Amirkabir Journal of Civil Engineering

Amirkabir J. Civil Eng., 54(3) (2022) 235-238
DOI: 10.22060/ceej.2021.19294.7128

Evaluation of the efficiency of rotating bio-disk system in domestic wastewater treatment

M. H. Rabee Gasak, M. R. Doosti *, M. J. Zoqi

Department of Civil Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran

ABSTRACT: Due to the crisis of water shortage, the importance of wastewater treatment and the reuse of wastewater, today, the application of advanced methods of wastewater treatment has been considered. Therefore, in the present study, a rotating bio-disk system has been used to treat municipal wastewater. To conduct the research, a laboratory-scale reactor unit made of Plexiglas with 35 discs was used, and initially the system used a 20-liter tank in a completely anaerobic manner to increase the reactor efficiency. The aerobic sludge of the wastewater treatment plant of the slaughterhouse has been used for the initial inoculation of the reactor and sugar, urea and potash fertilizer have been used to feed the reactor. The study lasted 96 days in three periods. During the study, the COD level increased from 575 mg/l.d to 1250 mg/l.d. The reactor temperature is in the mesophilic and psychrophilic temperature range for two periods. The results showed that the thickness of the biofilm on the surface of the disks is 2 mm and the pH changes are in the range of 9 to 7. COD removal efficiency during the second period is between 19.13-48% and during the third period is between 50-92%. During the study of the hydraulic retention time factor and the change in the rotation speed of the disk, the highest efficiency was obtained at 93% in 24 hours and 92% at 12 rpm, respectively. Experiment with real wastewater has an efficiency of 80%, which is 12% different from the efficiency of laboratory wastewater.

Review History:

Received: Nov, 22, 2020
Revised: Aug. 09, 2021
Accepted: Aug. 12, 2021
Available Online: Sep. 04, 2021

Keywords:

Bioremediation
Rotating bio-disk system
Domestic wastewater
Real wastewater.

1- Introduction

Due to the increasing population growth, increasing water needs and the existence of dry and low water conditions in most parts of the country, protection of limited water resources against pollution and reuse of treated wastewater, is a fundamental solution to meet current water needs. It will be the future [1]. Home and municipal wastewater treatment methods include physical, chemical and biological methods (aerobic and anaerobic methods). The removal process by physical and chemical processes is costly and for this reason, biological methods are receiving more attention today [2]. Among the various methods of bioremediation, the rotating bioreactor is a type of wastewater treatment that uses sticky growth for the activity of microorganisms and bacteria for intermediate and advanced levels.

In the present study, a conventional rotating biological disk system has been used to treat domestic (municipal) wastewater. In the research process, the effective factors of organic loading, hydraulic retention time, disk rotation speed, determining the BOD5 / COD ratio and comparing the rate of COD removal in the actual wastewater sample compared to the laboratory sample have been investigated. An important point in the research is the use of a 20-liter tank in a completely anaerobic manner similar to the operation of the septic tank to uniform flow, sedimentation of suspended solids and the overall increase in reactor efficiency, which has the mentioned advantages over using a simple reactor.

2- materials and methods

The laboratory-scale reactor is made of Plexiglas and scratched plastic disc with a diameter of 12 cm and a thickness of 5.4 mm with a volume of 6 liters for use in research. 35 discs with a distance of 1 cm are mounted on a horizontal shaft and rotated in the sewer at a speed of 6-12 rpm. The driving force for the rotation of the discs is provided by connecting to a wiper motor with a dimmer to adjust the rotation speed. Three valves are installed on the body of the device as inlet, outlet and sludge discharge, respectively. At the beginning of the device, a 20-liter tank that was placed above the reactor was used to streamline the flow, settle the suspended solids and increase the reactor efficiency overall.

In order to inoculate the reactor, the aerobic sludge of the wastewater treatment plant (activated sludge method) of the chicken slaughterhouse in the secondary treatment section was used. Sugar, urea and potash fertilizer with a ratio of C: N: P equal to 18:10:18 have also been used to feed the RBC reactor. It should be noted that throughout the research period, the ratio of 100 to 5 to 1 for carbon to nitrogen to phosphorus was adjusted by adding urea and potash fertilizer

*Corresponding author's email:mdoosti@birjand.ac.ir

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to Amirkabir University Press. The content of this article is subject to the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY-NC 4.0) License. For more information, please visit https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.

in synthetic wastewater, respectively [3].

The study lasted 96 days in three periods. The first period for 30 days includes the design and construction of the reactor, the second period for 30 days including commissioning, the adaptation of microorganisms to existing conditions, biofilm formation, pH and temperature measurements and the initial study of COD removal changes and the third period for 36 days including measurement pH and temperature, the study of COD removal efficiency, study of effective factors of changes in organic load, hydraulic retention time, changes in disk rotation speed, determination of BOD5/COD ratio and finally study of COD removal rate of real wastewater. During two periods, the COD increased from 575 mg/l.d to 1250 mg/l.d. The reactor temperature was in the range of mesophilic (25-25 °C) and psychrophilic (> 25 °C) during two periods. All experiments are performed according to the methods mentioned in the book of standard methods [4].

