تأثیر تغییرات بار آلی، pH و EC فاضلاب ورودی و شرایط آب و هوایی بر کارایی برکه‌های تثبیت فاضلاب شهر یزد

سید علیرضا مذهب[1] محمود فلاح‌زاده[2] محمد تقی قانعیان[3] جعفر رحمانی شمسی[4]

(دریافت ۸۷/۳/۲۱ پذیرش ۸۷/۱۱/۹)

چکیده

این تحقیق در سال ۱۳۸٦با هدف بررسی تأثیر تغییرات بار آلی، pH ، هدایت الکتریکی فاضلاب ورودی و شرایط آب و هوایی بر حذف مواد آلی در برکه‌های تثبیت فاضلاب شهر یزد انجام شد. در طول این مطالعه از ورودی، خروجی برکه بی‌هوازی و خروجی تصفیه‌خانه، به‌طور هفتگی نمونه‌برداری مرکب ۲٤ ساعته انجام گردید و مقدار EC، BOD_5، pH، COD و TSS اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج این آزمون‌ها میزان حذف BOD_5 ، COD ، TSS و باکتری‌های کلیفرم مدفوعی در خروجی تصفیه‌خانه به‌ترتیب ٦٤/۹، ٤٤/۹ ، ٦۲/٦ و ۹۹/۹٦ درصد بود و در نمونه‌های مورد آزمون تخم نماتودهای روده‌ای مشاهده نشد. مقایسه میزان BOD_5 و COD در نمونه‌های فیلتر نشده نشان داد که حدود ۵۲ درصد BOD_5 و ۵۷ درصد COD در نمونه‌های فیلتر شده ناشی از توده‌های جلبکی و مواد آلی معلق در پساب بوده است. نتایج این تحقیق نشان داد که تغییرات بار آلی ،pH ، EC ورودی و تغییر فصل سال بر حذف مواد آلی تأثیری ندارد؛ به‌طوری که درصد حذف BOD_5 در تمام فصول سال تقریباً یکسان است. مقایسه مقدار EC در ورودی و خروجی نشان داد که به‌دلیل تبخیر، میزان EC در خروجی سیستم تصفیه نسبت به ورودی افزایش یافته است. به‌علاوه بر اساس بررسی انجام شده، گونه‌های جلبکی غالب موجود در پساب تصفیه‌خانه فاضلاب یزد شامل *فیتوکونیس*، *کلرلا* و *آنابنا* بوده است.

واژه‌های کلیدی: شرایط آب و هوایی، بار آلی، برکه‌های تثبیت فاضلاب، جلبک، یزد.

Effects of Organic Load, pH, and EC Variations of Raw Wastewater and Weather Condition on the Efficiency of Yazd Stabilization Ponds

Seyed Alireza Mozaheb[1] *Mahmoud Fallahzadeh[2]*
Mohammad Taghi Ghaneian[3] *Jafar Rahmani Shamsi[4]*

(Received June 11, 2008 Accepted Jan. 30, 2009)

Abstract

This study investigates the effects of organic load, pH, and EC variations of raw wastewater as well as the effect of weather condition on organic removal in Yazd wastewater Stabilization Ponds (2007). During the course of this study, composite samples were collected from the inlet and outlet of the anaerobic pond and the final effluent to measure such quality parameters as BOD_5, COD, TSS, EC, and pH. BOD_5, COD, TSS, and Fecal coliform removal efficiencies in the final effluent were found to be 64.9%, 44.9 %, 62.6 %, and 99.96%, respectively. No intestinal nematode egg was observed. Comparison of BOD_5 and COD concentrations in the filtered and non-filtered samples showed that 52% of the BOD_5 and 57% of the COD in the final effluent, respectively, were due to the presence of algal mass and organic suspended solids in the non-filtered samples. The results showed that variations in organic load, pH, EC as well as seasonal weather variations had no effects on organic removal and that the removal of BOD_5 was almost constant. Effluent EC was higher than influent EC. This phenomenon can be related to the evaporation rate in wastewater stabilization ponds. The survey of algae in the final effluent showed that the major species of algae were Phytoconis, Chlorella, and Anabaena.

Keywords: Weather Condition, Organic Load, Wastewater Stabilization Ponds, Algae, Yazd.

۱- عضو هیئت علمی گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یزد، (نویسنده مسئول)، ۶۲۳۸۰۰۹ (۰۳۵۱) niyaresh@gmail.com
۲- کارشناس مسئول آزمایشگاه کنترل کیفیت و بهداشت آب، شرکت آب و فاضلاب استان یزد
۳- عضو هیئت علمی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
٤- کارشناس دفتر آمار و اطلاعات استانداری یزد

1. Faculty Member of Civil Engineering Dept., Islamic Azad University, Yazd branch, Yazd, (Corresponding Author), (+98 351 6238009), niyaresh@gmail.com
2. Water and Wastewater Laboratory Expert, Yazd Water and Wastewater Company, Yazd
3. Faculty Member of Yazd University of Medical Sciences, Dept. of Environmental Health, Yazd
4. Member of Statistics and Information Office in Yazd Provincial Government, Yazd

