

## بررسی عملکرد برکه های تثبیت شهرستان خمین و ارائه راهکارها جهت بهبود

مهری اکبری<sup>1\*</sup>، افشین تکدستان<sup>2</sup> و مهدی احمدی مقدم<sup>3</sup>

1) کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست - آب فاضلاب دانشگاه علوم و تحقیقات خوزستان.

2 و 3) عضو هیئت علمی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

\* نویسنده مسئول مکاتبات: Ara200438@yahoo.com

تاریخ دریافت: 90/04/29

تاریخ پذیرش: 90/07/04

### چکیده

این مطالعه، بر روی برکه های تثبیت شهرستان خمین، به صورت مطالعه مداخله ای، از نوع تحلیلی- مقطعی انجام شد و نمونه ها به صورت احتمالی برداشت گردید. بر روی فاضلاب خام و پساب خروجی از برکه ها و خروجی تصفیه خانه، آزمایشات شمارش تعداد کلیفرم، تخم انگل (نماتود) و pH، BOD<sub>5</sub>، COD، TSS، TDS، TS و DO انجام شد و در تجزیه داده ها، از میانگین واریانس ها و **correlation** استفاده شد و نتایج بر روی نمودار **matlab** و **excel** رسم گردید. 366 نمونه، جهت انجام آزمایشات فیزیک و شیمیایی و کلی فرم و تخم انگل از برکه ها، برداشت گردید. این مطالعه نشان داد که بین درجه حرارت و بار سطحی و نیز میزان حذف **BOD**، **COD**، **TCOLIFORM** با زمان ماند، رابطه معنی دار وجود دارد ( $p > 0.05$ ). از طرفی در آنالیز آماری، با کمک پارامترهای اندازه گیری شده، سرعت باد، میزان تبخیر و روزهای آفتابی و بارانی، مشخص شد که برکه های تثبیت شهرستان خمین که در آب و هوای سرد در حال بهره برداری می باشند به شدت تحت تاثیر عوامل طبیعی می باشد. مقایسه نتایج خروجی با استانداردها نیز نشان داد که پساب خروجی از آنها، برای آبیاری پارک های عمومی قابل استفاده است و استانداردهای زیست محیطی را از نظر تخم انگل (نماتود) و کلی فرم مدفوعی را در این خصوص بر آورده می سازند.

واژه های کلیدی: برکه تثبیت، شهر خمین، بار سطحی BOD - کلیفرم - تخم انگل.

## مقدمه

بر خلاف فن‌های آب رسانی شهری و جمع‌آوری فاضلاب که تاریخچه‌ی آن نسبتاً طولانی و چند هزار ساله دارند، پالایش و تصفیه به شکل امروزی خود، دارای سابقه‌ی تاریخی کوتاهی می‌باشد. تنها در نوشته‌های تاریخی، از گفته‌ها و فرمان‌هایی که در پرهیز از آلوده سازی منابع طبیعی آب، به ویژه رودخانه‌ها یاد شده است، نتیجه‌گیری می‌شود که نیاکان ما، بجز آگاهی از بدی‌های آلوده نمودن منابع طبیعی، از برخی روش‌های تصفیه طبیعی نیز، به طور تجربی و محدود آگاهی داشته‌اند. نخست از حدود یک صدسال پیش که رابطه میان اثر باکتری‌ها و میکروب‌های بیماری‌زا، در واگیری و شیوع بیماری‌ها آشکار گشت، انسان به فکر پاک سازی آب‌های آلوده افتاد. به عبارت دیگر فن، تصفیه آب و فاضلاب، در روند امروزی خود، بیشتر در اثر پیشرفت علم زیست‌شناسی و پزشکی بوجود آمده است. در حالیکه موقعیت فعلی در مورد تامین آب آشامیدنی بحرانی است، در خصوص تصفیه فاضلاب، حتی وضع حادث می‌باشد. از این رو، یک چالش واقعی در مورد برنامه ریزی ساخت و موسسات سرمایه‌گذاری کننده وجود دارد و برای دست‌یابی به آن، باید روش‌های کم‌هزینه به کار گرفته شود. پژوهش‌های بسیاری در خصوص تصفیه فاضلاب، با استفاده از برکه‌های تثبیت در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه انجام شده و تجربیات بهره‌برداران در طول مدت 50 سال، جمع‌آوری گردیده است. اینک یک برکه تثبیت با طراحی خوب را می‌توان فرایندی مطمئن، کارآمد و اقتصادی و آسان، جهت تصفیه فاضلاب خانگی و صنعتی در نظر گرفت. تاریخچه برکه‌های تثبیت فاضلاب، به حدود 3000 سال قبل باز می‌گردد. از آنجا که فرایندهای طبیعی تصفیه فاضلاب در برکه، نقش اساسی دارد و با توجه به پایین بودن سرعت فرایندهای تصفیه طبیعی، به زمان ماند طولانی برای تصفیه فاضلاب مورد نیاز می‌باشد که این زمان ماند با توجه به شرایط آب و هوایی مناسب، از چند روز تا چندین ماه، متغیر است و به راحتی می‌توان برای تصفیه طیف وسیعی از فاضلاب‌های شهری و صنعتی از آنها استفاده نمود. در این واحدها، عمل ته‌نشینی و تثبیت، هر دو با هم انجام می‌شود (Brook et al., 2009). طی مطالعاتی که سال‌ها بر روی عملکرد برکه‌های تثبیت صورت گرفته، نتایج مختلفی حاصل شده است. از جمله طی مطالعاتی که ندافی و همکاران در سال 1375 بر روی مدول 1 و مدول 2 برکه‌های تثبیت شهرستان اراک انجام دادند به این نتیجه دست یافتند که؛ پساب خروجی از حوضچه‌های مدول 1 با استانداردهای تصفیه ایران، جهت کشاورزی برای استفاده مجدد از لحاظ غلظت COD، BOD مطابقت ندارد. هم‌چنین با مطالعه‌ای که بر روی برکه‌های مدول دوم انجام دادند، پساب خروجی از این برکه‌ها را با استانداردهای در نظر گرفته شده در تمام پارامترهای مورد مطالعه مطابق دانستند.

بر روی برکه‌های تثبیت گیلان غرب با موضوع بررسی عملکرد برکه تثبیت در حذف ترکیبات آلی از فاضلاب گیلان غرب انجام دادند، خروجی از این سیستم‌ها را جهت کشاورزی مناسب دانستند. هم‌چنین طی مطالعه‌ای که دانشگاه نیجریه بر روی اثر پرش هیدرولیکی در تصفیه، توسط برکه‌های تثبیت در سال 2010 انجام داد به این نتیجه دست یافتند که هزینه تصفیه فاضلاب، با استفاده از برکه‌های تثبیت با پرش هیدرولیکی، حدود 1,5 برابر، کمتر از برکه‌های تثبیت متعارف می‌باشد، در نتیجه به کاهش زمین مورد نیاز منجر خواهد شد. طی مطالعاتی که Kame در سال 2008 بر روی عملکرد برکه‌های تثبیت بیمارستان Hawassa انجام دادند، پساب خروجی از این سیستم‌ها را حاوی مقادیر زیادی باکتری یافتند که برای مصارف آبیاری و آبی‌پروری، نامناسب بوده و جهت بهتر شدن عملکرد این سیستم‌ها، استفاده از وتلنت‌ها را همراه با این سیستم‌ها پیشنهاد نمودند.