3- Results and Discussion

About a week after the start of loading, the formation of biofilm has begun. The amount of COD was measured during the second period of once a week to check the stability and correctness of the system performance. The COD removal efficiency during the second period was between 19.13-48%.

The output COD is measured every day during the third period. COD removal efficiency during the third period is under the rate of increase of COD up to 1250 mg/l.d and rotation speed of 8 revolutions per minute is equal to 50-92%. Due to the fact that the temperature in the above period was in the mesophilic range and increased, the rate of removal has increased. The most important physical factors affecting the overall removal efficiency of the RBC system are oxygen transfer rate and temperature [5]. The pH changes in the present study were in the range of 7 to 9.

3- 1- Biofilm formation process

Microbial growth and distribution of biofilms were observed under a microscope during research periods to ensure the correctness of the purification process. The biofilm formed on the discs was measured at the end of the third period using a caliper with a thickness of 2 mm. The thickness of the biofilm is controlled by the shear force [6]. The thickness of the biofilm increases with the concentration of the substrate and decreases with the shear forces of the surface [7]. The appropriate thickness should be about 2 mm. If the surface of the biofilm is too thick, it may cause excessive anaerobic conditions, resulting in an unpleasant odor. Endogenous metabolism may even occur, which destroys the adhesion of the biofilms and may cause them to separate from the discs [3].

3- 2- Investigating the effect of effective factors on removal efficiency

In order to investigate the increase of COD removal efficiency in the present study, the effective factors of hydraulic retention time, changes in disk rotation speed and determination of BOD5/COD ratio were evaluated, which are explained below.

- ✓ Check hydraulic retention time

In order to investigate the effect of retention time on system removal efficiency, at times of COD, 1250 mg/l.d and rotation speed of 8 rpm, times of 6, 12, 18 and 24 hours were evaluated. The highest removal efficiency occurred at a residence time of 24 hours equal to 93%.

- ✓ Investigating the effect of disk rotation speed

In order to investigate the effect of disk rotation speed on system removal efficiency, under COD, 1250 mg/l.d, the removal efficiency was evaluated at 5 different speeds of 6, 8, 10, 12 and 14 rpm. The process of COD removal efficiency increases by increasing the rotation speed to 12 revolutions per minute and is equal to 92%. Then, by increasing the speed to 14 rpm, the removal efficiency decreases and causes the biofilm to be removed from the surface of the discs.

- ✓ Determine the BOD5 / COD ratio

During the study period, the BOD5 value was measured twice by the BOD reactor to obtain the BOD5/COD ratio. The results were 0.58 and 0.52 under COD, 1250 mg/l.d and 8 rpm.

3- 3- Experiments on real sewage

In the present study, at the end of the third period, the experiment was performed on a real sample of municipal wastewater with an input COD of 710.5 mg / l, which was taken from the part after sowing. The final results are listed below the input COD and the rotation speed of 8 rpm was 80%. With a difference of 12% in the COD removal efficiency of the system with synthetic wastewater and real wastewater, it can be concluded that due to the fact that the composition of municipal wastewater with synthetic wastewater is different and it takes time to adapt microorganisms in the system to new wastewater. The difference is significant.

4- Conclusions

The results of the research confirm the possibility of biological treatment of domestic wastewater by a rotating biological disk system. The best biological removal of domestic wastewater at the input COD of 1250 mg / l.d was achieved after a residence time of 24 hours and a rotation speed of 10 revolutions per minute of 92%. During the research, the trend of pH changes was in the appropriate range of 7 to 9 and the temperature changes were in the temperature range of mesophilic and psychrophilic.

References

[1] A.H. Javid, A.H. Hasani, S. Gahvarband, Evaluation of quality and quantity of food industry wastewater and its effect on the performance of wastewater treatment system, Environmental Science and Technology, 17(1) (2015) 47-38.(in persian)

[2] W.D.M.C. Perera, N.J.G.J. Bandara, M. Jayaweera, Treatment of Landfill Leachate using Sequencing Batch Reactor, Tropical Forestry and Environ, 4 (2014) 82-90.

[3] R. Su, G. Zhang, P. Wang, S. Li, R.M. Ravenelle, J.C. Crittenden, Treatment of Antibiotic Pharmaceutical

Wastewater Using a Rotating Biological Contactor, Journal of Chemistry, 8 (2016).

[4] APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, in, Am Pub Health Associat, Washington:, 2005.

[5] P.A. Kadu, A.A. Badge, Y.R.M. Rao, Treatment of Municipal Wastewater by using Rotating Biological Contractors (Rbc's), American Journal of Engineering Research, 2 (2017) 127-132.

[6] S. Murugesan, Performance study on Rotating Biological Contactor, (2017).