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

برکه تثبیت فاضلاب فرایندی ساده، کم هزینه و با راهبری آسان به‌منظور تصفیه فاضلابهای شهری حتی در نواحی گرمسیری جهان است که معمولاً به‌صورت یک‌سری از برکه‌های بی‌هوازی، اختیاری و تکمیلی استفاده می شود. در این سیستم، آلاینده‌ها از طریق تهنشینی و یا تبدیل، طی فرایندهای بیولوژیکی و شیمیایی از جریان فاضلاب حذف می‌شوند [۱]. سیستم برکه‌های تثبیت دارای مزایای متعددی نظیر طراحی و راهبری ساده با هزینه پایین، مصرف کم انرژی، متکی بودن به منابع انرژی طبیعی، پذیرش شوک بار آلی و هیدرولیکی و توانایی تولید پساب تصفیه شده با کیفیت مناسب می‌باشد، به‌طوری که پساب خروجی از یک‌سری برکه تثبیت قادر به دستیابی به شاخص انگلبرگ[1] به‌منظور استفاده مجدد درکشاورزی است [۲و۳]. همچنین مطالعات موحدیان و همکاران نشان می‌دهد که از بین سیستم‌های مختلف تصفیه فاضلاب، سیستم برکه‌های تثبیت به راحتی می‌تواند باکتری‌ها را تا ۹۹/۹۹۹ درصد و کیست‌های *پروتوزوآ*[2] و تخمهای انگل را تا ۱۰۰ درصد حذف نماید [۴].

علی‌رغم وجود منافع زیاد، سیستم برکه‌های تثبیت محدودیتهایی نیز دارد؛ نظیر نیاز به زمین وسیع و افزایش امکان شرایط رشد حشرات ناقل بیماری به‌ویژه در مناطق خشک [۵].

در این سیستم، جلبکهای میکروسکوپی نقش مهمی را در تصفیه نهایی فاضلاب در برکه‌های اختیاری و تکمیلی به عهده دارند. این ارگانیسم‌ها حذف مواد مغذی، فلزات سنگین و عوامل پاتوژن[3] را بهبود می‌بخشند، با تولید اکسیژن به معدنی شدن مواد آلی طی تجزیه باکتریایی کمک کرده و دی اکسید کربن حاصل از تنفس باکتری‌ها را مصرف می‌کنند. هوادهی از طریق فتوسنتز، هزینه‌های بهره‌برداری را کاهش داده و فرّاریت آلاینده‌ها را طی هوادهی نسبت به هوادهی مکانیکی کاهش می‌دهد. توده‌های جلبکی تولید شده در برکه‌های تثبیت فاضلاب، برای تولید مواد غذایی، مواد شیمیایی با ارزش (نظیر اسید آسکوربیک و پلی بتا هیدروکسی بوتیرات)، تولید بیوگاز و یا به‌عنوان کود به منظور افزایش حاصلخیزی خاک قابل استفاده می‌باشند.

نتایج مطالعه انجام شده توسط پنگ[4] و همکارانش در سال ۲۰۰۷ بر روی حذف فسفر به‌وسیله برکه‌های تثبیت نشان داد که pH محتویات برکه بر میزان حذف فسفر مؤثر است به‌طوری که در pH ۷ تا ۸ بیشترین میزان جذب فسفر اتفاق می‌افتد [۶]. نتایج مطالعه انجام شده توسط کورآ و همکاران[5] در سال ۲۰۰۲ در زمینه استفاده مجدد از پساب خروجی از سیستم برکه تثبیت، نشان داد که سیستم ترکیبی برکه‌های تثبیت عملکرد بسیار مطلوبی دارد به‌طوری که میزان ۹۰ درصد از بار آلی و ۱۰۰ درصد از تخم انگلها حذف شده و میزان حذف باکتری‌های کلیفرم مدفوعی در حد log ۶ یعنی معادل ۹۹/۹۹۹۹ بوده است. براساس نتایج این تحقیق، پساب خروجی از سیستم ترکیبی برکه تثبیت برای آبیاری بدون محدودیت مناسب است [۷].

با توجه به مزایای برکه‌های تثبیت، در نواحی مختلفی در ایران نظیر فولاد شهر اصفهان، اراک، گیلانغرب، مشهد و سبزوار، سیستم برکه تثبیت فاضلاب در حال بهره‌برداری بوده و امکان بهره‌گیری از این فرایند در شهرهای دیگر نیز در دست مطالعه است. ویژگی‌های خاص این روش تصفیه نظیر وسعت زیاد باعث شده تا عوامل مختلفی مانند دما و تبخیر بر کارایی سیستم تصفیه و کیفیت پساب به منظور استفاده مجدد، اثرگذار باشد. از طرفی اطلاعات جامعی از عملکرد برکه‌های تثبیت در ایران در دست نیست و مطالعات کافی در این زمینه برای مناطق با شرایط آب و هوایی مختلف انجام نشده است. دراین مطالعه تأثیر تغییرات بار آلی، pH ، EC فاضلاب ورودی و شرایط آب و هوایی بر عملکرد برکه‌های تثبیت فاضلاب شهر یزد مورد مطالعه قرار گرفت.