جدول 1: انواع و هدف از احداث برکه های تثبیت فاضلاب

نوع فاضلاب قابل تصفیه	هدف	نوع برکه
مواد آلی محلول	تولید جلبک و زدایش مواد مغذی	هوازی کم بار
پساب ثانویه	جلادهی پساب ثانویه و زدایش مواد آلی و نابود سازی عوامل بیماری زا	هوازی پر بار
پساب ثانویه	جلادهی پساب ثانویه و زدایش مواد آلی و نابود سازی عوامل بیماری زا	هوازی (تکمیلی)
فاضلاب ته نشین شده و یا فاضلاب خام	زدایش مواد آلی از طریق فرایندهای هوازی بی هوازی	اختیاری
فاضلاب خام (شهری و صنعتی)	زدایش مواد آلی به عنوان پیش تصفیه و هم چنین نابود سازی عوامل بیماری زا نیز در آنها اتفاق می افتد	بی هوازی

#### مواد و روش ها

به منظور تامین اطلاعات پایه شامل داده های مربوط به مبانی سیستم تصفیه فاضلاب شهر خمین، اطلاعات اقلیمی و جغرافیایی و نیز دست یافت های حاصل از مطالعات دیگر پژوهشگران، در عرصه ملی و جهانی، و نیز گزارش نهایی مهندسی مشاور و طراح سیستم فاضلاب شهر خمین گزارش اوضاع اقتصادی و اجتماعی اطلاعات موجود در شرکت آب و فاضلاب استان مرکزی و اطلاعات موجود در اداره هواشناسی شهر خمین در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت، تحقیق با مقالات و متون انتشار یافته در منابع معتبر داخلی و خارجی ارائه شده در منابع ملی و بین المللی، مورد مقایسه قرار گرفت و پس از طبقه بندی اطلاعات، این مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفت. این تحقیق، از نوع تحلیلی- مقطعی بوده و نمونه برداری، به صورت احتمالی انجام گرفت. نمونه ها از فاضلاب خام ورودی به تصفیه خانه و خروجی از برکه ها و خروجی از تصفیه خانه به صورت لحظه ای و با تواتر 1 هفته، یک بار به مدت یک سال و در چهار فصل در سال 1389 انجام پذیرفت.



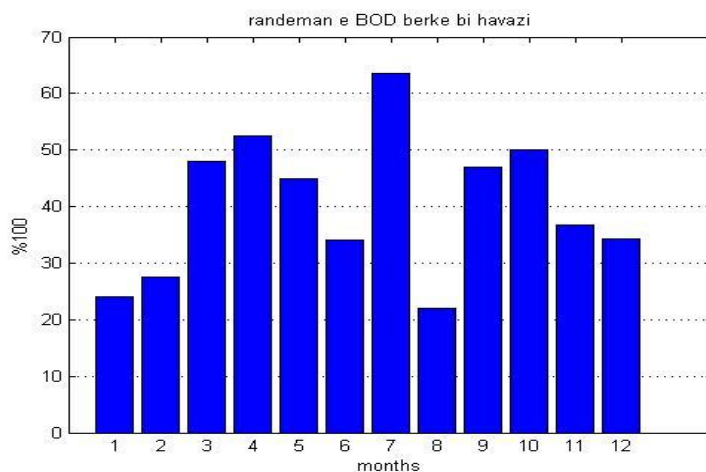
در هر ماه به طور متوسط، 28 نمونه فاضلاب از برکه‌ها گرفته شد و در کل، تعداد 336 نمونه برداشت گردید و بر روی آنها آزمایش در TS, TSS, COD, BOD طی یک سال از تاریخ 89/1/1 الی 89/12/29 صورت پذیرفت. هم چنین تعداد 48 مرتبه pH, DO به طور روزانه از فاضلاب خام ورودی به برکه‌های بی‌هوازی، پساب ورودی به برکه‌های بی‌هوازی، پساب ورودی به برکه‌های اختیاری و تکمیلی، و پساب خروجی نهایی از برکه، اندازه‌گیری شد. ضمناً نمونه‌گیری شمارش تک یاخته‌ها، به تعداد ماهیانه 3 عدد، در پساب ورودی به برکه، 3 عدد در خروجی پساب نهایی انجام گرفته است. در محل نقاط ورودی به برکه‌ها، حدود 300 میلی لیتر از نمونه در عمق 2,5 متری، مستقیماً جمع‌آوری گردید (در برکه اختیاری در عمق 1 متری). اکسیژن محلول و pH و دما در محل، اندازه‌گیری شدند و نمونه‌ها به منظور تعیین پارامترهای دیگر، از قبیل جامدات معلق، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و شمارش تک یاخته‌ای، به آزمایشگاه محل و مطابق با روش‌های استاندارد، مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

### نتایج و بحث

سیستم‌های تصفیه فاضلاب به روش برکه‌ای، تحت تاثیر شدید عوامل طبیعی نظیر دما، نور خورشید، تبخیر و بارش بوده و توسط انسان، قابل کنترل نمی‌باشد. در این واحدها، عمل ته نشینی و تثبیت، هر دو با هم انجام می‌گیرد. از آنجا که فرایندهای طبیعی، در تصفیه فاضلاب در برکه‌ها، نقش اساسی داشته و با توجه به پایین بودن سرعت فرایندهای تصفیه طبیعی، به زمان ماند طولانی برای تصفیه فاضلاب مورد نیاز می‌باشد که این زمان با توجه به شرایط آب و هوایی از چند روز تا چندین ماه متغیر است. در مناطق سردسیر، زمان ماند طولانی تری برای تصفیه فاضلاب مورد نیاز می‌باشد. اربابی مطالعه‌ای که در سال 1377 بر روی برکه‌های تثبیت یزد انجام دادند، دلایل متعددی جهت کارکرد نامناسب برکه‌ها، بر شمرند. این دلایل عبارتند از: نوع پیش تصفیه فاضلاب، افزایش بار آلی ورودی به برکه، نگره داری ناکافی، طراحی نامناسب و زمان ماند ناکافی که دلایل عدم مطلوبیت کارکرد برکه‌ها شمرده می‌شوند. طی مطالعه و پژوهشی که بر روی برکه‌های تثبیت در مدیترانه انجام دادند: طراحی ضعیف، موقعیت‌های ناسازگار محیطی، بالا بودن میزان هیدرولیک اتال کوتاه و ضعیف بودن نگهداری از این سیستم‌ها را عوامل مشکل در آنها دانستند.

با توجه به تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده، اطلاعات مندرج در جداول آورده شده در متن، مطابق با استانداردهای موجود گزارش شده این نتایج با سایر تحقیقات انجام شده در خصوص عملکرد برکه‌های تثبیت، مورد مقایسه قرار گرفت و در نهایت، نتیجه‌گیری نهایی در خصوص نحوه عملکرد برکه‌های تثبیت. از آنجا که دبی ورودی به تصفیه‌خانه، دارای نوسانات شدیدی است، غلظت پارامترهای ورودی، دارای تغییرات بسیار زیادی بوده و بر روی عملکرد برکه، تاثیر می‌گذارد. در مجموع عملکرد برکه‌ها مطلوب نمی‌باشد تا حدی که خصوصاً در برکه‌های اختیاری، پارامترها در ورودی و خروجی، تفاوت چندانی نمی‌کنند. در واقع برکه بی‌هوازی موجود در تصفیه‌خانه است که بیشترین بار تصفیه را، بر دوش داشته و تاحدودی پارامترها را کاهش می‌دهد (زاکي زاده، 1383).

