهش حاضر به روش توصیفی مقطعی بر روی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب استان کرمانشاه در طول مدت یک‌سال انجام پذیرفت. در طول مدت تحقیق هر هفته نمونه‌برداری از فاضلاب ورودی و پساب خروجی از تصفیه خانه انجام شد و کارایی تصفیه خانه با سنجش پارامترهایی نظیر TSS، BOD_5 و COD مورد بررسی قرار گرفت. تمامی مراحل نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌ها بر اساس روش‌های موجود در استاندارد متد انجام شد.

یافته ها: نتایج نشان داد که میانگین کل برای پارامتر BOD_5 پساب خروجی در سیستم‌های مختلف نیزار مصنوعی، برکه تثبیت، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف به‌ترتیب mg/l ۵۵، ۲۵، ۲۱ و ۲۳، برای COD به‌ترتیب mg/l ۱۴۳، ۴۳، ۴۰ و ۴۰ و برای TSS به‌ترتیب mg/l ۴۷، ۱۰۱، ۴۰ و ۳۳ به دست آمد. از بین سیستم های مورد بررسی بیش ترین میزان حذف COD مربوط به سیستم لجن فعال متعارف(٪۸۶/۹۷) و کم ترین آن مربوط به نیزار مصنوعی(٪۶۱/۶) بوده و بالاترین میزان حذفBOD_5 مربوط به سیستم برکه تثبیت(٪۸۵/۱۸) و پایین ترین آن مربوط به نیزار مصنوعی(٪۷۲/۰۱) می باشد. نسبت BOD_5/COD در فاضلاب ورودی برای سیستم‌های مورد بررسی به ترتیب ۰/۵۶، ۰/۶۲، ۰/۵۹ و ۰/۵۵ به دست آمد.

بحث و نتیجه گیری: در بررسی انطباق کیفیت پساب خروجی از تصفیه خانه‌های استان کرمانشاه با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران می توان نتیجه گرفت که پساب تولیدی از نظر پارامترهای مورد بررسی با استانداردهای رایج مطابقت داشته است و می توان از آن استفاده مجدد نمود و یا به آب های پذیرنده تخلیه کرد. هم چنین کارایی سیستم های طبیعی در حذف پارامترهای مورد بررسی بیش تر از سیستم های لجن فعال بود.

۱- استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

۲- مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران

۳- استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران. *(مسئول مکاتبات)

۴- فارغ التحصیل دکترای گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

www.SID.ir

Arch

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.1, March, 2020

A Survey on Efficiency of Natural Wastewater Treatment Systems and Activated Sludge for Municipal Wastewater Treatment

Reza Shokoohi[1]
Abdollah Dargahi[2,3]*
a.dargahi29@yahoo.com
Amir Karami[4]

Accepted: 2016.04.13 Received: 2016.02.04

Abstract

Background and Objective: Consumption of dissolved oxygen by organic substances in water resources result in undesirable environment for living organisms. The aim of this study was to evaluate the efficiency of natural wastewater treatment systems and activated sludge for municipal wastewater treatment.

Methods: This one year-cross-sectional study was conducted on wastewater treatment plants in Kermanshah province. During the study, sampling of raw sewage and effluent of treatment plant was carried out and the efficiency of treatment plant was evaluated by measuring TSS, BOD_5 and COD. All the sampling and testing procedures were adopted from the standard method.

Findings: The results showed that the annual average of BOD_5 in effluent for Wetland, stabilization pond, extended aeration and conventional activated sludge was 55, 25, 21 and 23 mg/l respectively. Also the annual average was 143, 43, 40 and 40 mg/lfor COD, and 47, 101, 40 and 33 mg/l for TSS, respectively. For COD removal the conventional activated sludge (86.97%) and Wetland (61.6%) were the most efficient and least efficient systems. For BOD_5 removal the stabilization pond (85.18%) and Wetland (72.01%) were the most efficient and least efficient systems. The BOD_5 / COD ratio in influent were respectively 0.56, 0.62, 0.59 and 0.55 in these systems.

Discussion and Conclusion: In all of the mentioned wastewater treatment systems, the effluent parameters comply with the Iran environmental protection agency standards and it can be reused or discharged to water bodies. Also it can be concluded that, for above-mentioned parameters the removal efficiency of natural systems was more than activated sludge.

Keywords: Stabilization Pond, Wetland, Activated Sludge, Sewage Treatment, Organic Materials

1- Professor of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
2- Social Determinants of Health Research Center, Ardabil University of Medical Sciences,
3- Assistant Professor of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran. *(Corresponding Author)
4- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

www.SID.ir

مقدمه

طی دو دهه گذشته در پی افزایش جمعیت، افت کمی و کیفی منابع آب رخ داده است. افزایش فاضلاب شهری، نگرانی رو به افزایش از اثر آلودگی فاضلاب بر منابع تامین آب، هم چنین اهمیت یافتن کیفیت پساب و لجن خروجی در طرح‌های استفاده مجدد از فاضلاب باعث شده که تصفیه فاضلاب و افزایش علوم و تکنولوژی مربوطه توجه زیادی را از سوی دستگاه های قانون گذار دولتی به خود جلب کند(۱).

با توجه به این که فاضلاب از یک سو مهم ترین عامل آلودگی آب محسوب می شود و از طرفی در صورت تصفیه کافی می تواند یکی از منابع جایگزین آب تازه باشد، تصفیه فاضلاب شهری و استفاده مجدد از پساب تصفیه شده به عنوان یک منبع ارزشمند آب برای مصارف مختلف از مهم ترین اهداف تصفیه فاضلاب می باشد(۲). در استفاده مجدد از پساب در صورت عدم توجه به کیفیت میکروبی پساب و جنبه های بهداشتی آن خطر جدی برای بهداشت و سلامتی انسان و محیط زیست ایجاد خواهد شد(۳). در کشورهای کم درآمد و با درآمد متوسط برخلاف کشورهای صنعتی مشکلات زیادی در مورد تامین آب و مدیریت فاضلاب تولیدی وجود دارد(۴). جمع آوری، تصفیه و استفاده مجدد از فاضلاب باعث حفاظت از محیط زیست، بهداشت عمومی و ایجاد رفاه در جامعه می شود(۵).