شهر یزد در منطقه‌ای خشک و کویری واقع شده است. متوسط مصرف سرانه آب ۲۶۰ لیتر در شبانه روز و سرانه تولید فاضلاب ۱۹۵ لیتر در شبانه روز برآورد گردید. تصفیه‌خانه فاضلاب این شهر از یک سری برکه تثبیت (شامل یک برکه بی‌هوازی و دو برکه اختیاری متوالی) تشکیل شده است [۸ و ۹] (جدول ۱). در حال حاضر پساب نهایی برای آبیاری درختچه‌های کویری به‌منظور کویرزدایی استفاده می شود. اطلاعات هواشناسی شهر یزد در سال ۱۳۸۶ در جدول ۲ ارائه شده است.[۱۰].

۲- مواد و روشها

این تحقیق یک مطالعه توصیفی- مقطعی بود که باهدف بررسی تأثیر تغییرات بار آلی ، pH ، EC فاضلاب ورودی و شرایط آب و هوایی گرم بر حذف مواد آلی و جامدات معلق در برکه‌های تثبیت فاضلاب شهر یزد و امکان استفاده مجدد از پساب در کشاورزی، از فروردین ۱۳۸۶ به‌مدت یک سال انجام شد. در طول این دوره از فاضلاب خام ورودی و پساب نهایی تصفیه‌خانه به طور هفتگی نمونه‌برداری و مقادیر پارامترهای pH، EC، BOD_5، COD و TSS اندازه‌گیری شد. به‌علاوه برای آزمون‌های باکتریولوژی، شمارش

[1] Engelberg
[2] Protozoa Cyst
[3] Pathogen
[4] Peng
[5] Kouraa et al.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱- مشخصات برکه‌های تثبیت فاضلاب شهر یزد

مشخصه / برکه	برکه بی هوازی	برکه اختیاری اول	برکه اختیاری دوم
حجم مفید استخر	۱۱۸۰۰۰ m^3	۸۰۶۴۰ m^3	۸۰۶۴۰ m^3
عمق مفید آبگیر	۵ m	۲ m	۲ m
طول	۲۳۹ m	۴۲۷m	۴۲۷ m
عرض	۱۰۳ m	۱۰۳ m	۱۰۳ m
زمان ماند هیدرولیکی بر مبنای طراحی	۶/۳ روز	۵ روز	۵ روز
ابعاد سطح بالایی استخر	۲۳۹×۱۰۳	۴۲۷×۱۰۳	۴۲۷×۱۰۳
ابعاد سطح آبگیر استخر	۲۳۹×۱۰۰	۴۲۴×۱۰۰	۴۲۴×۱۰۰
سطح متوسط لاگون	۲۰۳۴۰ m^2	۴۰۳۲۰ m^2	۴۰۳۲۰ m^2
پوشش کف و دیواره استخر	پلی اتیلن با مقاومت بالا	پلی اتیلن با مقاومت بالا	پلی اتیلن با مقاومت بالا
شیب دیواره ها	یک به یک ونیم	یک به یک ونیم	یک به یک ونیم
ارتفاع آزاد	۰/۷۵ m	۰/۷۵ m	۰/۷۵ m
دبی ورودی	۸۹/۲ l/s	۸۶/۸۵ l/s	۸۴/۴۷ l/s
بار گذاری موجود*	۲۲۰۳/۳۹ kg/d	۱۳۶۷/۸۷ kg/d	۴۷۱/۱۷kg/d

* با توجه به آزمون‌های انجام شده حدود ۵۲ درصد از BOD_5 خروجی از برکه های اختیاری ناشی از حضور جلبکها بوده که با فیلتراسیون حذف شده است. میزان بار هیدرولیکی و بار آلی بر اساس مبانی طراحی در ابتدای بهره برداری ۸۲۵۱ و ۱۲۴۱۷ مترمکعب در روز و ۴۴۵۵ و ۶۸۴۶ کیلوگرم اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی در روز بوده است.

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی شهر یزد (سال ۱۳۸۶)

ماه	درجه حرارت(^oC)	ساعات آفتابی در ماه	میزان تبخیر در ماه(mm)	سرعت باد (m/s)
فروردین	۱۸	۲۱۵/۷	۲۳۰/۹	۱۱
اردیبهشت	۲۴/۹	۲۹۳/۴	۳۷۳/۱	۱۲/۶
خرداد	۳۰/۷	۳۴۴/۳	۴۴۹	۱۰/۸
تیر	۳۳/۶	۳۲۸/۲	۵۰۷/۶	۱۰/۵
مرداد	۳۱	۳۵۸/۳	۴۶۷/۵	۱۱/۲
شهریور	۲۸/۲	۳۳۷/۲	۴۱۱/۴	۱۰/۱
مهر	۲۱/۲	۳۰۸/۴	۲۴۹/۸	۷/۵
آبان	۱۷/۷	۲۷۱/۴	۱۶۵/۴	۶/۷
آذر	۱۱/۳	۲۱۵/۵	۱۲۰/۴	۸/۶
دی	-۰/۳	۱۴۹	۰	۶/۶
بهمن	۹/۸	۲۲۹/۶	۰	۹/۶
اسفند	۱۲	۲۴۸/۲	۸۷/۳	۹/۱