عملکرد برکه بی هوازی سیستم تصفیه خانه شهر خمین



شکل 1: راندمان برکه بی هوازی در حذف BOD

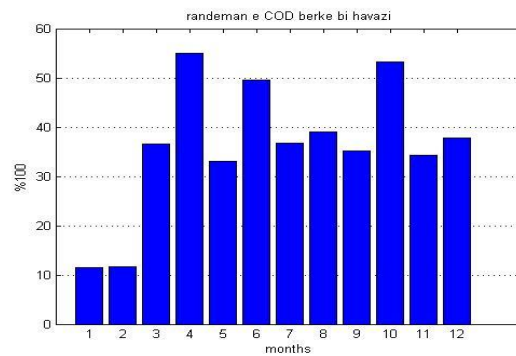
باتوجه به ارقام بدست آمده از نتایج آنالیز فاضلاب تصفیه خانه شهرستان خمین و استانداردهای موجود در این زمینه، در خصوص راندمان حذف BOD مورد انتظار، توسط برکه های بی هوازی می توان گفت :

براساس نتایج حاصل در نمودار 1، حذف BOD توسط برکه، همان طور که مشاهده می شود در بهترین شرایط ممکن در مهرماه است که برکه، راندمان 70 درصد را حاصل کرده و در پایین ترین میزان در آبان ماه، راندمان حذف 25 درصد را دارا می باشد و در تیر ماه، بین 30 تا 60 درصد، متغیر است. این مقادیر نشان دهنده این است که : برکه های بی هوازی (که هم اکنون از 2 برکه 1 برکه در حال بهره برداری است) تقریباً عمل کرد مطلوبی را در این سیستم، در حذف BOD از خود نشان داده است. همان طور که در جدول (1) قابل مشاهده است با زمان ماند یک روز که برکه مذکور در حال کار می باشد. 50 درصد حذف BOD مطلوب و قابل انتظار است .

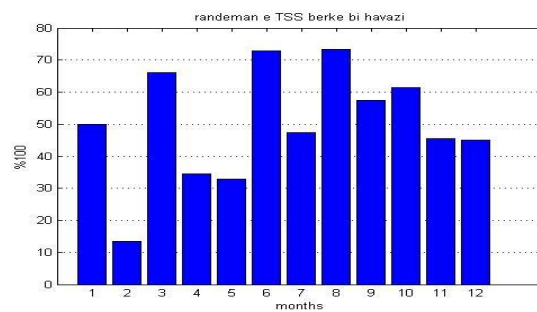
جدول 2: حذف BOD در برکه های بی هوازی به صورت درجه حرارت بالای 20 سانتی گراد

درصد حذف BOD <sub>5</sub>	زمان ماند (روز)
50	1
60	2/5
70	5

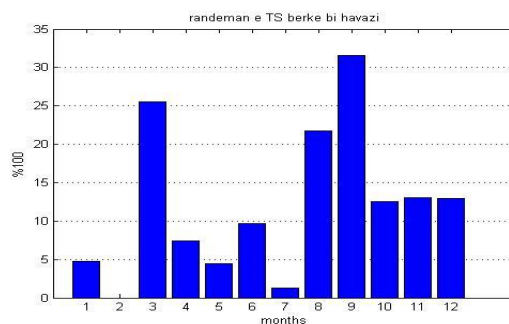
ماخذ: میران زاده 138



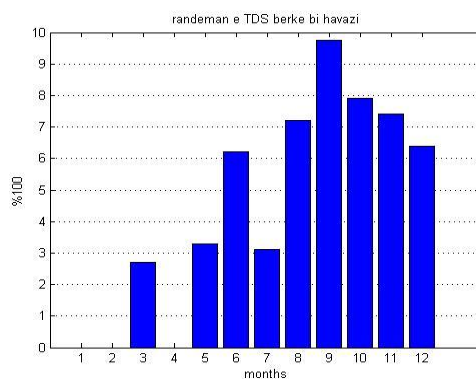
شکل 2: درصد حذف COD برکه بی هوازی



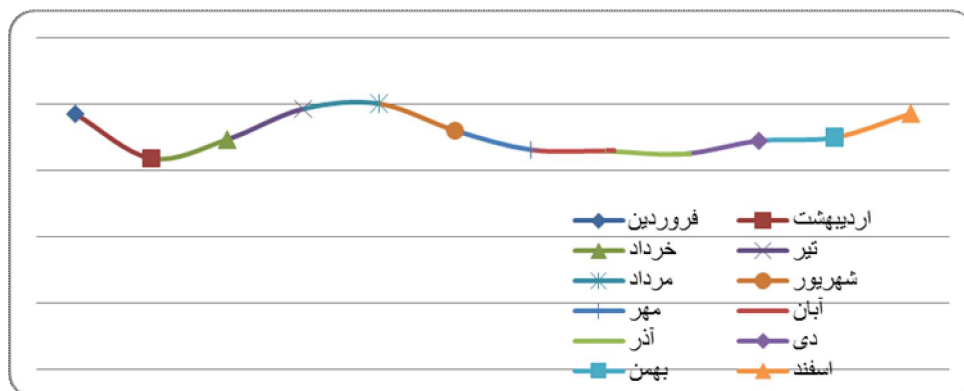
شکل 3: راندمان برکه بی هوازی در حذف TSS



شکل 4: راندمان برکه بی هوازی در حذف TS



شکل 5: راندمان برکه بی هوازی در حذف TDS



شکل 6: میانگین کاهش کلی فرم مدفوعی در برکه بی هوازی

جدول 3: درصد تجمعی زدایش کلی فرمها و BOD در سیستم های مختلف برکه تثبیت

کلی فرم مدفوعی			BOD			درجه سانتی گراد
25	20	12	25	20	12	نوع برکه
25	20	12	70	64	45	A
93	86	60	90	88	80	A+F
99/95	99/975	99	92	92	86	A+F+M
99/99999	99/9996	99/95	>95	95	94	A+F+M+M
98	97	91	84	80	75	F
99/98	99/94	98/2	93	90	86	F+M
99/99993	99/998	99/9	>95	95	93	F+M+M
96	93	72	82	80	70	AL
99/5	99/5	95	93	92	84	AL+M
99/999	99/996	99/9	>95	95	93	AL+M+M+M

A: برکه بی هوازی (زمان ماند 2 روز)

ماخذ: احرامپوش 1376

### نتایج کلی، در خصوص عملکرد برکه های بی هوازی تصفیه خانه شهر خمین

از آنجا که برکه های بی هوازی، اغلب بیش از برکه های اختیاری، جهت کاهش زمین مورد نیاز به کار برده می شود و در بسیاری از موارد نیز، نقش آنها به عنوان پیش تصفیه برای کاهش بار آلودگی فاضلاب می باشد و پساب خروجی از آنها، جهت تصفیه بیشتر، وارد برکه اختیاری می شود و با توجه به جدول (2) در خصوص راندمان حذف مورد انتظار BOD توسط برکه های بی هوازی می توان گفت: برکه بی هوازی، سیستم تصفیه خانه خمین، عملکرد مطلوبی در حذف پارامتر BOD در این مطالعه از خود نشان داده است. البته می باید خاطر نشان نمود، در کاهش جامدات معلق و قابل ته نشین، مانند یک سپتیک تانک خوب عمل نمی کند و هم چنین در نمودار 6 که نشان دهنده کاهش میزان کلی فرم مدفوعی توسط برکه بی هوازی در این سیستم، می باشد می توان گفت که برکه بی هوازی، عملکرد قابل

قبولی را با توجه به استانداردهای آورده شده در جدول (3) در کاهش کلی فرم مدفوعی با راندمان 60 تا 80 درصد در این سیستم، از خود نشان داده است.