[7] S. Tyrrel, T. Stephenson, E. Cartmell, B. Jefferson, Rotating biological contactors for wastewater treatment - a review, Francis Hassard, Jeremy Biddle, Safety and Environmental Protection, 94 (2015) 285-306.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

M. H. Rabee Gasak, M. R. Doosti , M. J. Zoqi , Evaluation of the efficiency of rotating bio-disk system in domestic wastewater treatment, Amirkabir J. Civil Eng., 54(3) (2022) 235-238.

DOI: 10.22060/ceej.2021.19294.7128

This page intentionally left blank

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۴، شماره ۳، سال ۱۴۰۱، صفحات ۱۱۶۵ تا ۱۱۷۴
DOI: 10.22060/ceej.2021.19294.7128

بررسی کارایی سیستم دیسک‌های زیستی چرخان در تصفیه فاضلاب خانگی

محمدحسین ربیعی گسک، محمدرضا دوستی*، محمدجواد ذوقی

دانشکده مهندسی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

خلاصه: با توجه به بحران کمبود آب، اهمیت تصفیه فاضلاب و استفاده مجدد از فاضلاب، امروزه کاربرد روش‌های پیشرفته تصفیه فاضلاب مورد توجه قرار گرفته است. لذا در پژوهش حاضر از سیستم دیسک‌های زیستی چرخان جهت تصفیه فاضلاب شهری استفاده شده است. جهت انجام تحقیق، یک واحد راکتور در مقیاس آزمایشگاهی با جنس پلکسی گلاس و تعداد ۳۵ عدد دیسک استفاده شده و در ابتدا سیستم از مخزنی ۲۰ لیتری به صورت کاملا بی‌هوازی به منظور افزایش راندمان راکتور استفاده شده است. لجن هوازی تصفیه‌خانه فاضلاب (روش لجن فعال) کشتارگاه به منظور تلقیح اولیه راکتور و شکر، اوره و کود پتاس برای تغذیه راکتور مورد استفاده قرار گرفته است. تحقیق در سه دوره به مدت ۹۶ روز به طول انجامید. در طی انجام تحقیق میزان COD از مقدار mg/l.d ۵۷۵ تا mg/l.d ۱۲۵۰ افزایش یافته است. دمای راکتور در طی دو دوره در محدوده دمایی مزوفیلیک و سایکروفیلیک قرار دارد. نتایج نشان داد که میزان ضخامت بیوفیلم روی سطح دیسک‌ها ۲ میلی‌متر و تغییرات pH در محدوده ۹ تا ۷ است. راندمان حذف COD طی دوره دوم بین ۴۸-۱۹/۱۳ درصد و طی دوره سوم بین ۹۲-۵۰ درصد است. طی بررسی فاکتور زمان ماند هیدرولیکی و تغییر سرعت چرخش دیسک به ترتیب بیشترین راندمان در زمان ۲۴ ساعت برابر ۹۳ درصد و در سرعت ۱۲ دور در دقیقه به میزان ۹۲ درصد حاصل شده است. با آزمایش بر روی فاضلاب واقعی راندمان ۸۰ درصد حاصل شده که نسبت به راندمان فاضلاب آزمایشگاهی ۱۲ درصد اختلاف دارد.

تاریخچه داوری:
دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۰۲
بازنگری: ۱۴۰۰/۰۵/۱۸
پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۲۱
ارائه آنلاین: ۱۴۰۰/۰۳/۱۶

کلمات کلیدی:
تصفیه زیستی
سیستم دیسک‌های زیستی چرخان
فاضلاب خانگی
فاضلاب واقعی

۱- مقدمه

با توجه به رشد روز افزون جمعیت، افزایش نیازهای آبی و وجود شرایط آب و هوایی خشک و کم آب در اکثر نقاط کشور، حفاظت منابع محدود آبی در برابر آلودگی‌ها و بهره‌برداری مجدد از فاضلاب‌های تصفیه شده، یک راهکار اساسی جهت تامین نیازهای آبی حال و آینده خواهد بود [۱]. بازیافت و بازچرخانی فاضلاب به عنوان یکی از منابع مطمئن و با کیفیت آب نامتعارف جهت جوابگویی به دغدغه‌های اخیر آبی مطرح گردیده است. کشور ایران مانند بسیاری از کشورهای منطقه خاورمیانه با بحران آب روبه‌رو است. در این راستا با توجه به حجم قابل توجه فاضلاب‌های شهری، صنعتی و آب‌های برگشتی، برنامه‌ریزی جهت باز استفاده از این منابع با لحاظ کردن جنبه‌های مختلف زیست محیطی به عنوان راهکاری مناسب جهت جبران بخشی از این کمبودها و همچنین کاهش آلودگی‌ها مورد توجه است [۲]. در اجتماعات در حال رشد، ۷۵ تا ۸۰ درصد آب مصرفی به دورریزهایی که باید از اجتماعات به نحوی دور شوند تبدیل خواهند شد. اگر دورریزهای اجتماعات، حاصل فعالیت‌های زندگی روزمره باشد به آن فاضلاب خانگی یا شهری گفته می‌شود. در فاضلاب‌های شهری علاوه بر ترکیب شیمیائی آب‌های مصرفی، به موادی چون پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، چربی و روغن، صابون و دترجنت و خلاصه کلیه مواد اولیه‌ای که به نحوی در زندگی روزمره مورد استفاده انسان قرار گرفته است وجود دارد. علاوه بر موارد ذکر شده در فاضلاب شهری انواع میکروارگانیسم‌های موجود در جهاز هاضمه انسان که بعضا به شدت بیماری‌زا هستند نیز دیده خواهد شد [۳]. بدین ترتیب آلاینده‌هایی به محیط دفع می‌شوند که اگر چاره‌ای برای دفع بهداشتی آن‌ها اندیشیده نشود، موجب بحران‌های آلودگی در کوتاه مدت و دراز مدت خواهند شد. در نتیجه این آلودگی‌ها خطرات فراوانی را برای محیط زیست و به خصوص آب‌های زیرزمینی در پی خواهند داشت. روش‌های تصفیه فاضلاب‌های خانگی و شهری شامل روش‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی (روش‌های هوازی و بی‌هوازی) هستند. فرآیند حذف توسط فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی هزینه