فاضلاب شهری مخلوطی از آب مصرفی در خانه‌ها، ادارات، مناطق تجاری و صنعتی می باشد. میزان تولید فاضلاب در جوامع مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی، اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی متفاوت می باشد. به دلیل وجود آلاینده های میکروبی و شیمیایی در فاضلاب‌ها، تخلیه آن ها بدون تصفیه به محیط زیست و یا استفاده از آن ها در مصارف کشاورزی منجر به آلودگی منابع آب و خاک شده و در نهایت خطرات آن متوجه بهداشت و سلامت انسان می گردد(۶و۷).

در جهان امروز، مهم ترین مساله در انتخاب فرآیندهای تصفیه، تصمیم گیری در مورد مناسب ترین گزینه تصفیه بر مبنای مسایل اقتصادی و زیستی محیطی با هدف هدایت صحیح سرمایه های ملی و جلوگیری از اتلاف منابع مالی است(۸).

هدف از تصفیه فاضلاب حذف آلاینده های آن برای جلوگیری از آلودگی محیط زیست می باشد. در اغلب استانداردهای مربوط به تصفیه ثانویه فاضلاب برای غلظت اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)، غلظت اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD_5) و کل جامدات معلق موجود در پساب (TSS)، محدودیت در نظر گرفته می‌شود. در ضوابط اخیر برای میزان آلودگی بیولوژیکی نیز به منظور کنترل مقدار کلی فرم در حد مجاز، به ویژه در مواردی که پساب برای اهداف آبیاری در نظر گرفته می‌شود، محدودیت-هایی اعمال شده است(۹).

انواع نسبتا گسترده ای از روش های تصفیه فاضلاب وجود دارد. تصفیه های فیزیکی و شیمیایی اغلب به منظور جداسازی مواد معلق فاضلاب به کار می روند و در اغلب روش های تصفیه فاضلاب یکسان می باشند. بنابراین مبنای مقایسه فرآیند های مختلف تصفیه فاضلاب، سیستم های بیولوژیکی خواهند بود(۸). فرآیندهای مختلف بیولوژیک جهت کاهش مواد آلاینده فاضلاب وجود دارد که هر کدام از این روش ها دارای مزایا و معایبی می باشد.یکی از متداول ترین سیستم ها در تصفیه فاضلاب سیستم لجن فعال است که خود دارای انواع متنوعی می باشد(۱۰). این فرآیند می‌تواند محدودیت‌های ذکر شده توسط استانداردهای مختلف را برآورده کند. فرآیند لجن فعال متعارف که غالباً در تصفیه‌خانه‌های بزرگ به کار گرفته می‌شود شامل یک استخر هوادهی و استخر ته‌نشینی است که مخلوط لجن از استخر هوادهی به استخر ته‌نشینی، که در آن لجن از پساب جدا می-شود، منتقل می‌گردد. اساس کار در فرآیند لجن فعال هوازی، شامل هوادهی فاضلاب خام در مجاورت میکروارگانیسم ها در حوضچه هوادهی و سپس جداسازی جرم میکروبی از فاضلاب هوادهی شده در حوض های ته نشینی و به دست آوردن پساب تصفیه شده است(۱۱).

در فرآیند لجن فعال به دلیل نیاز به تجهیزات مکانیکی و الکتریکی و مصرف زیاد انرژی هزینه تصفیه فاضلاب بالا می باشد. در مقابل این روش ها به فرآیندهای کم هزینه‌تر نیز وجود دارد که جزء فرآیندهای تصفیه طبیعی می باشند که برکه های

www.SID.ir

Archive of SID

تثبیت فاضلاب در این دسته قرار دارند(۱۲). برکه های تثبیت جزء ساده ترین فرآیندهای تصفیه فاضلاب می‌باشند که در مقایسه با سایر سیستم های تصفیه از راندمان بالا در حذف ارگانیسم های بیماری زا، شوک پذیری در مقابل مواد سمی و بارهای آلی و هیدرولیکی برخوردار می‌باشند (۱۳). تعداد بسیار زیادی از این برکه ها در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه به کارگرفته شده اند.(۱۴). در کشور ایران نیز بر اساس بخشنامه مدیریت شرکت آب و فاضلاب در سال ۱۳۷۰ در صورت امکان ساخت و استفاده برکه های تثبیت نسبت به سایر روش های تصفیه فاضلاب در اولویت قرار دارد(۱۵). قابل ذکر است که با توجه به مطالعات انجام شده راهبری صحیح و اصولی از مهم ترین عوامل در عملکرد بهینه برکه های تثبیت به شمار می آید. بی‌توجهی به مسایل بهره برداری در این روش منجر به ایجاد مشکلات عمده ای از جمله تولید بو، تجمع حشرات و در نهایت تولید پسابی با کیفیت نامطلوب می گردد.(۱۶و۱۷). برکه های تثبیت به حداقل مصرف انرژی، تجهیزات مکانیکی و الکتریکی نیاز دارند. عیب عمده برکه های تثبیت فاضلاب نیاز به زمین زیاد است. در کشور ما به دلیل مناسب بودن شرایط آب و هوایی از نظر درجه حرارت در اکثر مناطق می توان به طور موثر از برکه های تثبیت برای تصفیه فاضلاب با هزینه‌های کم تر استفاده نمود(۱۲).