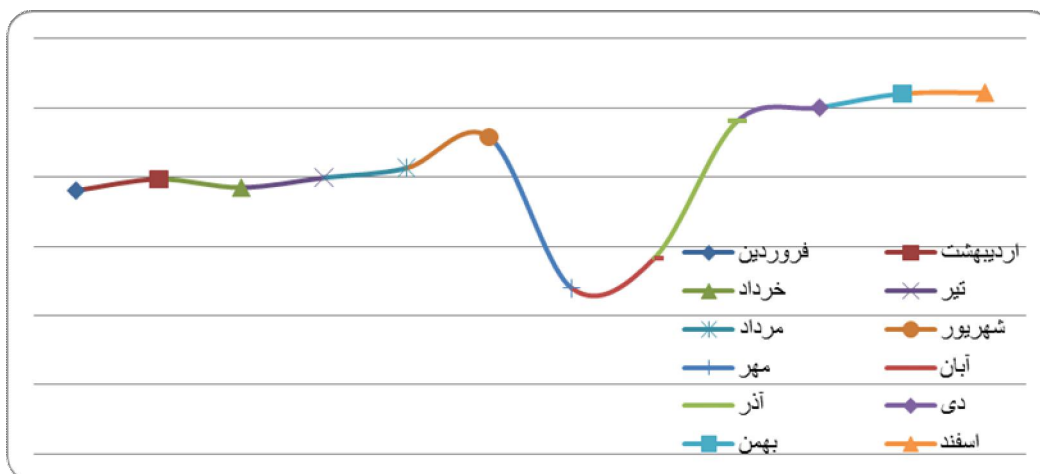
### بار حجمی برکه بی هوازی

بار حجمی، برحسب گرم  $BOD_5$  در متر مکعب در روز بیان می شود ( $g\ BOD_5/m^3.d$ ). این معیار طراحی، شبیه اساس طراحی هاضم‌های بی هوازی لجن و فرایندهای بی هوازی، دارای رشد معلق است. طراحی بر اساس این معیار، هنوز متداول نبوده و توصیه‌هایی که برای بار حجمی وجود دارد، به شرح زیر قابل استناد است: ما را توصیه می کند که بار، ناپیستی از  $400\ g\ BOD_5/m^3.d$  تجاوز نماید، تا از بوی بد جلوگیری شود. سنرا برای جلوگیری از مشکل بو، حد بالای  $70\ g\ BOD_5/m^3.d$  را پیشنهاد می کند. با توجه به استانداردهای موجود و آورده شده در جدول 3 و مقایسه آن با نمودار بار حجمی برکه مذکور، می توان گفت: برکه بی هوازی تصفیه خانه شهرستان خمین، در سال 1389 در محدوده استانداردهای موجود، از لحاظ بار حجمی، عمل کرده است. لازم به ذکر است برکه‌های تثبیت شهرستان خمین در متوسط درجه حرارت  $13.2\ ^\circ C$  در حال بهره برداری می باشند.

جدول 4: مقادیر طراحی بار حجمی در برکه‌های بی هوازی بر اساس تجربیات کشور آلمان

درصد حذف BOD	بار حجمی $gBOD_5/M^3-d$	درجه حرارت (درجه سانتی گراد)
40	100	>10
2T+20	20T*-100	10-20
2T+20	10T*+100	20-25
70	350	>25

ماخذ: ندافی 1375



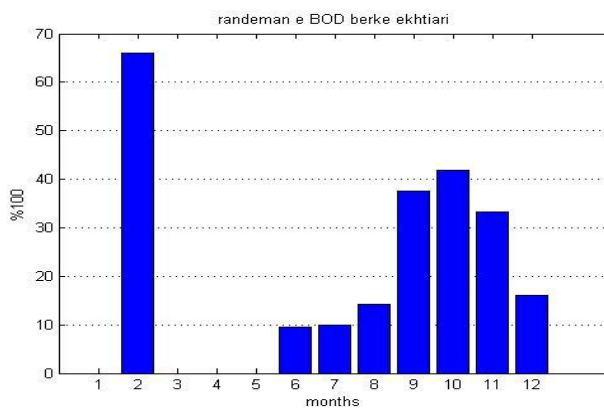
شکل 7: بار حجمی برکه بی هوازی



## عملکرد برکه اختیاری سیستم تصفیه خانه شهر خمین

طراحی برکه های اختیاری، بر اساس حذف BOD انجام گرفته و در عین حال، قسمت عمده جامدات معلق در برکه اختیاری اولیه، ته نشین شده و از فاضلاب جدا می شوند (میران زاده 1383).

در زیر، نمودارهای مربوط به عملکرد برکه اختیاری سیستم تصفیه خانه شهر خمین، آورده شده و مورد بحث قرار می گیرد.



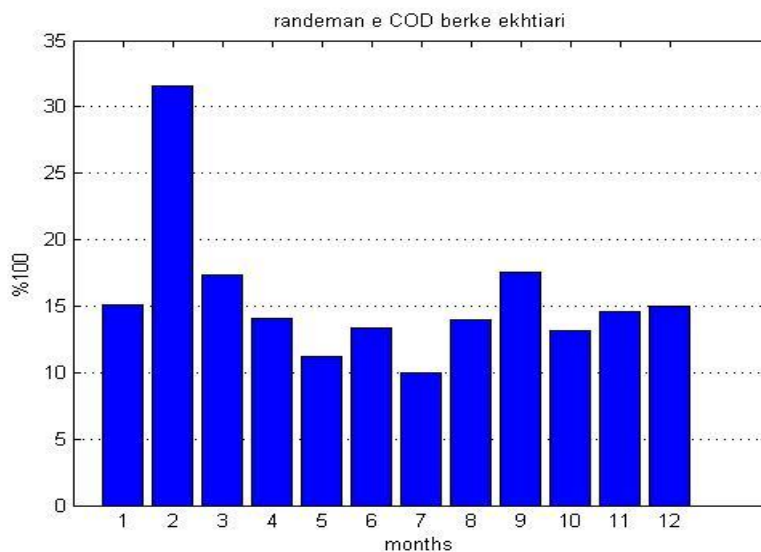
شکل 8: راندمان برکه اختیاری در حذف BOD

## جدول 5: میزان بار سطحی در برکه اختیاری در درجه حرارت های مختلف

درجه حرارت (سانتی گراد)	درجه حرارت (سانتی گراد)	LS(kg BOD <sub>5</sub> /ha-d)	LS(kg BOD <sub>5</sub> /ha-d)
8<	17	199	80
9	18	217	89
10	19	235	100
11	20	253	112
12	21	272	124
13	22	291	137
14	23	311	152
16	24	331	167
17	25	350	183