تخم انگل و شناسایی گونه‌های جلبکی غالب نیز به‌صورت ماهانه از فاضلاب خام و خروجی برکه اختیاری دوم نمونه‌برداری و مقادیر همه پارامترها بر اساس روش ارائه شده در کتاب روشهای استاندارد برای آزمایش‌های آب و فاضلاب اندازه‌گیری گردید[۱۱]. برای شناسایی گونه‌های جلبکی، یک میلی لیتر از نمونه پساب خروجی به لام سدویک رافتر[1] منتقل و با عدسی ده میکروسکوپ مشاهده شد و شناسایی مطابق تصاویر ارائه شده در کتاب روشهای استاندارد برای آزمایش‌های آب و فاضلاب انجام گردید [۱۱].

اطلاعات مربوط به شرایط جوی و آب و هوایی نیز از واحد آمار اداره کل هواشناسی استان یزد تهیه و برای تجزیه و تحلیلها از نرم افزار SPSS ویرایش ۱۵ و آزمون برابری میانگین برای نمونه‌های زوج شده[2] استفاده شد.

[1] Sedgewick-Rafter Cell

[2] Paired sample t . test

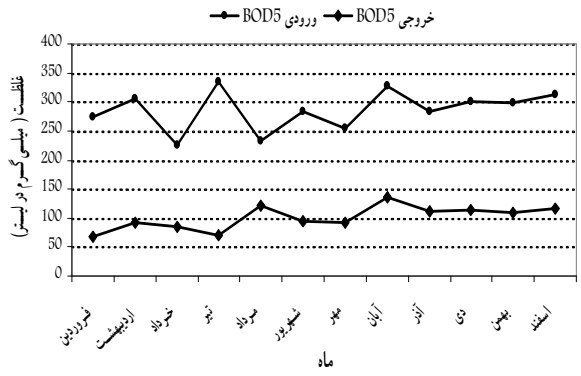
Archive of SID
www.SID.ir

۳- نتایج و بحث

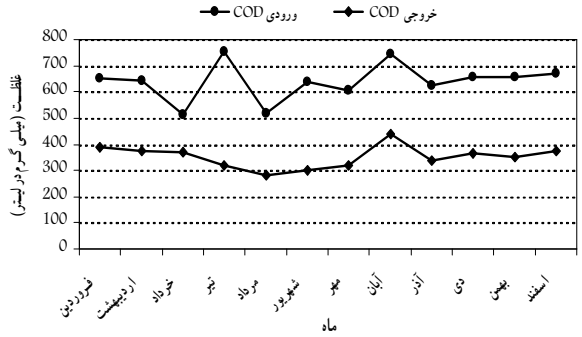
برای بررسی اثر کیفیت فاضلاب خام بر عملکرد سیستم تصفیه فاضلاب، میزان پارامترهای pH، EC، BOD_5، COD، TSS و باکتری‌های کلیفرم مدفوعی در نمونه‌های فاضلاب خام اندازه‌گیری گردید که مقدار میانگین ماهانه آن در جدول ۳ و شکلهای ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است. بر اساس نتایج حاصل از این بررسی، میانگین سالیانه BOD_5 و COD در فاضلاب خام به‌ترتیب ۲۸۵/۹ و ۶۳۹/۶ میلی‌گرم در لیتر و میزان نسبت BOD_5 به COD در فاضلاب ورودی در محدوده ۰/۴۲ تا ۰/۴۷ اندازه‌گیری گردیده است. مقدار میانگین هندسی باکتری‌های کلیفرم مدفوعی در فاضلاب خام (MPN در ۱۰۰ میلی لیتر) $۵/۹\times۱۰^{۶}$ بوده است. تحلیل نتایج حاصل از غلظت پارامترهای فوق در پساب نهایی و انجام آزمون‌های آماری نشان می‌دهند که عموماً تغییرات بار آلی، pH، EC ورودی و تغییر فصل در طول سال بر حذف BOD_5 و COD تأثیرچندانی ندارد. این امر ناشی از زمان ماند طولانی برکه‌های تثبیت و قابلیت تحمل نوسانات کمّی و کیفی فاضلاب است (شکل ۱و۲).