یکی دیگر از روش های تصفیه طبیعی فاضلاب استفاده از نیزارها می باشد. نیزار ها به عنوان یک ذخیره طبیعی در تمام تاریخ بشری شناخته شده اند و قدمت آن به قدمت زمین می رسد(۱۸). بشر اولیه از تالاب ها یا نیزار ها برای تصفیه فاضلاب استفاده کرده امّا نیزارهای مصنوعی که حدود ۴۰سال قبل به طور جدی وارد عرصه تصفیه فاضلاب شده اند، در یک دهه ی اخیر در تمام نقاط دنیا مورد توجّه ی زیادی قرار گرفته اند(۱۹). اکثر نیزار ها در حذف آلاینده ها از فاضلاب کارایی قابل قبولی دارند اما از بعضی جهات نسبت به برکه های تثبیت کم تر موثر واقع می شوند. قابلیت شوک پذیری سیستم نیزار با جریان زیر سطحی یکی از توانایی های ویژه این سیستم تصفیه می‌باشد. با توجه به اهمیت دفع بهداشتی فاضلاب و استفاده سالم و مطمئن از پساب تصفیه شده برای مصارف مختلف به ویژه آبیاری، تعیین و ارزیابی راندمان تصفیه خانه ها، این تحقیق با هدف بررسی کارایی سیستم های طبیعی تصفیه فاضلاب(سیستم های نیزار مصنوعی و برکه تثبیت) و سیستم های مختلف لجن فعال(لجن فعال متعارف و هوادهی گسترده) در حذف مواد آلی تصفیه خانه های استان کرمانشاه انجام گردید.

روش بررسی

روش مطالعه از نوع توصیفی- مقطعی بود. این تحقیق به مدت یک سال از فروردین تا پایان اسفند ماه سال ۱۳۹۳، بر روی تصفیه خانه های فاضلاب استان کرمانشاه(سرپل ذهاب از نوع سیستم هوادهی گسترده، کرمانشاه از نوع سیستم لجن فعال متعارف، اسلام آباد غرب از نوع سیستم برکه‌های تثبیت و قصر شیرین از نوع سیستم نیزار مصنوعی) انجام شد. نمونه برداری به صورت هفتگی از ورودی تصفیه خانه ها (در واحد آشغال گیر) و خروجی آن ها(بعد از واحد کلر زنی) به حجم یک لیتر، انجام گرفت. تعداد نمونه های برداشت شده از ورودی و خروجی هر تصفیه خانه، یکسان و معادل ۴۸ نمونه بوده و بنابراین جمعاً در این مطالعه ۲۸۸ نمونه مورد آزمایش قرار گرفت. روزهای نمونه برداری در طول هفته و به صورت تصادفی انتخاب گردید. در این مطالعه پارامترهای BOD5(اکسیژن خواهی بیوشیمیایی پنج روزه)، COD(اکسیژن خواهی شیمیایی) و TSS(کل جامدات معلق) در نمونه ها مورد بررسی قرار گرفتند. کلیه شرایط نمونه برداری و آزمایش ها براساس رهنمودهای کتاب روش های استاندارد برای آزمایش های آب و فاضلاب انجام شد(۲۰). به منظور بررسی عملکرد تصفیه خانه ها درصد حذف آلاینده ها در آن ها تعیین گردید.

اندازه گیری COD با استفاده از راکتورCOD مدل HACH، اندازه گیری BOD_5 با استفاده از روش بارومتریکی واندازه گیری TSSبا استفاده از روش وزن سنجی و بر اساس دستورالعمل کتاب روش های استاندارد برای آزمایش های آب و فاضلاب انجام گرفت(۳۰). به‌منظور بررسی عملکرد تصفیه‌خانه های مورد بررسی در حذف مواد آلی، پارامترهای مورد سنجش در پساب

www.SID.ir

خروجی با استانداردهای خروجی فاضلاب سازمان حفاظت محیط زیست ایران برای تخلیه آب‌های سطحی یا استفاده مجدد از پساب‌ها به منظور آبیاری در کشاورزی مقایسه گردید(۲۱).
اطلاعات جمع‌آوری شده مربوط به راندمان تصفیه‌خانه‌ها در حذف آلاینده‌ها با استفاده از برنامه آماری SPSS از نوع آزمون t-test یک طرفه مورد آنالیز قرار گرفت.

اندازه‌گیری اکسیژن موردنیاز شیمیایی (COD)

COD یک فاضلاب عبارت است از میزان اکسیژن موردنیاز برای واکنش شیمیایی (اکسیداسیون) مواد قابل اکسیداسیون موجود در آن فاضلاب. این آزمایش هم مواد آلی قابل‌تجزیه در آب و هم مواد آلی غیرقابل‌تجزیه در فاضلاب را مشخص می‌نماید.
اندازه‌گیری COD با استفاده از روش هضم ۲ ساعته اسید سولفوریک و دی‌کرومات پتاسیم انجام شد و بلوک حرارتی مورد استفاده COD Reactor model 45600 ساخت کمپانی HACH بود.

اندازه‌گیری مواد جامد معلق(TSS)

جهت اندازه گیری مواد جامد معلق روش های متعددی قابل دسترس است که اکثر آن ها مبتنی بر وزن سنجی می باشند. در این روش برای اندازه گیری مواد جامد معلق، ابتدا ۵۰ میلی لیتر از نمونه را از صافی فایبر گلاس واتمن با قطر شبکه اسمی ۱/۵۸ میکرون که در قیف بوخنر قرار داده شده است، عبور داده و صافی به مدت ۱ ساعت در اتوکلاو و در دمای ۱۰۵- ۱۰۳ درجه سانتی گراد قرار داده می شود تا به وزن ثابت برسد. در این مرحله صافی را در دسیکاتور قرار داده تا به دمای معمول قبل از آزمایش برسد، سپس مجدداً آن را وزن کرده، تفاضل بین وزن اولیه و ثانویه بیانگر وزن مواد جامد معلق در نمونه می باشد که با تقسیم آن بر حجم نمونه، غلظت آن بر حسب میلی گرم در لیتر به دست می آید.

اندازه گیری اکسیژن موردنیاز شیمیایی (BOD)

ابتدا ۱۶۴ میلی لیتر از نمونه را همراه با ۱۶۴ میلی لیتر از تیوسولفات سدیم حل شده در ۵۰۰ میلی لیتر آب شهری در داخل بطری BOD ریخته، سپس ۳ الی ۵ قرص از هیدروکسید سدیم را در داخل درپوش لاستیکی قرار داده و درپوش دیجیتالی بطری را بسته و آن را در داخل انکوباتور در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد قرار داده و پس از گذشت ۵ روز تمام آن قرائت گردید.

