# Investigation of Sulfate concentration influence on Anaerobic Lagoon performance: Birjand Wastewater Treatment plant, A Case study

**Mohammad Malakootian[1], Behnam Barikbin[2], Mohammadreza Nabavian[3]**

**Background and Aim:** In the present study the influence of the different sulfate concentration on the anaerobic lagoon stabilization was investigated.

**Materials and Methods:** The present study is an experimental research carried out on anaerobic stabilization pond pilot for 7 months in Birjand wastewater treatment plant. After making sure of a steady state sulfate with different concentrations of 200, 300 and 400 mg/L were injected into the pilot. Then parameters including pH, organic nitrogen, ammonia nitrogen, $BOD_5$, COD and nitrate were measured. All of the experiments were carried out according to the methods presented in the book "Standard Method" for the examination of water and wastewater (2005).

**Results:** It was found that by increasing sulfate concentration from 200 to 300 mg/L all of parameters except BOD5 (10% reduction) had no significant changes., but by increasing the sulfate concentration from 200 to 400 mg/L the removal efficiency of the parameters such as BOD5, COD, Organic nitrogen, total kjeldahl nitrogen, nitrate and sulfate reduced to 11, 8, 12, 26, 6 and 10 percent, respectively. PH in the first stage was alkaline and then changed to acidic.

**Conclusion:** Anaerobic stabilization ponds have different capacities for removal of organic compounds at different sulfate concentrations; so that; in sulfate concentration of 200 mg/L, the proper operation was seen and in concentration of 300 mg/L, sulfate-reducing bacteria get dominant and therefore odor is produced.. Alternatively, by increasing the concentration of sulphate to 400 mg/L, ammonia nitrogen increased 2.5 times (150%) in the effluent.

**Key Words:** Sulfate, Biological Process, Nitrogen Ammonia, Anaerobic Lagoon, Birjand

***Journal of Birjand University of Medical Sciences. 2016; 23(2): 110-118.***

***Received: July 14, 2015*** ***Accepted: November 15, 2015***

[1] *Environmental Health Engineering Research Center and Department of Environmental Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran.*

[2] ***Corresponding Author;*** *Social determinants of health research center, Environmental Health Engineering Department, Birjand University of Medical Sciences, Birjand, Iran b_barikbin@Yahoo.com*

[3] *Social determinants of health research center, Department of Environmental Health, School of Public Health, Birjand University of Medical Sciences, Birjand, Iran*

**مقاله اصیل پژوهشی**

# بررسی تأثیر غلظت سولفات بر کارایی برکه تثبیت بی‌هوازی: مطالعه موردی تصفیه‌خانه فاضلاب بیرجند

**محمد ملکوتیان[1]، بهنام باریک‌بین[2]، محمدرضا نبویان[3]**

## چکیده

**زمینه و هدف:** در مطالعه حاضر، اثر غلظت‌های مختلف سولفات به‌عنوان یک آنیون مخرّب بر کارایی لاگون بی‌هوازی بررسی شد.
**روش تحقیق:** این مطالعه تجربی به‌مدّت 7 ماه بر روی پایلوت برکه تثبیت بی‌هوازی در محل تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بیرجند انجام شد. پس از اطمینان حاصل‌کردن از تثبیت شرایط محیطی، سولفات با غلظت‌های 200، 300 و 400 میلی‌گرم در لیتر به پایلوت تزریق شد؛ سپس مشخصه‌های pH، ازت آلی، ازت آمونیاکی، $BOD_5$ (اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی)، COD (اکسیژن مورد نیاز شیمیایی) و نیترات اندازه‌گیری شدند. آزمایش‌ها مطابق با روش‌های مندرج در کتاب استاندارد متد (چاپ 2005) انجام شد.
**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که با افزایش غلظت سولفات از 200 به 300 میلی‌گرم در لیتر، تنها راندمان حذف پارامتر $BOD_5$ معادل 10درصد کاهش یافت و بقیه پارامترها تغییر قابل ملاحظه‌ای نداشت؛ ولی با افزایش غلظت سولفات از 200 به 400 میلی‌گرم در لیتر، پارامترهای مختلف همچون $BOD_5$، COD، ازت آلی، کل ازت کجلدال، نیترات و سولفات به‌ترتیب به‌میزان: 11، 8، 12، 26، 6 و 10 درصد کاهش نشان داد. pH ابتدا قلیایی و سپس به خنثی متمایل گردید.
**نتیجه‌گیری:** برکه‌های تثبیت بی‌هوازی در صورت راهبری مناسب، قابلیّت متفاوتی در حذف ترکیب‌های آلی در غلظت‌های مختلف سولفات دارند؛ به‌طوری که در غلظت 200 میلی‌گرم در لیتر سولفات عملکرد مناسب و در غلظت 300 میلی‌گرم در لیتر سولفات، باکتری‌های احیاکننده سولفات غالب هستند و در نتیجه باعث تولید بو می‌گردند. همچنین با افزایش غلظت سولفات به 400 میلی‌گرم در لیتر، ازت آمونیاکی افزایش 2/5 برابری (150%) در پساب خروجی می‌یابد.
**واژه‌های کلیدی:** سولفات، فرآیند بیولوژیکی، ازت آمونیاکی، برکه تثبیت بی‌هوازی، بیرجند

**مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند. 1395؛ دوره 23 (2): 110-118.**

**دریافت: 1394/04/23** **پذیرش: 1394/08/24**

۱ مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان،کرمان، ایران.
2 نویسنده مسؤول؛ مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، بیرجند، ایران.
آدرس: بیرجند، خیابان غفاری، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، کد پستی: 9717853577 صندوق پستی 379، تلفن: 056-32395227
فکس: 056-32381132 پست الکترونیکی: b_barikbin@Yahoo.com
3مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، بیرجند، ایران.

## مقدمه

استفاده از پساب تصفیه‌شده به‌عنوان یک منبع آب پایدار، بیش از پیش مورد توجه مدیران صنعت آب کشورها قرار گرفته است. کاربرد این پساب‌ها در کشاورزی و صنعت، مزایای متعددی از قبیل: فراهم‌نمودن یک منبع آب ارزان و دائم، کاهش هزینه‌های تصفیه و آزادسازی بخشی از منابع آب با کیفیت خوب برای سایر مصارف دارد (1، 2).

سیستم‌های بیولوژیکی به‌دلیل مزایای خاصی از جمله سازگاری با محیط زیست، نسبت به روش‌های دیگر بیشتر برای تصفیه فاضلاب به‌کار گرفته می‌شود (3). برکه‌های تثبیت، به‌دلیل نیاز محدود به تجهیزات، عملیات بهره‌برداری، نگهداری، طراحی و راهبری ساده، حذف پاتوژن مناسب و پذیرش شوک‌های بارآلی و هیدرولیکی، در اکثر نواحی جهان کاربرد دارند (4، 5) و به‌طور گسترده در اکثر نواحی شهری و روستایی جهان برای تصفیه فاضلاب مورد استفاده قرار می‌گیرند (6). اولین سیستم برکه تثبیت در شهر سانانتونیو در ایالت تگزاس آمریکا به بهره‌برداری رسید.

بعد از آن کالیفرنیا، داکوتای شمالی و دیگر ایالت‌های آمریکا از این روش برای تصفیه فاضلاب استفاده کردند تا جایی که تا سال 1980، تقریباً 7000 برکه تثبیت فاضلاب در آمریکا مورد استفاده قرار گرفت. تعداد زیادی از برکه‌های تثبیت فاضلاب در جهان از جمله: آمریکا، فرانسه، آلمان، پرتقال، هند، پاکستان، اردن، تایلند ساخته و به‌کار گرفته شده است (7). با توجه به مزایای برکه تثبیت، در ایران تعدادی از این واحدها در شهرهایی نظیر: اراک، گیلانغرب، فولاد شهر اصفهان، سبزوار (8) و بیرجند در حال بهره‌برداری است.

معمولاً برکه‌های تثبیت به‌صورت یک‌سری برکه‌های بی‌هوازی، اختیاری و تکمیلی ساخته و مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سیستم، آلاینده‌ها را از طریق ته‌نشینی و یا تبدیل طی فرآیندهای بیولوژیکی و شیمیایی، از جریان فاضلاب حذف می‌نماید (8-10). تصفیه فاضلاب در برکه‌ها مبتنی بر همزیستی جلبک و باکتری حاصل می‌شود که یک الگوی اکولوژیکی متفاوت از شرایط رشد این میکروارگانیسم‌ها در محیط است. اکسیداسیون مواد آلی به‌وسیله باکتری‌ها صورت می‌گیرد که این عمل ناشی از اکسیژن محلولی است که جلبک‌ها برای باکتری‌ها فراهم می‌نمایند (4، 11، 12).