جدول ۳- مشخصات pH و EC فاضلاب خام و EC پساب خروجی تصفیه خانه شهر یزد

ماه	pH ورودی	EC ورودی (µs/cm)	EC خروجی (µs/cm)
فروردین	۹/۳	۱۹۵۱	۲۲۵۱
اردیبهشت	۹/۶۵	۲۰۵۱/۷	۲۲۵۳
خرداد	۷/۸۷	۲۰۷۰	۲۳۲۰
تیر	۸/۵۷	۲۰۰۰/۸	۲۲۴۰
مرداد	۷/۹۲	۱۹۷۷	۲۲۷۷
شهریور	۸/۲۴	۱۹۶۳/۹	۲۲۵۸
مهر	۸/۱۵	۱۹۹۷/۹	۲۲۴۴
آبان	۸/۷	۲۱۴۳/۳	۲۲۹۳
آذر	۸/۲۵	۲۱۵۰/۵	۲۲۸۶
دی	۸/۳۷	۲۱۸۷/۳	۲۳۲۸
بهمن	۸/۳۴	۲۱۹۶/۴	۲۳۱۳
اسفند	۸/۴۲	۲۱۶۸/۹	۲۲۸۹



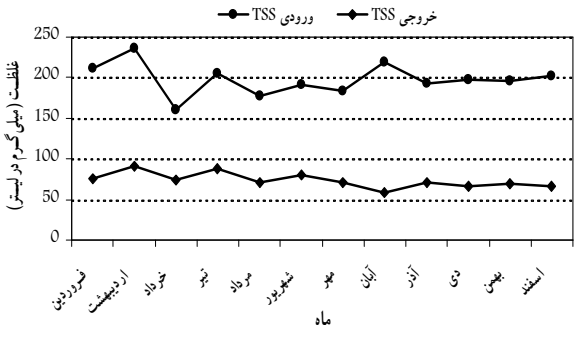
شکل ۱- تغییرات BOD_5 در تصفیه‌خانه فاضلاب شهر یزد



شکل ۲- تغییرات میزان COD در تصفیه خانه فاضلاب شهر یزد

در راستای بررسی و شناسایی عوامل مؤثر بر عملکرد برکه‌ها، مطالعات انجام شده غالباً به نقش شکل برکه‌ها، عرض و نسبت طول به عرض پرداخته‌اند. بر این اساس از جمله عوامل اثرگذار بر بهبود کارایی برکه‌ها در حذف BOD_5 و کلیفرم‌ها را می‌توان افزایش نسبت طول به عرض، تأمین جریان هیدرولیکی پراکنده و جلوگیری از جریان میان‌بر نام برد که این عوامل در اکثر مواقع باعث افزایش سرعت جریان فاضلاب و غلظت DO نیز گردیده است [۱۲، ۱۳ و ۱۴]. با توجه به داده‌های سالانه به‌دست آمده، راندمان سری برکه‌های تثبیت یزد در حذف BOD_5، COD، TSS و باکتری‌های کلیفرم مدفوعی در نمونه‌های فیلتر نشده پساب، به‌ترتیب ۶۴/۹، ۴۴/۹، ۶۲/۶ و ۹۹/۹۶ درصد بود. با این حال غلظت متوسط سالیانه پارامترهای BOD_5، COD و TSS در نمونه‌های فیلتر نشده پساب به‌ترتیب ۱۰۰/۷، ۳۵۱/۶ و ۷۳/۶ میلی‌گرم در لیتر بوده است (شکل ۳ و ۴). مقدار میانگین هندسی باکتری‌های کلیفرم مدفوعی در پساب خروجی قبل از فرایند گندزدایی (MPN در ۱۰۰ میلی لیتر) ۲۱۰۲ بود و در نمونه‌های پساب خروجی، تخم نماتودهای روده ای مشاهده نشد.

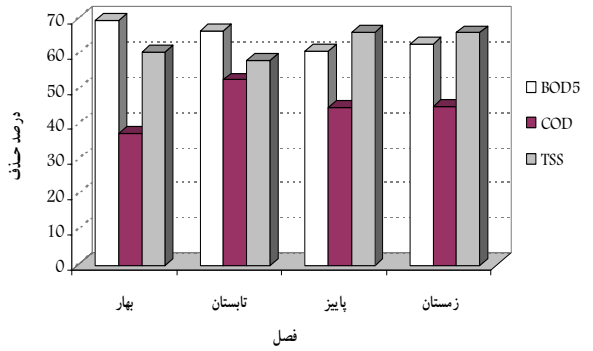
در مطالعه انجام شده توسط فرناندز[1] و همکارانش فاکتورهای موثر بر کارایی برکه‌های تثبیت در حذف باکتری‌های کلیفرم بررسی



شکل ۳- تغییرات میزان TSS در تصفیه خانه فاضلاب شهر یزد

[1] Fernandez

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۴- درصد حذف BOD_5 ، COD و TSS در فصول مختلف