ماخذ: میران زاده 1383

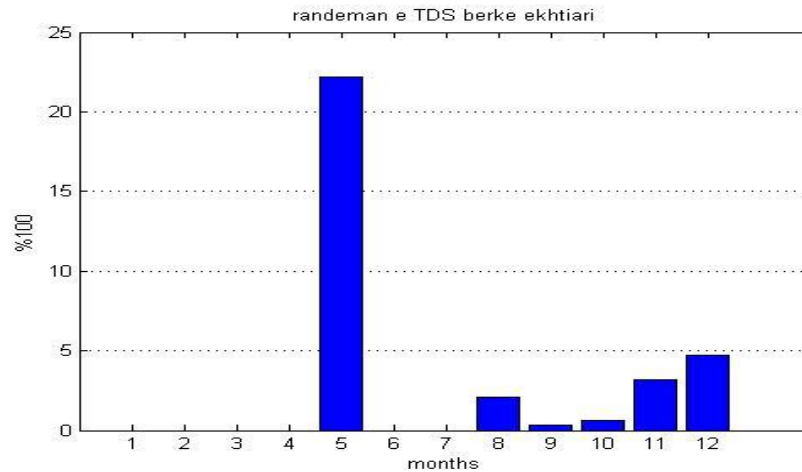
از آنجا که متوسط درجه حرارتی که براساس آن برکه، طراحی شده است،  $13/2^{\circ}\text{C}$  می باشد، لذا انتظار می رود برکه اختیاری درمقایسه با جدول (5) 80 درصد حذف BOD را داشته باشد. برکه اختیاری طراحی شده در این سیستم، با زمان ماند 15 روز، در حذف BOD در بهترین حالت در اردیبهشت ماه، بالای 60 درصد در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد ماه، BOD ورودی به برکه با BOD خروجی، تفاوتی نداشته و برکه، در این ماه‌ها در کاهش این پارامتر، بسیار نامطلوب عمل کرده است. در ماه‌های دی، بهمن و اسفند نیز دارای راندمان زیر 40 درصد و در ماه‌های شهریور، مهر و آبان، راندمان زیر 20 درصد داشته است. و در کل در حذف پارامتر BOD خوب عمل نکرده است.



شکل 9: عملکرد برکه اختیاری، در کاهش پارامتر COD

همان طور که گفته شد، در پساب خروجی از برکه‌های تثبیت، به دلیل رشد بیش از حد جلبک‌ها، غلظت جامدات معلق، بالا خواهد بود. بالا بودن غلظت جامدات معلق، در مواردی، جهت استفاده مجدد از پساب، ممکن است مشکل ساز باشد به ویژه برای تغذیه آب‌های زیر زمینی. در سیستم آبیاری تحت فشار و قطره ای نیز، سبب مسدود شدن نازل‌ها می گردد، زیرا قسمت عمده جامدات معلق در پساب خروجی از برکه‌ها، (70-90 درصد) شامل جلبک می باشد که از نظر زیست محیطی، دارای خطرات کمتری است. در صورت نیاز، از طریق روش‌های ارزان قیمت، می توان نسبت به جداسازی جلبک از پساب خروجی برکه‌ها اقدام نمود (موحدیان و همکاران، 1377). تصفیه فاضلاب در سیستم‌های برکه ای، علی رقم اینکه در زدایش BOD و کلی فرم‌ها، بسیار موثر است ولی کارایی آنها در تولید پساب با غلظت پائین مواد معلق، نتیجه بخش نمی باشد. بالا بودن غلظت مواد معلق در پساب خروجی از برکه‌ها، محدود به 2-4 ماه از سال است که غلظت آنها، حتی در مواقعی به بیش از  $100\text{mg/l}$  می رسد. بالا بودن غلظت مواد معلق، به عنوان یکی از معایب سیستم برکه ای، مطرح است. در برکه‌های تثبیت، به دلیل رشد شدید جلبک‌ها، به ویژه در مناطق دارای آب و هوای گرم و آفتابی، در بسیاری از مواقع، پساب به صورت سبز رنگ بوده که علت آن، بالا بودن غلظت جلبک‌ها است. جامدات موجود در پساب خروجی از برکه‌ها عمدتاً شامل جلبک‌هاست و از نوع مواد معلق فاضلاب خام نمی باشد (میران زاده و همکاران 1370). در برکه اختیاری سیستم تصفیه خانه خمین، میزان حذف TSS

و نیز TS بسیار کم و در کل، در این سیستم خروجی TSS و در مواردی TS از ورودی، بیشتر می باشد (لذا نموداری در این خصوص تهیه نشد).



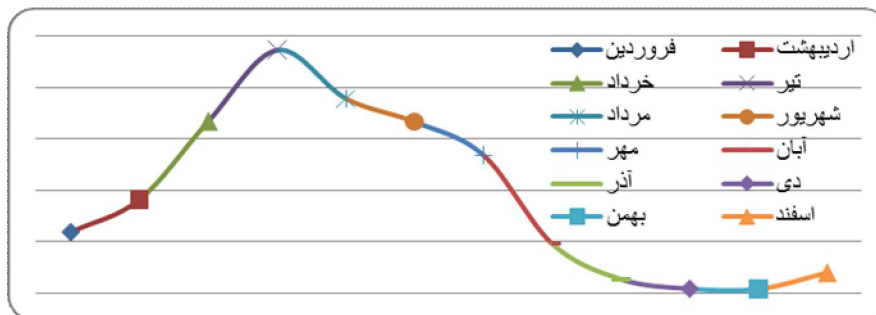
شکل 10: راندمان برکه اختیاری در حذف TDS

میزان خروجی از سیستم های تصفیه فاضلاب، بیشتر زمانی اهمیت پیدا می کند که خروجی از تصفیه خانه، جهت مصارف کشاورزی و پرورش آبزیان و تغذیه آب های زیر زمینی، قرار است مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به استانداردهای موجود در این زمینه و مقایسه آنها با نتیجه حاصل شده می توان گفت: آنچه از نتایج آنالیز بر می آید این است که در کل سال، پارامتر TSS کمتر از 100 نبوده و پارامتر TDS نیز بالای 1500 نرفته است. لذا می توان نتیجه گرفت که خروجی از این سیستم، جهت مصارف کشاورزی و پرورش ماهی، مطلوب نمی باشد.