برکه‌های تثبیت بی‌هوازی با عمق 3 تا 5 متر و زمان ماند 2 تا 5 روز احداث می‌گردند و به‌منظور شرایط بی‌هوازی، میزان بار حجمی آنها به 100-400kg $BOD/m^3.d$ می‌رسد (13). این برکه‌ها در فصل سرد عموماً برای ته‌نشینی جامدات کاربرد دارد و در فصول گرم با افزایش دمای محیط (بالاتر از 20 درجه سانتی‌گراد)، قابلیّت کاهش $BOD_5$ تا 70درصد را دارند (14). برکه‌های تثبیت بی‌هوازی به‌منظور کاهش بارآلی جریان ورودی به‌ویژه فاضلاب‌های حاوی غلظت زیاد مواد آلی، مورد استفاده قرار می‌گیرند. عملکرد این نوع برکه‌ها مشابه سپتیک تانک و هاضم‌های بی‌هوازی بدون تجهیزات حرارت‌دهی است (15).

سولفات از جمله آنیون‌هایی است که به نسبت زیاد می‌تواند در فرآیند بیولوژیکی نقش عمده‌ای ایفا نماید. تحت شرایط بی‌هوازی، سولفات به سولفید تبدیل و به‌صورت سولفید فروس حذف می‌گردد. احیای سولفات مهمترین منبع $H_2S$ در فاضلاب است که توسط باکتری‌های بی‌هوازی مطلق، یعنی باکتری‌های احیاکننده سولفات، مطابق واکنش ذیل انجام می‌گیرد:

$$4H_2 + SO_4^{2-} \rightarrow H_2S + 2H_2O + OH^-$$

باکتری‌های احیاکننده سولفات در سیستم‌های بی‌هوازی، جز ارگانیزم‌های مزاحم می‌باشند که وقتی فاضلاب حاوی سولفات بالا باشد، مشکلاتی ایجاد می‌نمایند. این ارگانیزم‌ها باعث احیای سولفات به سولفید می‌شوند و در غلظت‌های زیاد می‌توانند برای سایر باکتری‌ها به‌ویژه باکتری‌های متان‌ساز سمّی باشند. این باکتری‌ها می‌توانند سولفات را به‌عنوان پذیرنده الکترون مصرف کنند (16)؛ همچنین باکتری‌های سولفوره در برکه‌های تثبیت فاضلاب، بر کیفیت پساب

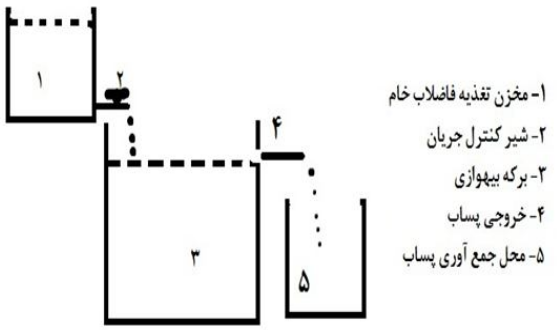
خروجی به‌دلیل تغییر رنگ، غلظت بالای جامدات معلّق و ایجاد بوی شدید، تأثیر منفی دارند (17).

بدلیانس قلی‌کندی و همکاران در سال 1391 در ایران در بررسی رشد بحرانی باکتری‌های سولفوره ارغوانی تحت شرایط رقابتی در برکه‌های تثبیت، نتیجه گرفتند که باکتری‌های سولفوره ارغوانی، دارای ظرفیت آنزیمی برای تجزیه مواد آلی هستند که این شرایط در برکه تثبیت مهیّا می‌باشد (4). از طرفی ترابیان و همکاران در سال 1388 در ایران در بررسی عملکرد رآکتور بافلدار بی‌هوازی در حذف سولفات فاضلاب شهرک صنعتی امیرکبیر نشان دادند که سولفیدزایی، در فاز اسیدزایی فرآیند تصفیه بی‌هوازی رخ می‌دهد (18). علاوه بر این، مذهب و همکاران در سال 1388 در ایران، در مطالعه تأثیر بار آلی، pH و EC فاضلاب ورودی و شرایط آب و هوایی بر کارایی برکه‌های تثبیت یزد نتیجه گرفتند تغییرات بارآلی، pH و EC بر حذف $BOD_5$ و COD تأثیری ندارد (14). همچنین Peng و همکاران نیز در سال 2007 در چین در بررسی حذف فسفر به‌وسیله برکه‌های تثبیت مورد مطالعه نشان دادند که pH محتویات برکه، بر میزان فسفر مؤثّر است؛ به‌طوری‌که در pH بین 7 تا 8، بیشترین میزان حذف فسفر اتفاق می‌افتد (19).