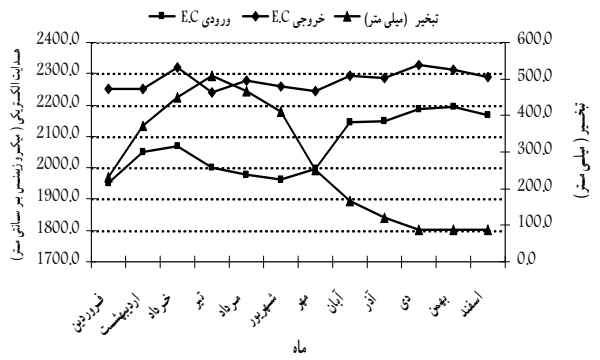
شد. بر این اساس عواملی نظیر زمان ماند طولانی ، نور خورشید، شکار شدن توسط سایر ارگانیسم‌ها و تغییرات pH به دلیل رشد جلبکها در حذف این باکتری‌ها مؤثر بوده است [۱۵]. مقایسه نتایج مطالعه حاضر با میزان استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران نشان می‌دهد که TSS و تخم نماتودهای روده‌ای کمتر از میزان استاندارد مربوطه می‌باشد. ولی مقادیر میانگین BOD_5 و COD پساب فیلتر نشده بیشتر از استانداردهای استفاده مجدد از پساب برای کشاورزی است اندازه‌گیری میزان BOD_5 و COD محلول پساب نهایی نشان داد که غلظت این دو پارامتر به‌ترتیب ۴۸/۳ و ۱۵۱/۲ میلی‌گرم در لیتر بوده که با مقادیر استانداردهای استفاده مجدد برای کشاورزی مطابقت دارد [۱۶]. مقایسه نتایج این داده‌ها با نتایج نمونه‌های فیلتر نشده نشان داد که حدود ۵۲ درصد از BOD_5 و ۵۷ درصد از COD در نمونه‌های صاف نشده، ناشی از مواد معلق آلی، که غالباً به‌دلیل حضور توده جلبکی است، می‌باشد. مقایسه درصد حذف BOD_5 ، COD و TSS در خروجی برکه بی‌هوازی و پساب نهایی نشان می‌دهد که علی‌رغم افزایش حذف BOD_5 و COD ، میزان حذف TSS در خروجی تصفیه‌خانه کمتر از راندمان حذف این عامل در برکه بی‌هوازی بوده که ناشی از رشد جلبکها در برکه اختیاری است.

باید توجه داشت که معمولاً در حدود ۷۰ تا ۹۰ درصد BOD_5 فاضلاب خروجی از یک برکه خوب طراحی شده، مربوط به جلبکهای موجود در آن است و BOD_5 جلبکی از نظر ماهیت با BOD_5 خام تفاوت دارد. به‌همین دلیل در اکثر کشورها پساب خروجی از برکه‌های تثبیت مجاز به داشتن BOD_5 بالاتری در مقایسه با پساب خروجی از سایر روشهای تصفیه فاضلاب می‌باشند. به‌عنوان مثال بر طبق موازین جامعه اروپا پساب خروجی از برکه‌های تثبیت نیز باید دارای مشخصات پساب خروجی مشابه با سایر روشهای تصفیه فاضلاب باشند. با این تفاوت اساسی که به‌منظور تعیین BOD_5 از نمونه‌های عبور داده شده از صافی (BOD_5 غیر جلبکی باقیمانده در فاضلاب) آزمایش به‌عمل می‌آید. این مطلب تمایز میان BOD_5 جلبکی و BOD_5 فاضلاب خام را مشخص می کند [۳]. قابل ذکر است که کیفیت مواد جامد معلق ناشی از این جلبکها در پساب خروجی به‌گونه‌ای است که نه تنها برای کشاورزی مضر نیست، بلکه به‌عنوان یک کود گیاهی باعث افزایش قابل توجه راندمان در کشاورزی و اصلاح خاک می‌گردد.

بر اساس مطالعه میکروسکوپی انجام شده بر روی پساب خروجی از برکه‌های اختیاری، تصفیه‌خانه فاضلاب یزد دارای گونه‌های جلبکی متنوعی نظیر *فیتوکونیس*[1]، *کلرلا*[2]، *انابنا*[3] بود. البته گونه‌های سبز- آبی در تابستان و در گرم‌ترین روزهای سال رشد زیادی نشان دادند به‌طوری که توده‌های جلبکی روی سطح آب مشاهده می‌گردید. هرچند جلبکها منافع متعددی به‌ویژه در کشاورزی دارند، اما در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای باعث کاهش مطلوبیت پساب خروجی برای مصارف کشاورزی می‌گردند [۱۷].

مطالعات انجام شده توسط یارقلی وهانی نشان داد که تجمع جلبکها و ذرات آلی درون شبکه آبیاری با استفاده از پساب برکه‌های تثبیت باعث تشکیل و توسعه لایه‌های بیولوژیکی مرکب می‌گردد. از طرفی تجزیه سلول‌های جلبکی داخل خطوط فرعی و قطره چکان‌ها باعث آزادسازی مواد آلی و تقویت رشد باکتری‌های هتروتروف[4] می‌گردد و این تجدید رشد بیولوژیکی خود باعث گرفتگی بیشتر و مؤثرتر مسیر آب و قطره چکان‌ها می‌شود[۱۸].