#### با سطحی برکه اختیاری

با توجه به استانداردهای موجود، در خصوص بار سطحی برکه های اختیاری و از آنجا که متوسط سالانه دما در منطقه، با توجه به آمارهای موجود در ایستگاه کلیماتولوژی گلپایگان ( $13/2^{\circ}\text{C}$ ) درجه می باشد، برکه ها براین مبنا طراحی شده اند. متوسط حداکثر درجه حرارت در دوره آماری، در ماه تیر با حداکثر مطلق ( $40^{\circ}\text{C}$ ) و حداقل مطلق ( $-28^{\circ}\text{C}$ ) درجه سانتی گراد گزارش شده است. متوسط حداکثر دمای ماهانه در ماه تیر با درجه حرارت ( $34^{\circ}\text{C}$ ) درجه سانتی گراد و متوسط حداقل ماهیانه دما در ماه دی، با درجه حرارت ( $-5/7^{\circ}\text{C}$ ) درجه سانتی گراد گزارش شده است. لذا عملکرد برکه ها در صورتی قابل توجیه است که :

در متوسط درجه حرارت ( $13/2^{\circ}\text{C}$ ) با توجه به استانداردها، بار سطحی 137 قابل انتظار می باشد.



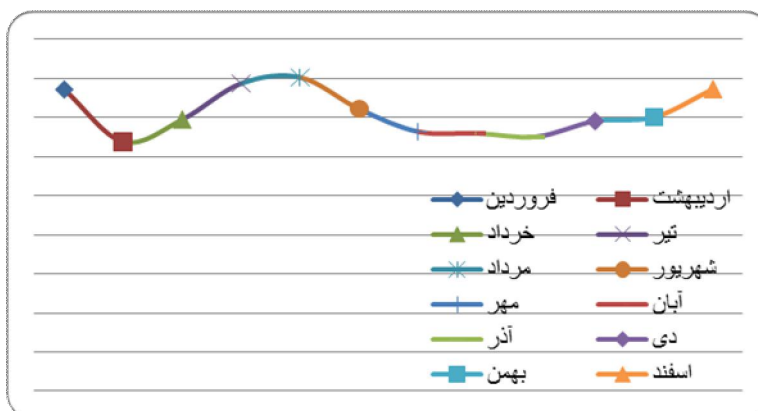
شکل 11: بار سطحی ماهیانه برکه اختیاری در سال 1389

### نتیجه کلی در خصوص عملکرد بار سطحی برکه اختیاری

با توجه به استانداردهای موجود و پارامتر تاثیر گذار دمای هوا بر روی بار سطحی برکه اختیاری و نیز میزان حداقل دمای هوا حداکثر آن در این شهرستان، می توان گفت برکه اختیاری، با میزان بار سطحی مطلوبی کار نمی کند .

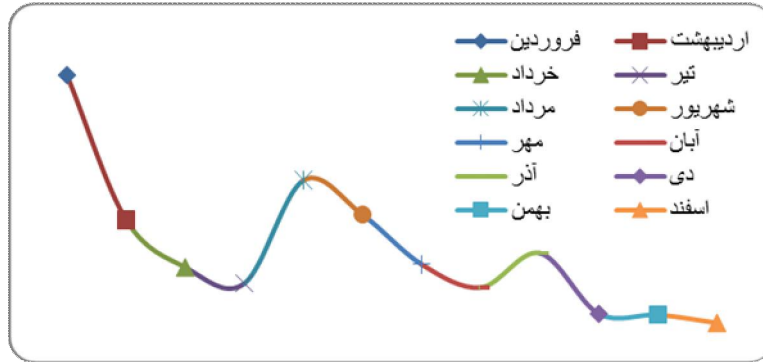


نمایی از برکه اختیاری



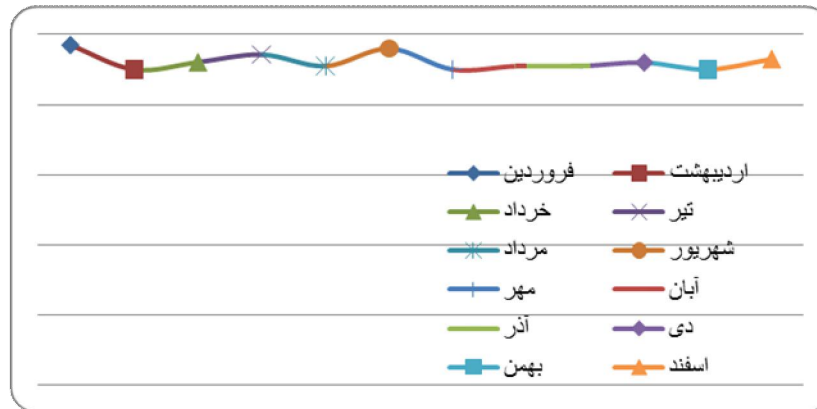
شکل 13: میانگین درصد حذف کلی فرم در برکه بی هوای در سال 1389

همان طور که از نمودار 13 قابل مشاهده می باشد، برکه بی هوازی، در حذف کلی فرم مدفوعی با میانگین درصد حذف، در محدوده 80-60 درصد عمل کرده و از آنجا که طبق محاسبات انجام شده زمان ماند برکه بی هوازی 1 روز برآورد شده است، درصد زدایش 74/67، مطابق استانداردها مورد انتظار می باشد و برکه مذکور، این انتظار را به حد مطلوبی برآورده است .



شکل 14: میانگین درصد حذف کلی فرم مدفوعی در برکه اختیاری در سال 1389

برکه اختیاری با زمان ماند محاسبه شده 15 روز، انتظار می رود درصد زدایش 97/99 درصد را داشته باشد که در بهترین حالت ممکن، در فروردین ماه، 25,7 درصد حذف را داشته که بسیار نامطلوب عمل کرده است .



شکل 15: میانگین حذف تخم انگل در خروجی نهایی بعد از کلرزنی

نمودار 15 و 16 کیفیت پساب خروجی را از نظر کلی فرم مدفوعی و کل کلی فرم و تخم انگل نشان می دهند با توجه به جدول 1 آورده شده در ذیل، می توان این طور بحث نمود که :



شکل 16: میانگین حذف تخم انگل بعد از کلر

جدول 6: کیفیت میکروبی پساب مورد استفاده در کشاورزی

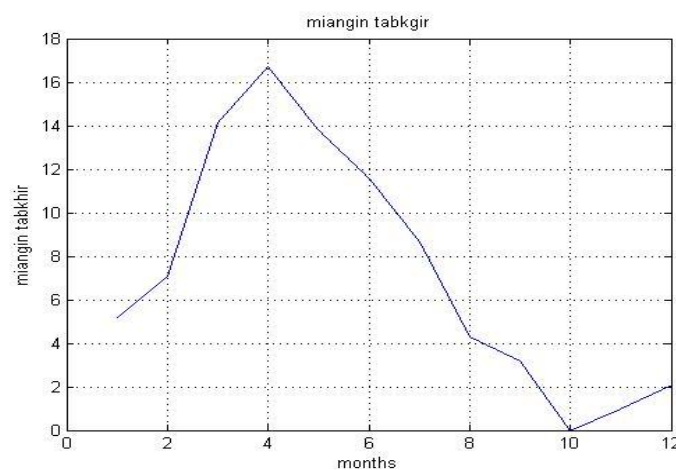
نوع استفاده مجدد	گروه در معرض خطر	میانگین حسابی تخم نماتود روده ای (تعداد در یک لیتر)	میانگین هندسی کلی فرم مدفوعی (تعداد در 100 میلی لیتر)
آبیاری نامحدود	کارگران	$\leq 1$	$\leq 1000$
محصولاتی که خام مصرف می شوند	مصرف کنندگان		
زمین‌های ورزشی	عموم جامعه		
پارک‌های عمومی			
آبیاری محدود	کارگران	$\leq 1$	معیاری لازم نمی باشد
غلات گیاهان صنعتی			
علوف درختان مراتع			