تصفیه‌خانه بیرجند مدت‌هاست که به‌دلیل تولید بوی نامناسب، علاوه بر اعتراضات مردم منطقه، باعث گردیده است تا مقامات مسئول با چالش‌های عمده‌ای در خصوص نحوه عملکرد برکه تثبیت روبرو گردند. بنابراین با توجه به عدم انجام مطالعه کافی در این زمینه، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر غلظت‌های سولفات بر کارایی برکه تثبیت بی‌هوازی انجام شد. در همین راستا تأثیر غلظت‌های مختلف سولفات بر پارامترهای $BOD_5$، COD، نیترات، ازت آمونیاکی و ازت آلی برکه‌های بی‌هوازی مورد بررسی قرار گرفت.

## روش تحقیق

این مطالعه تجربی، از مهرماه 1393 تا فروردین‌ماه 1394 به‌مدت 7 ماه بر روی پایلوت برکه تثبیت بی‌هوازی انجام شد. ابتدا پایلوت برکه تثبیت بی‌هوازی، مطابق شکل یک طراحی گردید و در محل تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بیرجند ساخته شد و در شرایط طبیعی به بهره‌برداری رسید.




**شکل 1- شماتیک برکه تثبیت بی‌هوازی با ابعاد 1×0/4×0/4 متر در مقیاس 250:1 و زمان ماند هیدرولیکی 7/5 روز**

دمای هوا در طول مدت تحقیق بین 5 تا 15 درجه و متوسط دمای داخل برکه‌ها بین 18 تا 25 درجه سلسیوس متغیّر بود. میزان جریان ورودی به پایلوت برکه تثبیت بی‌هوازی حدود 23/4 لیتر در روز تنظیم شد. بعد از گذشت 2ماه مراقبت از زمان راه‌اندازی، با اطمینان حاصل‌کردن از تثبیت شرایط محیطی برکه (تغییر رنگ برکه بی‌هوازی به تیرگی)، سولفات با غلظت‌های 200، 300 و 400 میلی‌گرم در لیتر به پایلوت تزریق شد. مواد شیمیایی مورد نیاز برای انجام آزمایش‌ها ازجمله سولفات‌سدیم با درجه خلوص 99درصد از شرکت Merck آلمان تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. بعد از طی دو برابر زمان ماند هیدرولیکی (15 روز)؛ مشخصه‌های pH، ازت آلی، ازت آمونیاکی، $BOD_5$، COD و نیترات سنجش گردید. در این مطالعه با منظور نمودن پارامترهای مورد مطالعه، در مجموع 63 نمونه از پساب خروجی برکه بی‌هوازی برداشته و با سه نوبت تکرار، آنالیز شد. مراحل نمونه‌برداری، نگهداری و انجام آزمایش‌ها مطابق با

دستورالعمل‌های مندرج در کتاب روش‌های استاندارد آزمایش‌های آب و فاضلاب چاپ 2005 انجام شد (20).
درنهایت داده‌های به‌دست آمده به‌کمک نرم‌افزار Excel (ویرایش 2010) تجزیه و تحلیل گردید. از آمار توصیفی (میانگین و انحراف معیار) برای توصیف و شرح داده‌ها استفاده شد.

## یافته‌ها

نتایج حاصل از کیفیت فاضلاب و راندمان حذف پارامترهای مورد اندازه‌گیری ورودی و خروجی از پایلوت برکه تثبیت بی‌هوازی در غلظت‌های مختلف سولفات در جداول 1 و 2 نشان داده شده است.