یافته ها

در طی یک سال هر هفته یک بار از فاضلاب ورودی و پساب خروجی تصفیه خانه های مختلف استان کرمانشاه نمونه برداری شد که میانگین نتایج به صورت فصلی در جدول (۱) و راندمان حذف پارامترهای مورد بررسی در شکل های (۳-۱) ارایه شده است.

همان طور که در جدول (۱) ملاحظه می شود میانگین کل برای پارامتر BOD_5 فاضلاب ورودی درسیستم های مختلف نیزار مصنوعی، برکه تثبیت، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف به ترتیب ۲۱۱، ۲۳۰، ۱۶۸ و ۱۵۷ میلی گرم بر لیتر و برای COD به ترتیب ۳۷۹، ۳۹۱، ۲۷۸ و ۲۸۹ میلی گرم بر لیتر و برای TSS به ترتیب ۸۱، ۲۱۲، ۱۳۳ و ۱۵۱ میلی گرم بر لیتر به دست آمد. هم چنین میانگین کل برای پارامتر BOD_5 پساب خروجی در سیستم های مختلف نیزار مصنوعی، برکه تثبیت، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف به ترتیب ۵۵، ۲۵، ۲۵ و ۲۶ میلی گرم بر لیتر، برای COD به ترتیب ۱۴۳، ۴۵، ۳۹ و ۳۷ میلی‌گرم بر لیتر و برای TSS به ترتیب ۴۷، ۱۰۳، ۴۰ و ۳۳ میلی گرم بر لیتر به دست آمد. نسبت BOD_5/COD در فاضلاب ورودی برای سیستم های مورد بررسی به ترتیب ۰/۵۶، ۰/۵۹، ۰/۶ و ۰/۵۴ میلی گرم بر لیتر می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار پارامترهای مورد بررسی در تصفیه خانه های شهرهای استان کرمانشاه و مقایسه پساب خروجی آن با استاندارد (انحراف معیار±میانگین)

Table 1- Mean and standard deviation parameters in effluent treatment plants in the cities of Kermanshah and compare it with the standard (mean ± SD)

پارامتر		BOD_5		COD		TSS		BOD_5/COD	
نوع سیستم (شهر)	فصول	فاضلاب ورودی	پساب خروجی	فاضلاب ورودی	پساب خروجی	فاضلاب ورودی	پساب خروجی	فاضلاب ورودی	پساب خروجی
نیزار مصنوعی (قصر شیرین)	بهار	۲۷۹±۱۲۴/۶۹	۶۸±۲۲/۴۶	۴۹۲±۲۱۴/۵۱	۱۸۴±۶۷/۴	۸۰±۹/۵۶	۴۷±۳/۹	۰/۵۶	۰/۳۸
	تابستان	۲۰۹±۴۰/۸۶	۵۱±۱۰/۶۸	۳۰۱±۴۰/۱۴	۹۰±۴۰/۴۲	۸۶±۶/۸۶	۴۵±۸/۸۸	۰/۶۹	۰/۶۱
	پاییز	۲۱۸±۱۰/۵۶	۵۷±۵/۲۳	۳۷۳±۲۱/۸۴	۱۵۵±۹/۷۱	۸۵±۵/۲۶	۵۵±۸/۴۶	۰/۵۸	۰/۳۶
	زمستان	۱۳۸±۱۴/۴۴	۴۵±۹/۱۸	۳۵۱±۶۴/۹۵	۱۴۲±۳۲/۴۶	۷۴±۱۱/۸۲	۴۲±۵/۵۹	۰/۴۲	۰/۳۲
	کل	۲۱۱±۴۷/۹۲	۵۵±۱۱/۷	۳۷۹±۸۵/۳۵	۱۴۳±۳۷/۹	۸۱±۸/۸۲	۴۷±۶/۶۱	۰/۵۶	۰/۴۱
برکه تثبیت (اسلام آباد غرب)	بهار	۲۲۳±۱۷/۴۸	۲۳±۲/۵	۳۵۰±۱۳/۳۵	۳۸±۲/۰۸	۲۰۹±۳۱/۴	۹۷±۱۶/۶	۰/۶۴	۰/۶۵
	تابستان	۲۵۴±۲۳/۷۱	۲۴±۲/۶۹	۳۸۰/۴۰/۷۹	۴۶±۱۱/۶۵	۲۲۹±۸/۸۳	۹۱±۶/۷	۰/۶۷	۰/۵۹
	پاییز	۲۱۲±۱۸/۹۳	۲۳±۴/۲۶	۳۲۲±۲۸/۵	۴۳±۷/۳۸	۱۹۶±۲۲/۶	±۲۱/۶۳ ۱۰۵	۰/۶۱	۰/۵۸
	زمستان	۲۰۷±۳۴/۸۷	±۴/۹۶ ۲۶۲۳	۳۳۰±۵۸/۷۲	۴۴±۷/۷۶	۱۸۴±۲۳/۵	±۲۵/۶۷ ۱۰۷	۰/۵۸	۰/۵۴
	کل	۲۲۴±۲۳/۵	۲۵±۴/۳۱	۳۴۶±۳۵/۲۹	۴۳±۷/۳۱	۲۰۵±۲۲/۴	±۱۸/۳۹ ۱۰۱	۰/۶۲	۰/۵۹
هوادهی گسترده (سرپل ذهاب)	بهار	۱۴۰±۵/۸	۲۲±۷/۹	۲۷۷±۶۱/۲۷	۳۸±۱/۱	۱۴۲±۵/۶۲	۳۴±۳/۲	۰/۵۱	۰/۵۶
	تابستان	۱۸۷±۳۳/۳۴	۲۰±۴/۴۷	۲۸۲±۱۱/۳۵	۳۲±۱۱/۴۸	±۳۵/۲۸ ۱۶۱	۳۰±۶/۵۷	۰/۶۸	۰/۶۷
	پاییز	۱۳۵±۱۲/۴۳	۱۹±۲/۶	۲۷۸±۵۷/۹۱	۵۱±۱۱/۰۷	۷۳±۱۳/۱۴	۴۴±۵/۶۶	۰/۵۵	۰/۴۸
	زمستان	۱۷۳±۳/۱۹	۲۵±۸/۸۶	۲۹۲±۶/۴۱	۴۲±۳/۹	۷۳±۱۳/۵۶	۵۲±۵/۹	۰/۵۹	۰/۶۱
	کل	۱۵۸±۱۳/۷	۲۱±۵/۸	۲۸۲±۳۴/۲۵	۴۰±۶/۷۵	۱۱۲±۱۶/۷	۴۰±۵/۳	۰/۵۹	۰/۵۸
لجن فعال متعارف (کرمانشاه)	بهار	۱۵۷±۲۱/۷	۲۳±۱/۵۷	۳۲۳/۱۹/۴۱	۴۰/۹±۶/۱	±۱۰/۲۲ ۱۵۲	۳۳±۱/۹	۰/۵۱	۰/۵۹
	تابستان	۱۸۴±۸/۹	۲۰±۱/۴	۲۶۶/۶/۳۵	۳۰±۴/۴۸	±۳۶/۷۹ ۱۵۹	۳۱±۷/۴۶	۰/۶۹	۰/۷۱
	پاییز	۱۳۶±۲/۱۵	۲۴±۱۱/۰۴	۲۸۱±۲۶/۹۱	۴۱±۲/۰۷	±۱۶/۹۶ ۱۵۰	۳۴±۴/۴۴	۰/۵۰	۰/۵۸
	زمستان	۱۵۰±۱۰/۷۶	۲۶±۳/۶۶	۲۸۴/۹±۱۲/۴۱	۴۹/۳۹±۷/۵	۱۴۳±۶/۴	۳۳±۴/۴۱	۰/۵۲	۰/۵۴
	کل	۱۵۶±۱۰/۷	۲۳±۴/۵	۲۸۹±۱۶/۳	۴۰±۵/۵۱	±۱۷/۲۵ ۱۵۱	۳۳±۴/۶	۰/۵۵	۰/۶
استانداردهای محیط زیستی	تخلیه به آب های سطحی	۳۰		۶۰		۴۰		-	
	مصرف در کشاورزی	۱۰۰		۲۰۰		۱۰۰		-	