با انجام آزمون ضریب همبستگی برای دو پارامتر EC پساب خروجی و تبخیر، ضریب همبستگی برابر ۰/۶۷۴ به‌دست آمد که نشان دهنده همبستگی مثبت بین EC پساب خروجی و تبخیر است. همان‌گونه که در شکل ۵ مشاهده می‌گردد، در ماههای گرم سال با



شکل ۵- تغییرات تبخیر ، EC ورودی و EC پساب خروجی در برکه‌های تثبیت فاضلاب یزد

[1] Phytoconis
[2] Chlorella
[3] Anabaena
[4] Heterotroph

www.SID.ir
Archive of SID

افزایش مصرف آب، EC ورودی کاهش می‌یابد ولی با افزایش تبخیر، نسبت EC خروجی به EC ورودی بیشتر می‌شود. قابل ذکر است که متوسط نسبت EC پساب نهایی به EC ورودی در شش ماهه دوم سال نسبت به شش ماهه اول سال از ۱/۰۵به ۱/۱۵ تغییر یافته است و بر اساس داده‌های متوسط ماهیانه، میزان EC در پساب نهایی نسبت به فاضلاب خام از ۱۱۶/۲ به ۳۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر افزایش یافته است (شکل۵).نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تغییرات میزان هدایت الکتریکی در فاضلاب خام بر حذف BOD_5 و COD اثرگذار نبوده است که این امر ناشی از پایداری عملکرد برکه‌ها به‌دلیل زمان ماند طولانی و رقیق سازی آلاینده‌ها است.

در مطالعه انجام شده توسط دالو[1] و همکارانش، از سیستم برکه تثبیت فاضلاب حاوی گیاهان آبزی برای تصفیه فاضلاب نواحی کوچک شهری در زیمبابوه استفاده شد. در این بررسی تغییرات میزان BOD_5، pH ، مواد معلق، کل جامدات محلول و مواد مغذی در ورودی و خروجی برکه بررسی گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان کل جامدات محلول در طول تصفیه در برکه کاهش یافته است [۱۹]. بر این اساس، کیفیت پساب از نظر میزان شوری برای استفاده مجدد بهبود یافته است. با این‌حال در منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر، به‌دلیل دمای بالا به‌ویژه در فصول گرم سال، نور شدید خورشید و زمان ماند طولانی، میزان هدایت الکتریکی در پساب خروجی از برکه‌ها افزایش یافته و در نتیجه کیفیت آب برای آبیاری کمتر شده است.

۴- نتیجه گیری

نتایج این بررسی نشان داد که تغییرات بار آلی، pH و EC ورودی در طی سال ۱۳۸۶ در منطقه مورد مطالعه، بر حذف BOD_5 و COD تأثیری نداشت که این امر ناشی از زمان ماند طولانی فاضلاب در برکه‌ها، رقیق سازی آلاینده‌ها و پایداری این سیستم‌ها است. با این‌حال به‌دلیل رشد زیاد جلبکها در اثر تابش شدید نور خورشید، غلظت جامدات معلق پساب نهایی در فصول گرم سال افزایش یافته است. با توجه به مبانی طراحی برکه‌های تثبیت یزد، میزان بار هیدرولیکی در ابتدای بهره‌برداری و پایان طرح به ترتیب ۸۲۵۱ و ۱۲۴۱۷ مترمکعب در روز و میزان بار آلی به ترتیب ۴۴۵۵ و ۶۸۴۶ کیلوگرم BOD_5 در روز بوده است. بر اساس داده‌های ارائه شده در جدول ۱، مقادیر پارامترهای بار هیدرولیکی و بار آلی ورودی به برکه‌های تثبیت یزد در حال حاضر ۷۷۰۷ متر مکعب در روز و ۲۲۰۳ کیلو گرم BOD_5 بر روز بوده که نسبت به معیارهای طراحی اولیه کمتر می‌باشد. مقایسه این پارامترها بیانگر پایین بودن حجم فاضلاب ورودی نسبت به معیارهای طراحی کاهش سرعت جریان فاضلاب بوده است و افزایش زمان ماند می‌تواند یکی از دلایل رشد زیاد جلبکها در برکه‌های اختیاری باشد.

اندازه‌گیری میزان BOD_5 و COD محلول پساب نهایی نشان داد که غلظت این دو پارامتر به‌ترتیب ۴۸/۳ و ۱۵۱/۲ میلی‌گرم در لیتر بوده که با مقادیر استانداردهای استفاده مجدد برای کشاورزی مطابقت دارد. نتایج این مطالعه نشان داد که حدود ۵۲ درصد از BOD_5 و ۵۷ درصد از COD در نمونه‌های صاف نشده ناشی از حضور توده‌های جلبکی و مواد معلق آلی موجود در پساب بوده است.

بررسی شرایط آب و هوایی یزد نظیر تعداد ساعات آفتابی، درجه حرارت و میزان تبخیر توأم با مقایسه EC فاضلاب خام و پساب نهایی نشان می‌دهد که به‌دلیل تبخیر، میزان EC افزایش و کیفیت آب برای آبیاری کاهش یافته است.