**جدول 1- مشخصات فاضلاب ورودی و خروجی از پایلوت برکه تثبیت بی‌هوازی با افزایش غلظت سولفات**

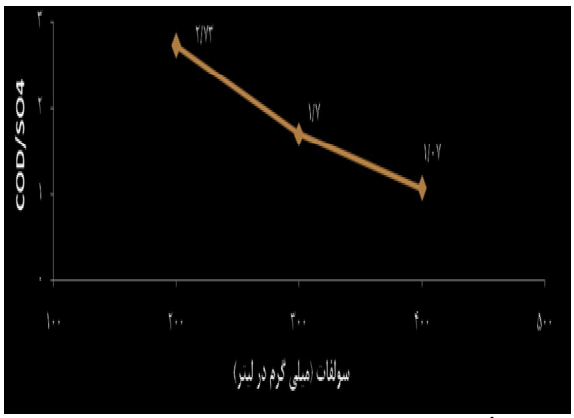
| پارامتر | در مقیاس واقعی mg/l | | تغییرات سولفات در مقیاس آزمایشگاهی (Pilot) بر حسب میلی‌گرم در لیتر | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 200 | | 300 | | 400 | |
| | فاضلاب ورودی | پساب خروجی | فاضلاب ورودی | پساب خروجی | فاضلاب ورودی | پساب خروجی | فاضلاب ورودی | پساب خروجی |
| $BOD_5$ | 510±21 | 280±10 | 460±10 | 256±5 | 440±10 | 290±10 | 440±10 | 291±10 |
| COD | 860±10 | 522±11 | 770±10 | 476±5 | 720±10 | 463±7 | 590±10 | 406±15 |
| ازت آلی | 44±1 | 30±2 | 39±1 | 25±0/0 | 26±3 | 18±0/1 | 13±1 | 10±1/5 |
| ازت آمونیاکی | 3±1 | 2±1 | 0/81±0/12 | 0/56±0/02 | 0/8±0/1 | 0/6±0/1 | 1±0/15 | 2/5±0/1 |
| کل ازت کجلدال | 47±1 | 32±1/5 | 39/8±1/1 | 25/7±0/2 | 27±3 | 19±0/5 | 14±1/2 | 13±1/5 |
| نیترات | 6/5±0/4 | 4/5±0/9 | 1/3±0/15 | 0/9±0/2 | 2±0/1 | 1/4±0/1 | 1/8±0/3 | 1/35±0/2 |
| سولفات | 233±4 | 192±7/6 | 200±10 | 170±11 | 301±12 | 270±10 | 400±20 | 380±10 |
| pH | 7/9 | | 7/8 | 8/25 | 8 | 8/45 | 8 | 7/5 |

**جدول 2- راندمان حذف پارامترهای اندازه‌گیری‌شده در پساب خروجی از پایلوت برکه تثبیت بی‌هوازی در غلظت‌های مختلف سولفات**

| پارامتر (mg/l) سولفات ورودی | در مقیاس واقعی % حذف | پساب خروجی (% حذف) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 200 | 300 | 400 |
| BOD5 | 45 | 44 | 34 | 33 |
| COD | 38 | 38 | 36 | 30 |
| ازت آلی | 32 | 35 | 30 | 23 |
| ازت آمونیاکی | 33 | 24 | 13 | - |
| کل ازت کجلدال | 32 | 35/2 | 29 | 9 |
| نیترات | 34 | 31 | 27 | 26 |
| سولفات | 18 | 15 | 10 | 5 |

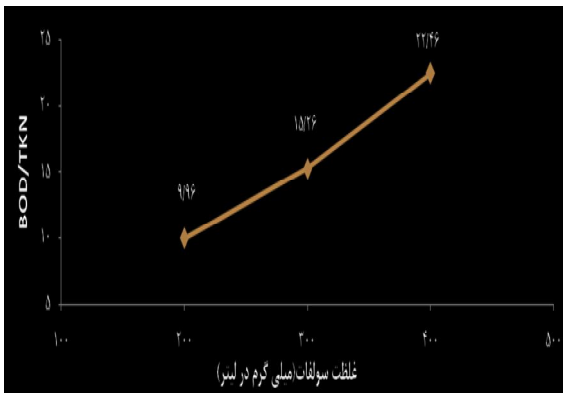
همان‌طور که در جداول 1 و 2 مشاهده می‌گردد، با افزایش غلظت سولفات از 200 به 400 میلی‌گرم در لیتر، میزان غلظت پارامترهای $BOD_5$، COD، ازت آلی، نیترات و سولفات به‌ترتیب از: 44، 38، 35/3، 35/2 و 15درصد به 33/6، 30/5، 23، 26 و 5 درصد کاهش یافت. هم چنین میزان ازت آمونیاکی که همان ازت معدنی غالب در محیطهای آبی است و شامل آمونیاک و آمونیوم می باشد با افزایش غلظت سولفات از 200 به 300 میلی‌گرم در لیتر 11درصد کاهش و با افزایش سولفات به میزان 400 میلی‌گرم در لیتر ازت آمونیاکی به‌میزان 2/5 برابر (150%) افزایش داشت و pH ابتدا به سمت قلیایی و سپس خنثی (pH=7/5) متمایل گردید.