www.SID.ir

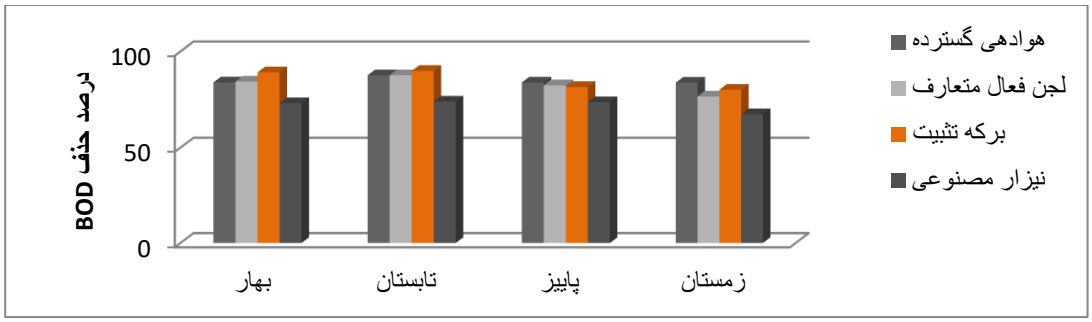
میانگین پارامترهای F/M و Q_r/Q(لجن برگشتی) برای دو نوع سیستم لجن فعال مورد بررسی در فصول مختلف در جدول (۲) ارایه شده است. همان طور که ملاحظه می گردد میزان لجن برگشتی در سیستم هوادهی گسترده بیش تر از سیستم لجن فعال متعارف بوده و میزان F/M سیستم لجن فعال متعارف بیش تر از سیستم هوادهی گسترده می باشد.

جدول ۲- میانگین پارامترهای F/M و Q_r/Qبرای دو نوع سیستم لجن فعال مورد بررسی در فصول مختلف

Table 2- Average parameters F/M and Qr/Q activated sludge systems studied for Different seasons.

نوع فرآیند	لجن فعال متعارف				هوادهی گسترده			
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
نسبت F/M	۰/۲۷	۰/۳	۰/۲۴	۰/۲	۰/۰۹۵	۰/۱۱	۰/۰۸۵	۰/۰۷
نسبت Q_r/Q(٪)	۴۲	۴۴	۴۶	۴۹	۸۷	۸۲	۷۸	۷۵

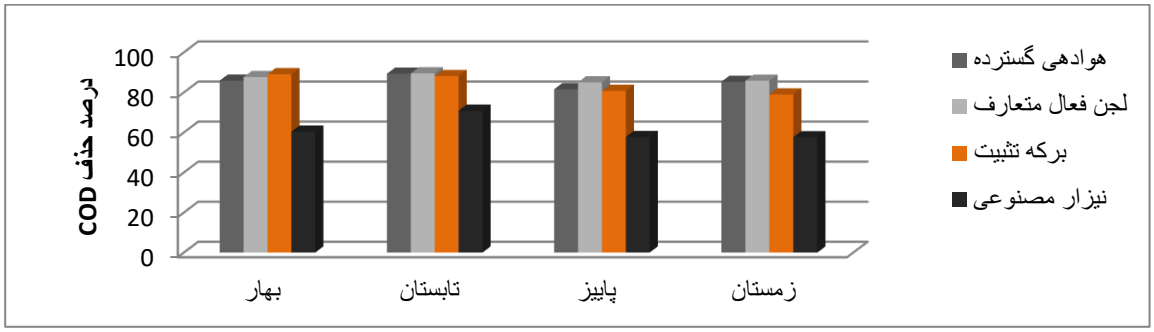
میانگین حذف پارامتر BOD در سیستم های مختلف نیزار مصنوعی، برکه تثبیت، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف به ترتیب۷۲/۰۱، ۸۸/۴۱، ۸۴/۷۸ و ۸۲/۷۹ درصد به دست آمد(شکل ۱).