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: mdoosti@birjand.ac.ir

حقوق مؤلفین به نویسندگان و حقوق ناشر به انتشارات دانشگاه امیرکبیر داده شده است. این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License) در دسترس شما قرار گرفته است. برای جزئیات این لیسانس، از آدرس https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode دیدن فرمائید.

بالایی داشته و به همین علت، امروزه روش‌های بیولوژیکی بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد [۴]. در میان روش‌های مختلف تصفیه زیستی، راکتور زیستی چرخان یک نوع روش تصفیه فاضلاب است که در آن از رشد چسبیده برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها و باکتری‌ها برای سطوح متوسط و پیشرفته استفاده می‌شود. این سیستم، شامل یک سری دیسک‌های چرخان است، که نیروی چرخشی توسط یک الکتروموتور با دور کم (۱۵–۱ دور در دقیقه) به سیستم القا می‌شود. حدودا ۶۰–۴۰ درصد دیسک‌ها درون فاضلاب قرار می‌گیرد. سطوح دیسک‌ها، شرایطی را به وجود می‌آورند که میکروارگانیسم‌ها قادرند خود را به آن چسبانده و رشد کنند. چرخش دیسک‌ها به کندی صورت گرفته و پس از گذشت چند روز لایه میکروبی روی دیسک‌ها تشکیل می‌شود. تصفیه فاضلاب بیشتر، توسط این لایه ثابت بیولوژیک صورت می‌گیرد [۵]. برای اولین بار راکتور RBC در کشور آلمان توسط ویگاند و در سال ۱۹۰۰ میلادی از صفحات چوبی ساخته شد و برای تصفیه زیستی مورد استفاده قرار گرفت [۶]. کاربرد فرآیند RBC بعدا گسترش پیدا کرده و برای حذف کربن آلی در فاضلاب، حذف نیتروژن و فسفر نیز مورد استفاده قرار گرفت [۷]. سیستم RBC نخستین بار در سال ۱۹۶۰ در آلمان غربی به صورت تجاری مورد استفاده قرار گرفت، در این سال از این سیستم به عنوان یک سیستم تصفیه‌خانه فاضلاب شهری استفاده شد و بنا بر مزایای زیاد آن به سرعت در کشورهای اروپایی، آمریکا و کانادا گسترش یافت [۸]. پس از مقبولیت استفاده از پلی استایرن در دهه ۹۶۰ و اوایل دهه ۱۹۷۰ تغییرات عمده‌ای در شکل‌بندی سیستم و جنس دیسک‌های سیستم RBC صورت پذیرفت [۹]. با توجه به مزایای بسیار زیاد سیستم دیسک‌های زیستی چرخان، این سیستم در تصفیه فاضلاب‌های مختلفی مانند تصفیه فاضلاب حاوی آنیلین [۱۰]، شیرابه مرکز دفن زباله [۱۱]، فاضلاب نفتی [۱۲]، فاضلاب شهری [۱۳]، پساب صنایع نساجی [۱۴]، پساب حاوی فلورفنول [۱۵]، فاضلاب بهداشتی [۱۶] و فاضلاب صنایع دارویی [۱۷] مورد استفاده قرار گرفته است. در تحقیقی توسط کریمی و همکاران در سال ۱۳۹۴ به بررسی عملکرد سیستم دیسک‌های زیستی چرخان (RBC) در تصفیه فاضلاب بیمارستان‌های ثابت و صحرایی پرداختند. در تحقیق کاربردی–صنعتی فوق عملکرد تصفیه‌خانه بیمارستان رسالت تهران که از نوع RBC است، مورد ارزیابی قرار گرفته و نقاط قوت و ضعف آن به لحاظ فرآیندی و هیدرولیکی بررسی و تحلیل شده است. فاضلاب بیمارستان رسالت تهران به لحاظ کیفی جز فاضلاب‌های ضعیف بوده و علیرغم وجود برخی معضلات در طراحی و ساخت واحدهای عملیاتی و فرآیندی، کل سیستم برای پاسخگویی به دبی انتهای طرح معادل ۳/۷۴ متر مکعب در روز مناسب ارزیابی گردیده است [۱۸]. لی و لو[1] در سال ۲۰۱۷ به بررسی عملکرد سیستم ANF-WDSRBC جهت تصفیه فاضلاب خانگی پرداختند. در تحقیق فوق از یک سیستم جدید همراه با فیلتر اکسیژن (ANF) و چهار مرحله‌ای کنترل کننده بیولوژیک چرخان آبی (WDSRBC) به عنوان روشی جهت تصفیه فاضلاب خانگی استفاده شده است. نتایج نشان داد که سیستم عملکرد بهتری را نسبت به سیستم معمول نشان داده و میزان راندمان حذف COD، آمونیوم و نیتروژن کل به ترتیب برابر ۴/۳±۶۱/۴٪، ۳/۷±۸۶/۱٪ و ۳/۹±۵۴/۵٪ به دست آمده است [۱۹]. در تحقیقی توسط تالوار[2] و همکاران در سال ۲۰۱۸ امکان استفاده از ترکیب فوتوکاتالیز TiO_2 و فرآیند RBC جهت تصفیه فاضلاب دارویی واقعی بررسی شده است. نتایج نشان داد که راندمان تصفیه توسط ترکیب فرآیند فوتوکاتالیز و RBC برابر ۹۶/۵٪ بوده که ۶۷٪ آن مربوط به فعالیت فوتوکاتالیز و ۳۰٪ آن مربوط به فرآیند RBC بوده است [۲۰].