ماخذ: میران زاده 1383

در کشور ما مسئولیت تدوین ضوابط و معیارهای استفاده مجدد از پساب، در حیطه وظایف سازمان حفاظت محیط زیست و با همکاری وزارت بهداشت و درمان، وزارت نیرو و سازمان مدیریت و برنامه ریزی است. در این خصوص در سال 1378 از سوی معاونت امور محیط زیست انسانی این سازمان، ضوابط و استانداردهای زیست محیطی برای 3 نوع استفاده مجدد، شامل مصارف کشاورزی، تخلیه به آب‌های سطحی و تخلیه در چاه جاذب بیان شده است، لذا می توان گفت پساب خروجی از برکه‌های تثبیت شهرستان خمین، با درصد حذف 99-99/8، برای کلی فرم مدفوعی و تخم انگل 90-97 درصد، و کل کلی فرم 96-100 درصد، بعد از واحد کلر زنی و با توجه به سایر پارامترهای موجود مانند: خروجی، BOD، COD، TSS، TDS، آنکه از نظر کل کلی فرم و کلی فرم‌های مدفوعی و تخم انگل، راندمان مطلوبی دارد.

جدول 7: میانگین ماهیانه pH فاضلاب برکه های تثبیت شهرستان خمین

PH برکه اختیاری		PH برکه بی هوازی		PH فاضلاب ورودی	
8,5	فروردین	8,5	فروردین	8,1	فروردین
8,6	اردیبهشت	8,4	اردیبهشت	8,6	اردیبهشت
8,7	خرداد	8,3	خرداد	8	خرداد
8,6	تیر	8,4	تیر	7,2	تیر
8,8	مرداد	8,8	مرداد	8,5	مرداد
8,7	شهریور	8,2	شهریور	8,1	شهریور
8,4	مهر	8,4	مهر	7,9	مهر
8,3	آبان	8,3	آبان	8,6	آبان
8,5	آذر	8,1	آذر	8,2	آذر
8,5	دی	8,5	دی	8,6	دی
8,7	بهمن	8,4	بهمن	8,1	بهمن
8,6	اسفند	8,4	اسفند	8,3	اسفند
8,57		8,39		8,3	میانگین



شکل 18: میانگین تبخیر در سال 1389

### نتیجه گیری

در کل، نتایج حاصل شده از سیستم برکه های تثبیت شهرستان خمین به شرح زیر می باشد:

### برکه های بی هوازی

می توان گفت برکه بی هوازی سیستم تصفیه خانه خمین در کل، عملکرد مطلوبی را دارا می باشد. البته در کاهش جامدات معلق و قابل ته نشین، مانند یک سپتیک تانک، خوب عمل نمی کند. همان طور که در نمودار کاهش میزان کلی فرم مدفوعی توسط برکه بی هوازی

می توان دید، برکه بی هوازی، عملکرد قابل قبولی را با توجه به استانداردها، در خصوص زدایش عوامل بیماری زا و با توجه به زمان ماند طراحی، دارا می باشد. درکل، برکه بی هوازی در این سیستم، در کاهش کلی فرم مدفوعی بار اندمان 60 تا 80 درصد، عملکرد مطلوبی را از خود نشان می دهد هم چنین برکه بی هوازی، از نظر بو، مشکل چندانی را ندارد .

### برکه اختیاری

1- با توجه به استانداردهای موجود، وپارامتر تاثیر گذار دمای هوا بر روی بارسطحی برکه اختیاری و میزان حداقل دمای هوا حداکثر آن در این شهرستان، می توان گفت برکه اختیاری در این سیستم، با میزان بار سطحی، مطلوب کار نمی کند. و در بیشتر ماه‌های سال با بارسطحی بالاتر از استاندارد در حال کار بوده و در کاهش پارامترهای اساسی فاضلاب، هم چون COD, BOD, TOTAL COLIFOM تخم انگل، بد عمل کرده است .

2- غلظت جامدات معلق در پساب خروجی ازسیستم، طبق نتایج آورده شده و مطابقت آن با استانداردها، بسیار بالا می باشد .

3- همان طور که گفته شد، پساب خروجی از برکه‌های تثبیت شهرستان خمین با درصد حذف 99-99/8، برای کلی فرم مدفوعی و تخم انگل، 90-97 درصدو کل کلی فرم، 96-100 درصد بعد از واحد کلر زنی، از نظرمیزان حذف کل کلی فرم وکلی فرم‌های مدفوعی و تخم انگل، راندمان مطلوبی دارد.

4- از آنجا که برکه‌های اختیاری در این سیستم، عملکرد مناسبی را از خود نشان ندادند و همان طور که با استناد به منابع و جداول استانداردهای موجود و پارامتر طراحی گفته شد، این برکه‌ها در آب وهوای سرد در حال بهره برداری می باشند و به شدت تحت تاثیر فاکتورهای طبیعی، از جمله دما هستند .

5- به دلیل اینکه بخشی از خط انتقال فاضلاب در نزدیکی تصفیه خانه، از میان زمینهای کشاورزی عبور می‌کند و دارای جاده دسترسی نیز نمی‌باشد، همواره از اواخر زمستان تا اوایل پاییز سال بعد، حجم زیادی از فاضلاب، بین راه برداشت می‌شود که نه تنها موجب کاهش حجم فاضلاب ورودی به تصفیه خانه شده، بلکه موجب نوسانات شدید فاضلاب ورودی در طول سال شده است. در طی انجام این پروژه به مدت 6ماه از این عمل جلوگیری شده است. در واقع در 6ماه اول سال، دبی ورودی به برکه، دارای نوسان زیادی بوده ولی در کل برکه‌های بی هوازی، در محدوده استاندارد بار حجمی کار کرده اند .

6- از نظر نشت آب‌های زیر زمینی، از آنجا که کف برکه‌ها با ورقه‌های PVC آب بندی شده اند، احتمال نشت به آب‌های زیر زمینی دور از ذهن می باشد .

7- در طی انجام این پروژه معلوم گردید. که بر اساس تصور موجود، بهره برداری از برکه‌های تثبیت، آسان بوده و نیاز به نیروی متخصص ندارد. در این سیستم نیروی غیرمتخصص و آموزش ندیده. عمل نمونه گیری‌های قبل از این پروژه را به طرز کاملاً اشتباه انجام داده و در نتیجه نتایج آزمایشات قبلی موجود در شرکت، آن چنان قابل استناد نمی باشد.



## نتیجه کلی

برکه‌های تثبیت شهرستان خمین که در آب و هوای سرد در حال بهره بردای می باشند، به شدت تحت تاثیر عوامل طبیعی بوده و پساب خروجی از آنها برای آبیاری زمین‌های ورزشی و آبیاری پارک‌های عمومی، قابل استفاده بوده و استانداردهای زیست محیطی را از نظر تخم انگل و نماتود و کلی فرم‌های مدفوعی در این خصوص برآورده می سازند. هم چنین با توجه به تحقیق صورت گرفته و مقایسه آن با تحقیقات انجام شده در ایران و خارج از کشور، تاکید می شود که این سیستم‌ها نیاز به راهبری صحیح داشته و در عملکرد آنها و نتایج پساب خروجی، بسیار موثر می باشد .