شکل ۱- میانگین درصدحذف BOD_5در تصفیه خانه های فاضلاب استان کرمانشاه

Figure 1- Average percentage of BOD5 removal in wastewater treatment plants in Kermanshah

میانگین حذف پارامترCOD در سیستم های مختلف نیزار مصنوعی، برکه تثبیت، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف به ترتیب۶۱/۶۹، ۸۷/۴۶، ۸۵/۴۷ و ۸۶/۹۵ درصد می باشد (شکل ۲).



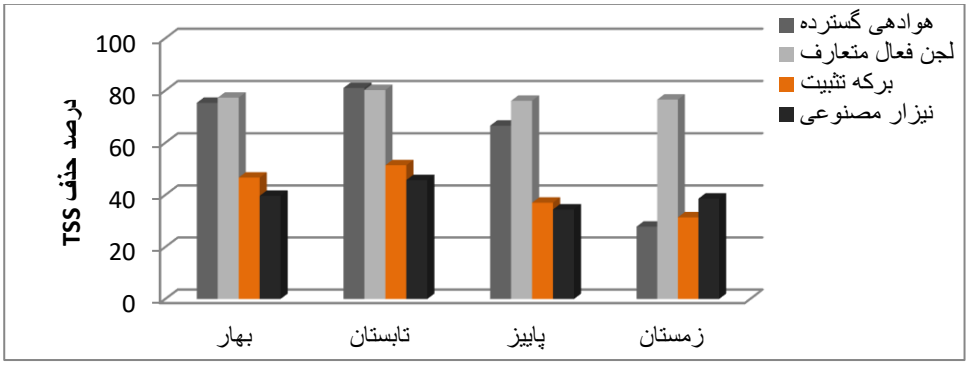
شکل۲- میانگین درصد حذف CODدر تصفیه خانه های فاضلاب استان کرمانشاه

Figure 2- Average percentage of COD removal in wastewater treatment plants in Kermanshah

www.SID.ir

Archive of SID

میانگین حذف پارامتر TSS در سیستم های مختلف نیزار مصنوعی، برکه تثبیت، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف به ترتیب ۳۹/۵۷، ۴۲/۵۲، ۶۲/۶۳ و ۷۶/۷۵ درصد خاصل شد (شکل ۳).



شکل۳- میانگین حذف TSSدر تصفیه خانه های فاضلاب استان کرمانشاه

Figure 3- Average percentage of TSS removal in wastewater treatment plants in Kermanshah

بحث

در این تحقیق مشخص گردید که میانگین غلظت TSSفاضلاب ورودی برای سیستم های نیزار مصنوعی، برکه تثبیت، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف به ترتیب ۸۱mg/l، ۲۰۵، ۱۱۲ و ۱۵۱، برایBOD_5به ترتیب ۲۱۱mg/l، ۲۲۴، ۱۵۸ و ۱۵۶ و برای COD نیز به ترتیب ۳۷۹ mg/l، ۳۴۶، ۲۸۲ و ۲۸۹ بوده و نسبت BOD_5 به CODفاضلاب ورودی برای سیستم های مورد بررسی به ترتیب ۰/۵۶، ۰/۶۲، ۰/۵۹ و ۰/۵۵ می باشد. با توجه به نسبت BOD به COD که برابر ۰/۵ یا بزرگ تر است، این نوع فاضلاب به عنوان فاضلاب قابل تصفیه به وسیله روش های بیولوژیکی محسوب می شود(۳۳). مطالعه زولی و همکاران نشان داد که نسبت BOD به COD برای فاضلاب ورودی تصفیه خانه فاضلاب آق قلا ۰/۶۵ می باشد(۲۲) که نسبت به سیستم های مورد بررسی بیش تر می باشد.

علاوه بر این، نتایج مربوط به مشخصات فاضلاب خام ورودی به تصفیه خانه های فاضلاب استان کرمانشاه بیانگر آن است که فاضلاب تولیدی در این استان از نظر شدت آلودگی در گروه فاضلاب های شهری متوسط قرار دارد(۲۳). برای بررسی شدت آلودگی فاضلاب های خام شهری سنجش پارامترهایی از قبیل BOD_5،COD و TSS به طور منظم انجام می شود. هرچه غلظت این پارامترها بیش تر باشد، نشان‌دهنده بالا بودن شدت آلودگی فاضلاب است(۲۴). هم چنین میانگین حذف پارامتر COD در سیستم های مختلف نیزار مصنوعی، برکه تثبیت، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف به ترتیب ۶۱/۶، ۸۴/۲۳، ۸۵/۴۹ و ۸۶/۹۷ درصد، برای BOD به ترتیب ۷۲/۰۱، ۸۵/۱۸، ۸۴/۷۸ و ۸۲/۷۹ درصد و برای TSS به ترتیب ۳۹/۵۷، ۴۱/۶۱، ۶۲/۶۳ و ۷۷/۵ درصد به دست آمد. که از بین سیستم های طبیعی، بیش ترین میزان حذف COD و BOD مربوط به سیستم برکه‌تثبیت و کمترین آن مربوط به سیستم نیزار مصنوعی می باشد. رحمانی و همکارانش در بابل با استفاده از یک طرح پایلوتی نشان دادند که برکه های تثبیت نسبت به نیزار مصنوعی در ازای هر نفر با کاربری زمین کم تر، بار آلی بیش تر و راندمان بالاتری در حذف BOD، COD، جامدات معلق , تخم انگل و کلی فرم داشته است(۲۵) که با مطالعه حاضر مطابقت دارد.