در تحقیق حاضر از سیستم دیسک‌های زیستی چرخان معمول جهت تصفیه فاضلاب خانگی (شهری) استفاده شده است. در روند تحقیق عوامل موثر میزان بارگذاری آلی، زمان ماند هیدرولیکی، سرعت چرخش دیسک، تعیین نسبت BOD_5/COD و مقایسه میزان حذف COD در نمونه واقعی فاضلاب نسبت به نمونه آزمایشگاهی بررسی شده است. نکته حائز اهمیت در تحقیق استفاده از یک مخزن ۲۰ لیتری به صورت کاملا بی‌هوازی مشابه عملکرد سپتیک تانک به منظور یکنواخت‌سازی جریان، ته‌نشینی مواد معلق و در کل افزایش راندمان راکتور است که نسبت به استفاده از راکتور ساده مزایای ذکر شده را در بردارد.

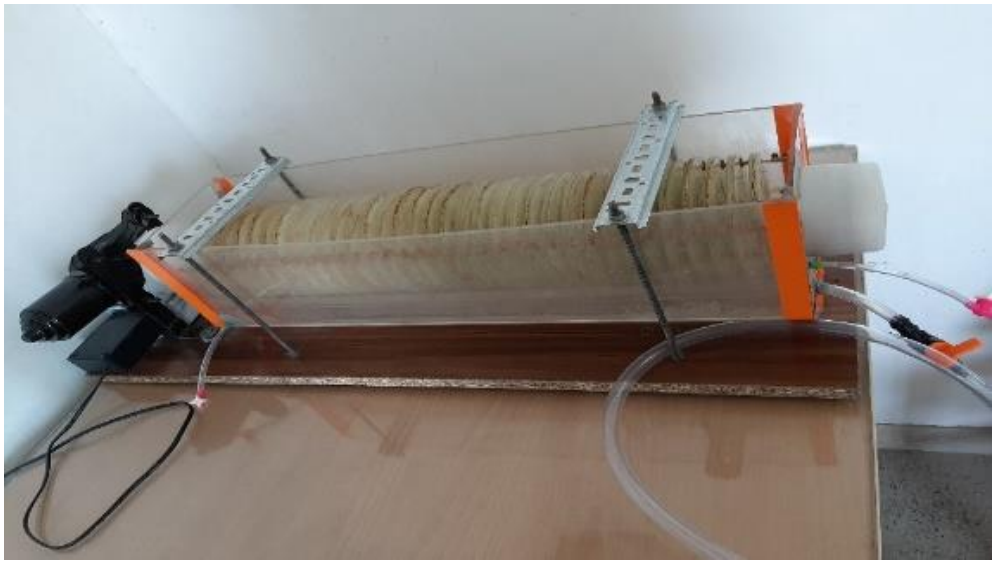
۲– مواد و روش‌ها

۲– ۱– مواد و دستگاه‌های مورد استفاده

مواد مورد نیاز جهت انجام تحقیق شامل لجن هوازی تصفیه‌خانه کشتارگاه، شکر، اوره، کود پتاس (۱۸:۱۰:۱۸)، اسید سولفوریک ۹۸٪، سولفات نقره، سولفات جیوه، دی کرومات پتاسیم، پتاسیم هیدروژن فتالات (KHP) و آب مقطر بودند.