نتایج حاصل از تأثیر افزایش غلظت سولفات بر نسبت COD به سولفات در پساب خروجی پایلوت برکه تثبیت بی‌هوازی در نمودار یک نشان داده شده است. همان‌طور که در نمودار یک مشاهده می گردد، در غلظت‌های 200، 300 و 400 میلی‌گرم در لیتر سولفات، نسبت COD به $SO_4$ در پساب خروجی برکه تثبیت بی‌هوازی به‌ترتیب: 2/8، 1/7 و 1/07 گردید که روند کاهشی نشان داد.




**نمودار 1- تأثیر افزایش سولفات بر نسبت COD به SO4 در پساب خروجی پایلوت برکه تثبیت بی‌هوازی**

نتایج حاصل از تأثیر افزایش غلظت سولفات بر نسبت BOD به TKN در پساب خروجی پایلوت برکه تثبیت بی‌هوازی در نمودار 2 نشان داده شده است. همان‌طور که در نمودار 2 مشاهده می‌گردد، در غلظت‌های سولفات 200، 300 و 400 میلی‌گرم در لیتر، نسبت BOD/TKN در پساب خروجی برکه تثبیت بی‌هوازی به‌ترتیب: 9/96، 15/26 و 22/46 به‌دست آمد که روند افزایشی داشت.




**نمودار 2- تأثیر افزایش سولفات بر نسبت BOD به TKN در پساب خروجی پایلوت برکه تثبیت بی‌هوازی**

## بحث

در واحد بی‌هوازی برکه تثبیت، باکتری‌های احیاکننده سولفات در غیاب اکسیژن و نیترات، از سولفات به‌عنوان گیرنده نهایی الکترون استفاده می‌کنند. از آنجایی که سولفات به‌عنوان گیرنده نهایی الکترون عمل کرده و به‌ازای هر گرم سولفات، 0/667 گرم اکسیژن مصرف می‌گردد؛ بنابراین محیط، بی‌هوازی‌تر شده و ازت آلی (پروتئین، اسیدهای آمینه و .....) هیدرولیز و به ازت آمونیاکی تبدیل می‌شود (21). این مطلب در نتایج مطالعه حاضر با افزایش سولفات به 400 میلی‌گرم در لیتر و افزایش ازت آمونیاکی از 0/8 به 2/5 میلی‌گرم بر لیتر نیز تأیید گردید.

همانطور که جدول 2 نشان می‌دهد، با افزایش غلظت سولفات به میزان 200 میلی‌گرم در لیتر (افزایش200 به 400 میلی‌گرم در لیتر) راندمان حذف اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی ($BOD_5$) و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) پساب به‌ترتیب به‌میزان 11 و 8 درصد کاهش یافت. این نتیجه را می‌توان به این ترتیب تفسیر نمود که در نتیجه احیای

سولفات، فعالیت اکثر باکتری‌های بی‌هوازی به‌دلیل سمیّت کاهش می‌یابد و باعث افزایش بار آلی می‌شود که اثرات مهمی از جمله کاهش تولید متان، تولید $H_2S$ (سمیت برای باکتری‌های متان‌ساز) و پیدایش $H_2S$ (تولید بو) بر تصفیه بی‌هوازی دارد (21).

الماسی و همکاران در سال 1391 نشان دادند که افزایش غلظت فنل به‌دلیل سمیّت، باعث کاهش اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی ($BOD_5$) و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) در برکه تثبیت بی‌هوازی می‌گردد (3) که با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد. مطالعه سینتیک رشد باکتری‌های متان‌ساز و احیاکننده سولفات نشان داد که در رقابت برای استات و $H_2$ (دهندگان الکترون)، باکتری‌های احیاکننده سولفات تمایل بیشتری برای استات نسبت به متان‌سازها دارند. این بدین معنی است که باکتری‌های احیاکننده سولفات در غلظت‌های کم استات، متان‌سازها را از میدان رقابت خارج می‌کنند و منجر به تغییر مسیر الکترون‌ها از تولید متان به احیای سولفات می‌شوند؛ از طرفی در نسبت $COD/SO_4$ برابر 2/7-1/7، رقابت احیاکننده‌های سولفات و متان‌سازها شروع می‌شود که افزایش این نسبت برای متان‌سازها و کاهش آن برای باکتری‌های احیاکننده سولفات (SRB) مطلوب می‌باشد (16).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که با افزایش غلظت سولفات از 200 به 400 میلی‌گرم در لیتر، نسبت $COD/SO_4$ از 2/8 به 1 کاهش داشت. Choi و همکاران (1991) نیز نشان دادند باکتری‌های احیاکننده سولفات و تولیدکنندگان متان در نسبت‌های $COD/SO_4$ برابر 2/7-1/7 حالت رقابتی دارند. نتیجه مطالعه Choi و همکاران در این زمینه با نتایج مطالعه جاضر هم‌خوانی دارد (22).