نتایج نشان داد که بیش ترین میزان حذف پارامتر TSS برای سیستم های نیزار مصنوعی، برکه تثبیت، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف در فصل تابستان(به ترتیب ۴۵/۷، ۵۱/۴، ۸۰/۹۶ و ۸۰/۱۸٪) و کم ترین آن برای سیستم های برکه تثبیت، هوادهی گسترده در فصل زمستان به ترتیب ۳۱/۳۷، ۲۷/۷۹ و برای لجن فعال متعارف و نیزار مصنوعی در فصل پاییز به ترتیب ۷۶/۰۵ و ۳۴/۴٪ به دست آمد. از طرفی بیش

www.SID.ir

ترین میزان حذف پارامتر BOD5 برای سیستم های نیزار مصنوعی، برکه تثبیت، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف در فصل تابستان به ترتیب ۷۳/۹۵، ۸۹/۸۳، ۸۷/۶۱ و ۸۷/۶٪ و کم ترین آن برای تمامی سیستم های مورد بررسی در فصل زمستان به ترتیب ۶۷/۳۷، ۸۰/۱۱، ۸۳/۷۷ و ۷۶/۶ ٪ به دست آمد. با توجه به نتایج بیش ترین میزان حذف COD برای سیستم های نیزار مصنوعی، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف به ترتیب ۷۰/۸۹، ۸۹/۲۹ و ۸۹/۴۷٪ در فصل تابستان و برای سیستم برکه تثبیت ۸۸/۱۳ ٪ در فصل بهار بود. کم ترین میزان حذف آن نیز برای سیستم های هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف به ترتیب ۸۵/۲۷ و ۸۵/۸٪ در فصل پاییز و برای سیستم های برکه تثبیت و نیزار مصنوعی به ترتیب ۷۸/۹۷ و ۵۷/۵۸٪ در فصل زمستان به دست آمد. نتایج مطالعه درگاهی و همکاران نشان داد که با افزایش دما میزان حذف پارامترهای COD و BOD در سیستم برکه های تثبیت افزایش یافته است، به طوری که بیش ترین میزان حذف برای دو پارامتر مورد بررسی در دمای گرم به ترتیب ۹۳/۳۱ و ۹۳/۶۶٪ و کم ترین میزان حذف این پارامترها به ترتیب ۴۱/۴۷ و ۴۰٪/۵۵ می باشد که با مطالعه حاضر مطابقت دارد(۲۶). نتایج مطالعه سالاری و همکاران(۲۷) که از تالاب مصنوعی جهت حذف آلاینده های فاضلاب استفاده کرده بودند نشان داد که میزان حذف BOD، COD و TSS به ترتیب ۷۹، ۷۰ و ۷۶٪ بود لازم به ذکر است که در مطالعه سالاری و همکاران جهت تصفیه فاضلاب از گیاهی بنام فاراگمیتس استرالیس استفاده کرده بودند که با مطالعه حاضر مطابقت دارد. در مطالعه حاضر نیز جهت تصفیه فاضلاب شهر قصر شیرین از گیاهی بنام فاراگمیتس استرالیس استفاده می شود.

کیفیت پساب خروجی از تصفیه خانه های فاضلاب شهری از طریق سنجش پارامترهای کل جامدات معلق، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی مورد بررسی قرار می گیرد(۲۴). به منظور استفاده مجدد از پساب و تخلیه آن به منابع آب های سطحی میزان هر یک پارامترهای فوق الذکر باید در حد استاندارد باشد که در این مورد سازمان حفاظت محیط زیست ایران با توجه به نوع استفاده از پساب، استانداردهایی را ارایه نموده است. با در نظر گرفتن این استانداردها برای تخلیه پساب به آب های سطحی غلظت COD، BOD_5 و TSS باید کم تر از ۶۰، ۳۰ و ۴۰ میلی گرم در لیتر باشد. برای استفاده از پساب در مصارف کشاورزی مقادیر بالاتری(۲۰۰ میلی گرم در لیتر برای COD و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر برایBOD_5 و TSS) در نظر گرفته شده است. در این تحقیق از نظر تخلیه پساب خروجی به آب های سطحی، پارامتر COD و BOD_5 برای تمامی سیستم های مورد بررسی به جزء سیستم نیزار مصنوعی(۱۴۳ mg/l و ۵۵) کم تر از حد استاندارد می‌باشد. هم چنین پارامتر TSS برای تمامی سیستم ها به جزء سیستم برکه تثبیت(۱۰۱mg/l) و نیزار مصنوعی(۴۷ mg/l) کمتر از حد استاندارد تخلیه آب های سطحی به دست آمد. با توجه به نتایج، پساب خروجی تمامی سیستم های مورد بررسی برای پارامترهای COD و BOD_5 کم تر از حد استاندارد استفاده مجدد در کشاورزی بوده ولی برای پارامتر TSS برکه تثبیت بیش تر از حد استاندارد بود.

نتیجه گیری

در بررسی انطباق کیفیت پساب خروجی از تصفیه خانه‌های استان کرمانشاه با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران می توان نتیجه گرفت که پساب تولیدی از نظر پارامترهای مورد مطالعه(COD، BOD5 و TSS) با استانداردهای رایج مطابقت داشته است و می توان از آن استفاده مجدد نمود و یا به آب های پذیرنده تخلیه کرد. هم چنین کارایی سیستم های طبیعی در حذف پارامترهای مورد بررسی بیش تر از سیستم های لجن فعال بود. به طور کلی سیستم های طبیعی(برکه تثبیت و نیزار مصنوعی) در صورت راهبری مناسب، قابلیت حذف ترکیبات آلی از فاضلاب شهری با کارایی بالا را دارند. با توجه به ویژگی های خوب این سیستم‌ها نظیر انعطاف‌پذیری، سهولت اجرا، سادگی بهره برداری، راندمان نسبتاً خوب می توان از این سیستم به جای سیستم های گران و پیچیده ای نظیر لجن فعال استفاده کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی با کد طرح ۹۵۱۱۱۲۶۷۵۲ مصوب دانشگاه علوم پزشکی همدان است که بدین وسیله از معاونت تحقیقات و فنآوری دانشگاه در تأمین هزینه های آن تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