## پیشنهادات

طی تحقیقات صورت گرفته مشخص شده که راهبری برکه‌های تثبیت، نیاز به نیروی متخصص ندارند اما باید گفت: راهبری صحیح با نیروی متخصص، می تواند پساب خروجی مناسب تری را حاصل نماید. چنانچه قبل از شروع این پروژه و نیز در مطالعات پیش آزمون مشخص گردید، نمونه گیری از برکه‌ها توسط نیروی غیر متخصص و به طرز نا صحیح صورت گرفته و در نتیجه در خصوص تفسیر عملکرد برکه‌ها، اثر سو به همراه دارد، لذا در راهبری برکه‌های موجود بهتر است از نیروی متخصص استفاده شود. از آنجا که برکه‌های تثبیت شهرستان خمین طبق نتایج به دست آمده، دارای نوسانات شدید بار حجمی و بار سطحی می باشد و دلایل آن نیز برداشت از فاضلاب، قبل از ورود به تصفیه خانه و بر داشت از برکه‌های اختیاری در داخل تصفیه خانه می باشد، این عمل بر زمان ماند برکه‌ها نیز تاثیر گذاشته و باعث می شود برکه‌ها با زمان ماند واقعی خود کار نکنند و در نتیجه خروجی نامناسبی را به همراه داشته باشد. لذا بهتر است از برداشت قبل و در داخل تصفیه خانه جلوگیری به عمل آید. هم چنین از آنجا که برکه‌ها در شرایط آب و هوایی سرد در حال کار می باشند و در فصل زمستان، ممکن است برکه‌ها با یخ و برف پوشیده شوند و نور خورشید در این شرایط به جلبک‌ها نرسیده و اکسیژن از طریق اتمسفر وارد برکه‌ها نمی شود و در صورت عدم وجود اکسیژن برای تجزیه هوازی تجزیه جامدات به صورت بی هوازی شروع می شود و تجزیه بی هوازی نیز به علت دمای پائین با سرعت کمی صورت می گیرد. در مقایسه با فصل گرم، در فصل سرد همان طور که نتایج آنالیز نشان می دهد، عملکرد نامطلوبی از سیستم مشاهده می شود. لذا پیشنهاد می شود به عنوان راهکار حل مشکل، در زمستان‌ها با بالا بردن سطح (فاضلاب) و کاهش عمق، از میزان اتلاف گرما کاسته شده و در این شرایط آب و هوایی، به بهبود عملکرد سیستم کمک گردد. از آنجا که برکه‌های اختیاری موجود در این سیستم با توجه به بررسی و محاسبات صورت گرفته و نیز نتایج موجود در خصوص بار سطحی مجاز با بار سطحی بیش از حد مجاز در حال کار می باشند، با افزایش زمان ماند، می توان بارگذاری بیش از حد آن را جبران نمود. هم چنین با توجه به مطالعه صورت گرفته و نیز اندازه گیری پارامترها و BOD بالای فاضلاب ورودی به تصفیه خانه، مشخص شد فاضلاب بیمارستان امام خمینی واقع در این شهرستان، بدون انجام پیش تصفیه، مستقیماً وارد تصفیه خانه می شود. این عمل، بار گذاری BOD در برکه‌ها را بالا می برد خواهد بود. در این شرایط پیشنهاد می شود جهت جلوگیری از این امر، در فاضلاب بیمارستان در ابتدا پیش تصفیه صورت گرفته و سپس به تصفیه خانه وارد شود. در صورتی که کل جمعیتی که طراحی برای آنها صورت پذیرفته به شبکه متصل شوند، برکه‌ها با دبی واقعی و نوسانات کمتر، کار خواهند کرد و در نتیجه در عملکرد آنها بهبود حاصل خواهد شد .

از آنجا که در این مطالعه مشخص شد برکه‌های اختیاری عملکرد نامطلوبی را در این سیستم از خود نشان می‌دهند، پیشنهاد می‌گردد بر روی برکه اختیاری از نظر نوع جلبک، جلبک‌های غالب و... در این شرایط آب و هوایی، مطالعاتی انجام پذیرد تا تاثیر جلبک‌ها بر روی عملکرد برکه سنجیده شود.

هم چنین پیشنهاد می‌گردد پس از پایان یافتن ساخت مدول 1 و اتصال کلیه انشعابات محاسبه شده در طراحی و راه اندازی برکه تکمیلی، مطالعه ای بر روی عملکرد برکه‌ها و پارامترهای خروجی صورت پذیرفته و اثر وجود برکه تکمیلی و راندمان خروجی نهایی از تصفیه خانه و در کل، نتایج بررسی عملکرد با مطالعه مذکور مقایسه گردد (لازم به ذکر است مطالعه انجام شده بر روی مدول 1 تصفیه خانه صورت پذیرفته است).

لازم می‌دانم از زحمات بی دریغ استاد گرانقدر و ارجمندم جناب آقای دکتر افشین تکدستان به خاطر همراهی و صرف وقت و حوصله بسیار برای انجام کار در کلیه مراحل انجام پروژه، قدرانی و تشکر نمایم و از خداوند متعال توفیق روز افزون این استاد گرانقدر را خواستارم. هم چنین با تشکر و قدردانی فراوان از جناب آقای دکتر امیر حسام حسنی و جناب آقای دکتر مهدی احمدی مقدم که با دقت نظر و صبر و حوصله وافر در مراحل انجام این تحقیق، بنده را یاری نمودند، توفیق روز افزون ایشان را در کلیه مراحل زندگی از خداوند متعال خواستارم.

#### منابع

- زاکی زاده، ب. (1383). بررسی عملکرد برکه‌های تثبیت در تصفیه فاضلاب شهرک صنعتی آبادان و ارائه روشهای آن. پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد. دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران. صفحه 25-29.
- موحیدیان، ح. و تکدستان، الف. (1377). ضوابط بهداشتی جهت استفاده و یادفع لجن فاضلاب شهری، مجله آب و فاضلاب شماره 27.
- میران زاده، م. و زاهدی، م. (1370). ارزیابی عملکرد برکه‌های تثبیت در تصفیه فاضلاب شهری (در آب و هوای سرد)، انتشارات مرسل. صفحه 159.
- ساکیان دزفولی، م. بدلیانس، گ. و جعفرزاده، ن. (1377). بررسی علل کاهش کارایی تصفیه خانه به روش برکه تثبیت هویزه جنوبی در مواقع مشخصی از سال، دومین سمینار کشوری بهداشت محیط.
- Ayres, R.M. (1989). Enumeration of parasitic helminthes Raw and Treated aste Water 18th.Edition.
- Brook, A.s., Rozenwald, M.N., Gehoring, L.D., Lion,. w and Steenhuis, T.S. (2000). Phosphors Removal by Wolastonite:a Constracted Wetland Subestere .Ecological Engineering,15,121,132.
- Kame, M. .(2008). Performance Evaluation of a Waste Stabilization Pond in a Rural Area in Egypt.4(4), pp.316-325.