دستگاه‌های مورد استفاده در تحقیق نیز شامل موتور برف پاک‌کن، ترازو دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌گرم، pH متر، راکتور COD، راکتور BOD، اسپکتروفتومتر مدل UV2100، آون و کولیس ساده بوده است.

1 Li and Lu
2 Talwar



شکل ۱. نمای راکتور مورد استفاده

Fig. 1. View of the reactor used

۲- ۲- ساخت و راه‌اندازی راکتور RBC

راکتور در مقیاس آزمایشگاهی با ابعاد مخزن (طول ۵۶/۷ سانتی‌متر، عرض ۱۴/۸ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۸/۵ سانتی‌متر)، جنس پلکسی گلاس و جنس دیسک پلاستیک خراشیده شده با قطر ۱۲ سانتی‌متر و ضخامت ۵/۴ میلی‌متر به حجم ۶ لیتر جهت استفاده در تحقیق ساخته شده است. ۳۵ عدد دیسک با فاصله ۱ سانتی‌متر بر روی یک شفت افقی نصب شده و با سرعت ۱۲-۶ دور در دقیقه در درون فاضلاب می‌چرخند. نیروی محرکه برای گردش دیسک‌ها با اتصال به موتور برف پاک‌کن به همراه دیمر برای تنظیم سرعت چرخش تامین شده است. بر روی بدنه دستگاه سه شیر به ترتیب به عنوان ورودی، خروجی و تخلیه لجن تعبیه شده است. در ابتدای دستگاه نیز از یک مخزن ۲۰ لیتری که در قسمتی بالاتر از راکتور قرار داده شده بود به منظور یکنواخت‌سازی جریان، ته‌نشینی مواد معلق و در کل افزایش راندمان راکتور استفاده شده است. در شکل ۱ نمای راکتور مورد استفاده در تحقیق حاضر نشان داده شده است.

۲- ۳- تلقیح و تغذیه راکتور

انتخاب لجن مناسب در مرحله راه‌اندازی بسایر حائز اهمیت است چرا که لجن مناسب ضمن تضمین پایداری فرآیند، موجب کوتاه شدن طول دوره راه‌اندازی می‌شود. متداول‌ترین مواد تلقیحی به کار گرفته شده شامل لجن هضم شده فاضلاب شهری، کود حیوانی هضم شده، لجن فعال، کود گاوی و لجن چسبیده در فاضلاب‌روها است [۲۱].

در تحقیق حاضر به منظور تلقیح اولیه راکتور از لجن هوازی تصفیه‌خانه فاضلاب (روش لجن فعال) کشتارگاه مرغ در بخش تصفیه ثانویه استفاده گردید. ماده تلقیحی پس از تهیه به قسمت انتهایی راکتور منتقل شده است.

برای فعال شدن میکروارگانیسم‌ها مواد مغذی مانند نیتروژن، پتاسیم، فسفر، منیزیم و غیره و همینطور مواد ریز مغذی مانند نیکل، کبالت و آهن مورد نیاز است [۲۲]. لذا در تحقیق حاضر از شکر، اوره و کود پتاس با نسبت C:N:P برابر ۱۸:۱۰:۱۸ که حاوی اکثر مواد مغذی مورد نیاز برای افزایش عملکرد راکتور می‌باشد، به عنوان تغذیه راکتور RBC استفاده شده است. نکته قابل ذکر اینکه در کل دوره تحقیق، نسبت ۱۰۰ به ۵ به ۱ به ترتیب برای کربن به نیتروژن به فسفر با افزودن اوره و کود پتاس در فاضلاب سنتزی تنظیم شد [۱۷].

۲- ۴- مراحل انجام کار

تحقیق در سه دوره به مدت ۹۶ روز به طول انجامید. دوره اول به مدت ۳۰ روز شامل طراحی و ساخت راکتور، دوره دوم به مدت ۳۰ روز شامل راه‌اندازی، سازگاری میکروارگانیسم‌ها با شرایط موجود، تشکیل بیوفیلم، اندازه‌گیری pH و دما و بررسی اولیه روند تغییرات حذف COD

جدول ۱. روند تغییرات میزان COD خروجی طی دوره دوم

Table 1. The trend of changes in the amount of COD output during the second period

عنوان	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم
COD ورودی (mg/l.d)	۵۷۵	۵۷۵ -۷۱۰/۷۵	۷۱۰/۷۵	۷۱۰/۷۵ -۱۲۵۰
COD خروجی (mg/l.d)	۴۶۵	۴۹۷/۵۲	۴۰۸/۶۸	۶۵۰
راندمان حذف	٪۱۹/۱۳	٪۳۰	٪۴۲/۵	٪۴۸