1. Antoniadis A, Takavakoglou V, Zalidis G, Poulios I. Development and the evaluation of an alternative method for municipal wastewater treatment using homogeneous photocatalysis and constructed wetlands. Catalysis Today.2007; 124: 260-265.
2. Amin M.M, Hashemi H, Ebrahimi A, Bina B, Movahhedian Attar H, Jaberi A, Saffari H, Mousavian Z. Using Combined Processes of Filtration and Ultraviolet Irradiation for Effluent Disinfection of Isfahan North Wastewater Treatment Plant in Pilot Scale. Journal of water & wastewater.2010;2: 71-77 (in Persian).
3. Pirsaheb M, Khamutian R, Dargahi A. Efficiency of Activated Sludge Process (Extended Aeration) in Removal of Linear Alkyl Benzene Sulfonate (LAS) from Municipal Wastewater - Case Study: Wastewater Treatment of Paveh City. j.health. 2013; 4 (3) :249-259. (in Persian)
4. Wilderer PA, Schreff D. Decentralized and Centralized Wastewater Management: a Challenge forTechnology Developers.Water Science and Technology. 2000; 41(1): 1-8.
5. Bakir HA. Sustainable Wastewater Management for Small Communities in the Middle East and North Africa. Journal of Environmental Management.2001; 61: 319-328.
6. WHO expertees Committee. Waste stabilization pond WHO Tech Ser. 1987, 10: 9-64.
7. Odegard H. Design and operation of small wastewater treatment plant. 3rd Iawq International Specialist conference (abstract). Condon, 1994: 161-182.
8. Mehdi Ahmadi, Masoud Tajrishi ,Ahmad Abrishamch. Technical and Economic Comparison of Conventional Wastewater Treatment Systems in the Sugar Industries in Iran, Journal of Water and Wastewater.1384,53, pp: 54-61. (in Persian)
9. Ashtiani A A, Rajaei S M, Faraz A. Disposal and filtration of wastewater in hospitals of Markazi Province in 2009. Arak Medical University Journal (AMUJ) Autumn 2010; 13(3): 100-108. (in Persian)
10. Droste, RL. Theory and Practice of Water And Wastewater Treatment. 1sted. New York: John Wiley: 1997: 248-253
11. Metcalf I. Wastewater Engineering; Treatment and Reuse: McGraw-Hill; 2003
12. Sherwood C. Natural system for wastewater treatment. Alexandria WHO press, 1995: 94-125
13. Sharafi K, Pirsaheb M, Khosravi T, Dargahi A, Moradi M & Savadpour M.T. Fluctuation of organic substances, solids, protozoan cysts, and parasite egg at different units of a wastewater integrated stabilization pond (full scale treatment plant): a case study, Iran. Desalination

www.SID.ir

And Water Treat. 2015, 57: 4913-4919.

14. Almasi A, Pirsaheb M, Dargahi A. The Efficiency of Anaerobic Wastewater Stabilization Pond in Removing Phenol from Kermanshah Oil Refinery Wastewater. ijhe. 2012; 5 (1) :41-50. (in Persian)
15. Derayat J, Almasi A, Sharafi K, Meskini H, Dargahi A. The Efficiency Comparison of Conventional Activated Sludge and Stabilization Pond Systems in Removal of Cysts and Parasitic Eggs (A case Study: Kermanshah and Gilangharb Wastewater Treatment Plants). ijhe. 2011; 4 (2) :181-188. (in Persian)
16. Nemerow NL. Industrial Water Pollution Organics, Characteristic and Treatment. New York: VanNostrand Reinhold, 1997, 402-410.
17. Eckenfelder WW. Industrial Water Pollution Control. New York. McGraw- Hill, 1989, 2td ed: 189-193
18. Almasi A, Dargahi A, Hoseini MM, Janjani H, Mohammadi M, Tabandeh L. Efficiency of a constructed wetland in controlling organic pollutants, nitrogen, and heavy metals from sewage. Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences 2016;9(4):2924-8.
19. Kadlec R H, Kinight R L,Treatement wetlands by CRC,1996,press LLC.
20. Classer LS, Greenberg AE, Eaton AD. Standard method for the examination of water and wastewater. 21st ed. Washington DC: the American Water Works Association 2005; 589-691.
21. Environmental Protection Organization of Iran, 2005, Environmental Criteria and Standards, Tehran: Publications of the Environmental Protection Organization of Iran. Pp. 28-19. (in Persian)
22. Tchobanoglous G. Burton F. Stensel D. Wastewater Engineering; treatment, disposal, reuse, 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 2003.
23. Zazouli M, Ghahramani E, GhorbanianAlahAbad M, Nikouie A, Hashemi M. Survey of Activated Sludge Process Performance in Treatment of Agghala Industrial TownWastewater in Golestan Province in 2007. ijhe. 2010; 3 (1):59-66. (in Persian)
24. Matteus FA. Water management and conservation in and climates. Technomic publishing, USA, Chapter 5 and 7, 2000.
25. Rahmani Sani Abolfazl, 2000, Comparison of wastewater treatment of tropical regions by stabilization ponds and artificial wetlands according to technical and economic indicators. Master's thesis, Babol Engineering Faculty of Engineering. Mazandaran University. (in Persian)
26. Dargahi A, Pirsaheb M, Savadpoor MT, Alighadri M, Farookhi M. Effect of retention time and temperature on the efficiency stabilization ponds in treatment of petroleum wastewater. Journal of Environmental Science and Technology. 2014; 16(2): 13-24. (in Persian)
27. Salari H, Hassani A, Borghei M, Yazdanbakhsh AR, Rezaei H. Investigation of Performance Wetland In Removal N and P In Wastewater Treatment (Case Study:MoradTapeh). Journal Water & Wastewater. 2012; 23(3): 40-47. (in Persian)

www.SID.ir