سولفات در برکه بی‌هوازی به سولفید احیا می‌گردد و باعث تولید گاز $H_2S$ شده و از محیط خارج می‌شود. با افزایش غلظت سولفات، راندمان حذف سولفات کاهش می‌یابد و باکتری‌های احیاکننده سولفات باعث احیای سولفات زیادی به $H_2S$ می‌شوند و بو احساس می‌گردد (18). همچنین افزایش سولفات تغییرات زیادی در روند حذف نیترات نشان نمی‌دهد. بنابراین بعد از مصرف نیترات توسط باکتری‌های احیاکننده سولفات، مرحله احیای سولفات به‌دلیل میل تجزیه‌پذیری (Affinity) شروع و باعث افزایش غلظت سولفید هیدروژن در محیط می‌شود؛ در نتیجه بوی نامطبوع ایجاد می‌گردد (23).

همان‌طور که جدول 2 نشان می‌دهد، در مطالعه حاضر با افزایش غلظت سولفات از 200 به 400 میلی‌گرم در لیتر، نسبت $BOD_5/TKN$ به‌میزان 55/6درصد افزایش داشت. کاهش فعالیت باکتری‌های نیتراتساز در تغییرات افزایش روند غلظت سولفات باعث شد که علاوه بر کاهش pH، تولید بو نیز افزایش یابد. این نتیجه با نتایج مطالعه غنی‌زاده و همکاران (1379) که نشان دادند باکتری‌های نیتراتساز در نسبت $BOD_5/TKN$ بین 1 تا 3، فعالیت زیادی می‌کنند، هم‌خوانی دارد (24). بنابراین این افزایش به حدود 22/4 در غلظت 400 میلی‌گرم در لیتر سولفات، باعث اختلال در فرآیند نیتراتسازی و در نتیجه تولید بو می‌گردد.

## نتیجه‌گیری

برکه‌های تثبیت بی‌هوازی در صورت راهبری مناسب، قابلیّت‌های متفاوتی در حذف ترکیب‌های آلی در غلظت‌های مختلف سولفات دارند؛ به‌طوری که در غلظت 200 میلی‌گرم در لیتر سولفات عملکرد مناسب و در غلظت 300 میلی‌گرم در لیتر باکتری‌های احیاکننده سولفات غالب و در نتیجه باعث تولید بو می‌گردد. همچنین افزایش سولفات (تا غلظت 300 میلی‌گرم در لیتر) تأثیر عمده‌ای در حذف ازت آمونیاکی دارد؛ ولی به یک‌باره با افزایش سولفات و رسیدن به غلظت 400 میلی‌گرم در لیتر، ازت آمونیاکی افزایش 2/5 برابری (150%) در پساب خروجی دارد.

## تقدیر و تشکر

مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی بهداشت محیط و طرح تحقیقاتی مصوب مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط حوزه معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی کرمان با کد مصوب شماره93/416 می‌باشد که با همکاری و حمایت معاونت تحقیقات و فناوری این دانشگاه، شرکت آب و فاضلاب خراسان جنوبی و دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی بیرجند انجام شده است. بدین وسیله نویسندگان مقاله، از کلیه دست‌اندرکاران و همکاران طرح، کمال تقدیر و تشکر را دارند.

## منابع:

1- Lu W, Leung AY. A Preliminary study on potential of developing shower/Laundry wastewater reclamation and reuse system. Chemosphere. 2003; 52(9): 1451-9.