و دوره سوم به مدت ۳۶ روز شامل اندازه‌گیری pH و دما، بررسی راندمان حذف COD، بررسی فاکتورهای موثر تغییرات بارگذاری آلی، زمان ماند هیدرولیکی، تغییرات سرعت چرخش دیسک‌ها، تعیین نسبت BOD_5/ COD و نهایتا بررسی میزان حذف COD فاضلاب واقعی است. در طی دو دوره میزان COD از مقدار mg/l.d ۵۷۵ تا mg/l.d ۱۲۵۰ افزایش یافته است. دمای راکتور در طی دو دوره در محدوده دمایی مزوفیلیک (۴۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد) و سایکروفیلیک (<۲۵ درجه سانتی‌گراد) قرار داشته است. تمامی آزمایش‌ها بر اساس روش‌های ذکر شده در کتاب روش‌های استاندارد انجام شده است [۲۳].

۳- نتایج و بحث

۳- ۱- دوره اول و دوم در راکتور RBC

تحقیق در خصوص بررسی کارایی سیستم دیسک‌های زیستی چرخان در تصفیه فاضلاب خانگی بوده است. پس از تست‌های انجام شده جهت آب‌بندی و رسیدن به حالت پایا برای شروع به کار راکتور، ابتدا تلقیح راکتور با استفاده از لجن هوازی تصفیه‌خانه (روش لجن فعال) کشتارگاه مرغ انجام شده است. سپس تغذیه راکتور با میزان mg/l.d ۵۷۵ شروع شده و تا پایان دوره به میزان mg/l.d ۱۲۵۰ افزایش یافته است. دمای راکتور در طی دوره فوق در محدوده دمایی سایکروفیلیک و مزوفیلیک قرار داشته است. پس از گذشت حدود یک هفته از شروع بارگذاری تشکیل بیوفیلم آغاز گشته است. میزان COD طی این دوره هفته‌ای یک بار جهت بررسی رسیدن به حالت پایا و درستی عملکرد سیستم مورد اندازه‌گیری قرار گرفته است.

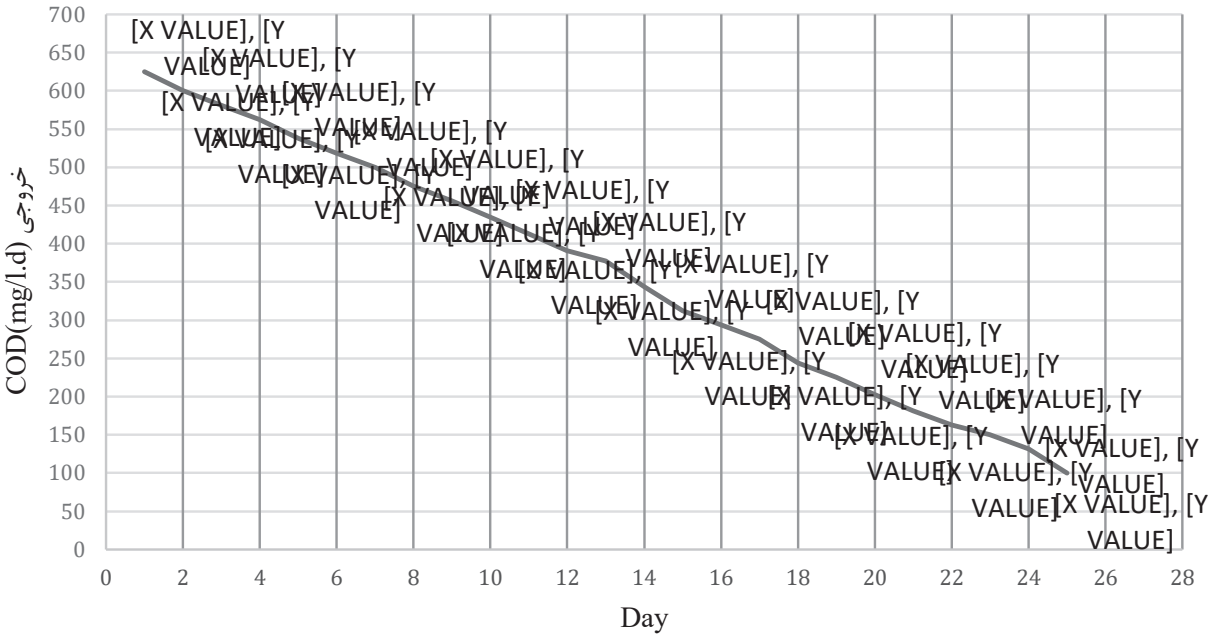
اندازه‌گیری COD با استفاده از راکتور COD و دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV2100 انجام شده است. روند تغییرات حذف COD طی دوره دوم در جدول ۱ قابل مشاهده است.