یکی از اهداف مهم تصفیه فاضلاب در شرایط آب و هوای خشک و کویری نظیر یزد استفاده مجدد از پساب است. با توجه به میزان بالای تبخیر و اثر آن بر افزایش EC در پساب نهایی و تنزل کیفیت آب برای استفاده مجدد برای کشاورزی، لازم است تا مقایسه اقتصادی از نظر صرفه جویی در مصرف انرژی به روش برکه‌های تثبیت و استحصال پساب مناسب با روشهای دیگر تصفیه فاضلاب انجام شده و کاربرد سایر فرایندها نیز مورد بررسی قرار گیرد.

[1] Dalu

۵- مراجع

1- Nelson, K., Cisneros, B., Tchobanoglous, G., and Darby, D. (2004). "Sludge accumulation, characteristics, and pathogen inactivation in four primary waste stabilization ponds in central Mexico." *Wat. Res.*, 38, 111-127.

۲- سازمان بهداشت جهانی (۱۳۷۵). *برکه‌های تثبیت فاضلاب (اصول طراحی و اجرا)*، مترجم : ندافی، ک.، نبی زاده، ر.، چاپ اول، انتشارات مؤسسه علمی فرهنگی نص، تهران.

Archive of SID

www.SID.ir

۳- مارا ، د .(۱۳۷۷). *راهنمای طراحی برکه‌های تثبیت فاضلاب در ایران*، مترجم : شقاقی ، ش. ، انتشارات شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور.

۴- موحدیان عطار، ح.، بینا، ب.، اربابی، م. (۱۳۷۴). "بررسی راندمان برکه های تثبیت در حذف تخم انگلها و کلیفرم‌های مدفوعی." *م. آب و فاضلاب*، ۱۵، ۲-۱۱.

5- Ensink, J., Mukhtar, M., Hoek, W., and Konradsen, F. (2007). "Simple intervention to reduce mosquito breeding in waste stabilization ponds." *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 101, 1143-1146.

6- Peng, J. F., Wang, B. Z., Song, Y., Yuan, P., and Liu, Z. (2007). "Adsorption and release of phosphorus in the surface sediment of a wastewater stabilization pond." *Eco. Eng.*, 31, 3192-3197.

7- Kouraa, A., Fethi, F., Fahde, A., Lahlou, A., and Ouazzani, N. (2002). "Reuse of urban wastewater treated by a combined stabilization pond system in Benslimane (Morocco)." *Urban Water*, 4, 373-378.

۸- واحد آمار شرکت آب و فاضلاب استان یزد، ۱۳۸۶.

۹- مهندسین مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب. (۱۳۸۲). *گزارش بازنگری مطالعات مرحله اول تصفیه خانه فاضلاب شهر یزد*، مهندسین مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب، اصفهان.

۱۰- واحد آمار اداره کل هواشناسی استان یزد ایستگاه سینوپتیک یزد، ۱۳۸۶.

11- APHA., AWWA., WPCF. (2005). *Standard methods for examination of water and wastewater*, 21th Ed., Washington. D.C.

12- Torres, J. J., Soler, A., Saâez, J., and Llorens, M. (2000). "Hydraulic performance of a deep stabilisation pond fed at 3.5 m depth." *Wat. Res*., 34 (3), 1042-1049.

13- Abbas, H., Nasr, R., and Seif, H. (2006). "Study of waste stabilization pond geometry for the wastewater treatment efficiency." *Eco. Eng*., 28, 25-34.

14- Agunwamba, J. C. (2001). "Effect of tapering on the performance of waste stabilization ponds." *Wat. Res*., 35 (5), 1191-1200.

15-Fernandez, A., Tejedor, C., and Chordi, A. (1992). "Effect of different factors on the die-off of fecal bacteria in a stabilization pond purification plant." *Wat. Res*., 26 (8), 1093-1098.

۱۶- کیوانی، ن. (۱۳۸۲). *ضوابط و استانداردهای زیست‌محیطی*، معاونت محیط زیست انسانی سازمان حفاظت محیط زیست، چاپ اول، انتشارات دایره سبز، تهران.

17- Muñoz, R., and Guieysse, B. (2006). "Algal–bacterial processes for the treatment of hazardous contaminants: A review." *Wat. Res*., 40, 2799-2815.

۱۸- یار قلی، ب.، و هانی، ه. (۱۳۸۰)." آبیاری قطره ای با پساب برکه‌های تثبیت فاضلاب و حل مشکل گرفتگی قطره چکان." *م. آب و فاضلاب*، ۳۷، ۵۰-۵۷.

19- Dalu, J. M., and Ndamba, J. (2003). "Duckweed based wastewater stabilization ponds for wastewater treatment (a low cost technology for small urban areas in Zimbabwe." *Physic. Chem*., 28, 1147-1160.

Archive of SID

www.SID.ir