2- Ghassemi SA, Danesh SH. Waste stabilization ponds and aerated lagoons performance in removal of wastewater indicator microorganisms. Water and Wastewater. 2013; 24(2):53-61. [Persian]

3- Almasi A, Dargahi A, Pirsaheb M. The effect of different concentrations of phenol on anaerobic stabilization pond performance in treating petroleum refinery wastewater. Water and Wastewater. 2013; 24(1): 61-8. [Persian]

4- Badalians Gholikandi G, Dehghani Fard E, Sakian Dezfouli MR. Effect of critical growth of purple sulfur bacteria on waste stabilization pond under contest condition and their influence on performance efficiency of wastewater treatment. Journal of Molecular and Cellular Research (Iranian Journal Of Biology). 2014; 26(3): 266-77. [Persian]

5- Pham DT, Everaert G, Janssens N, Alvarado A, Nopens I, Goethals PL. Algal community analysis in a waste stabilisation pond. Ecol Eng. 2014; 73: 302-6.

6- Gratziou M, Chalatsi M. Use of waste stabilization ponds' systems in Mediterranean Europe. Desalination Water Treat. 2013; 51: 13-15.

7- Almasi A, Pirsaheb M, Dargahi A. The Efficiency of Anaerobic Wastewater Stabilization Pond in Removing Phenol from Kermanshah Oil Refinery Wastewater. Iranian Journal of Health & Environment. 2012; 5(1): 41-50. [Persian]

8- Farzadkia M. Application of high rate stabilization ponds for treatment of Kermanshah City Slaughterhouse. Water and Wastewater. 2004; 15(3):10-5. [Persian]

9- Nelson KL, Cisneros BJ, Tchobanoglous G, Darby JL. Sludge accumulation, characteristics, and pathogen inactivation in four primary waste stabilization ponds in central Mexico. Water Res. 2004; 38(1): 111-27.

10- Konaté Y, Maiga AH, Basset D, Casellas C, Picot B. Parasite removal by waste stabilisation pond in Burkina Faso, accumulation and inactivation in sludge. Ecol Eng. 2013; 50:101-6.

11- Kayombo S, Mbwette TSA, Mayo AW, Katima JHY, J?rgensen SE. Diurnal cycles of variation of physical–chemical parameters in waste stabilization ponds. Ecol Eng. 2002; 18(3): 287-91.

12- Mara DD, Pearson HW. Design manual for waste stabilization ponds in Mediterranean countries. Leeds: Lagoon Technology International Ltd; 1998.

13- Mara DD. Sewage treatment in hot climates. London: John Wiley & Sons Ltd; 1976.

14- Mazhab SAR, Fallahzadeh M, Ghaneeian MT, Rahmani Shamsi J. Effects of organic load, pH, and EC variations of raw wastewater and weather condition on the efficiency of Yazd stabilization ponds. Water and Wsatewater. 2009; 20(2): 55-61. [Persian]

15- Badaliance-Ghlikandi G. Wastewater treatment plant design. Tehran: Ayeezh; 2009. [Persian]

16- Bitton G. Wastewater microbiology. Translated by: Nikaeen M, Mirhendi SH. 3rd ed. Tehran: University of Tehran Press; 2005. pp: 104-5. [Persian]

17- Sirianuntapiboon S, Srikul M. Reducing red color intensity of seafood wastewater in facultative pond. Bioresour Technol. 2006; 97(14):1612-7.

18- Torabian A, Abtahi SM, Amin MM, Momeni SA. Operation of an anaerobic baffled reactor for sulfate removal of amirkabir industrial estate wastewater. Water and Wastewater. 2010; 21(2): 19-26. [Persian]

19- Peng JF, Wang BZ, Song YH, Yuan P, Liu Z. Adsorption and release of phosphorus in the surface sediment of a wastewater stabilization pond. Eco Eng. 2007; 31(2): 92-7.

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.

21- Hosseinian M. Anerobic treatment of Wastewater -USAB. Tehran: Hosseinian Publication; 2000. [Persian]

22- Choi E, Rim JM. Competition and inhibition of sulfate reducers and methane producers in anaerobic treatment. Water Sci Technol. 1991; 23(7-9): 1259-64.

23- Geradi MH. Wastewater bacteria. Translated by: Nabi Bidhendi G, Vosoogh A, Gholizadeh M, Abtahi SM. Tehran: University of Tehran Press; 2011. pp: 153-73. [Persian]

24- Ghanizadeh G, Yazdanbakhsh A. Effect of ambient and wastewater quality on nitrofication process. Kerman: 3th National Conference on Environmental Health; kerman 2000 October 31. Available from http://www.civilica.com/Paper-NCEH03-NCEH03_068.html