طی دوره دوم، میزان pH نمونه با استفاده از دستگاه pH متر پس از کالیبره نمودن دستگاه [۲۴] به منظور کنترل و بررسی جهت جلوگیری از اسیدی شدن لجن اندازه‌گیری شده است. تغییرات pH در تحقیق حاضر در محدوده ۷ تا ۹ بوده است. روند تغییرات pH نشان دهنده تشکیل مناسب بیوفیلم و انجام مناسب فرآیند در راکتور است.

۳- ۲- دوره سوم در راکتور RBC

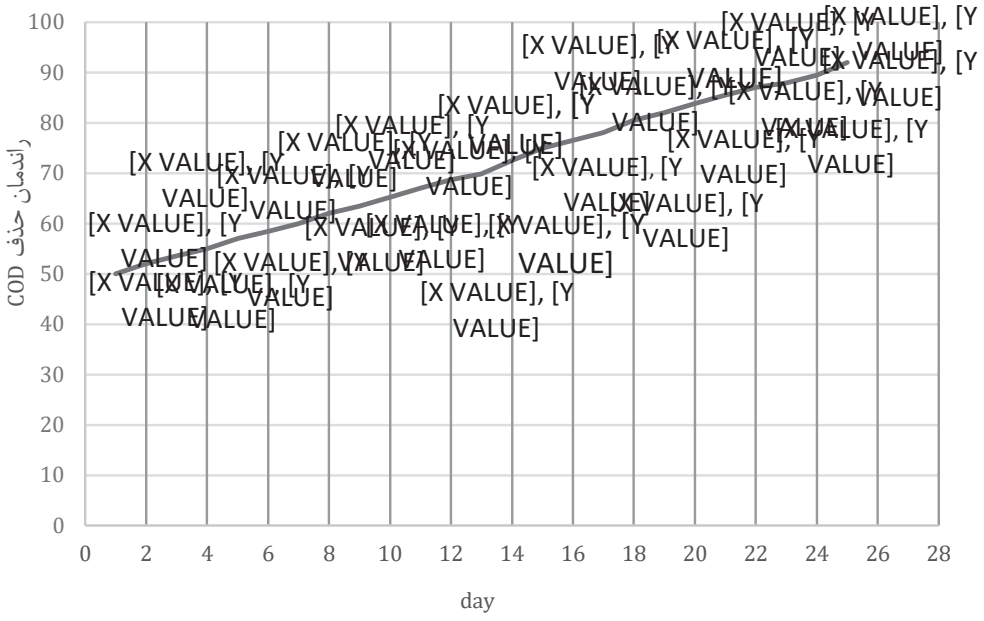
دوره سوم به مدت ۳۶ روز شامل اندازه‌گیری pH و دما، بررسی راندمان حذف COD، بررسی فاکتورهای موثر تغییرات بارگذاری آلی، زمان ماند هیدرولیکی، تغییرات سرعت چرخش دیسک‌ها، تعیین نسبت BOD_5/ COD و نهایتا بررسی میزان حذف COD فاضلاب واقعی است. دمای راکتور طی دوره فوق در محدوده دمایی مزوفیلیک قرار داشته است. تغییرات pH نیز همانند دوره دوم در محدوده ۹-۷ بوده است. میزان COD خروجی طی دوره سوم هر روز مورد اندازه‌گیری قرار گرفته است. نتایج روند تغییرات حذف COD طی دوره سوم تحت میزان افزایش COD تا mg/l.d ۱۲۵۰ و سرعت چرخش ۸ دور در دقیقه در شکل ۲ قابل مشاهده است.

همانطور که در شکل مشاهده می‌شود روند COD خروجی با گذشت زمان با روند مناسبی کاهش یافته و دارای راندمان مناسب ۹۲-۵۰ درصد است. میزان درصد حذف COD خروجی در شکل ۳ قابل مشاهده است.



شکل ۲. میزان COD خروجی طی دوره سوم

Fig.2. Output COD during the third period



شکل ۳. راندمان حذف COD طی دوره سوم

Fig. 3. COD removal efficiency during the third period

جدول ۲. نتایج بررسی تغییرات زمان ماند بر بازده حذف

Table 2. Results of the study of retention time changes on removal efficiency

راندمان حذف ٪	COD خروجی (mg/l.d)	زمان ماند (ساعت)
٪۷۹/۵	۲۵۶/۲۵	۶
٪۸۴/۸	۱۹۰	۱۲
٪۸۹	۱۳۷/۵	۱۸
٪۹۳	۸۷/۵	۲۴

با توجه به اینکه دما در دوره فوق در محدوده مزوفیلیک قرار داشته و افزایش یافته است، میزان حذف افزایش یافته است. مهم‌ترین فاکتورهای فیزیکی مؤثر بر کارایی حذف کلی سیستم RBC، نرخ انتقال اکسیژن و دما است [۲۵]. دمای محیط تأثیر معنی‌داری در اثر بخشی میزان تصفیه دارد که با افزایش دما، تصفیه با راندمان بهتری صورت می‌گیرد [۲۶]. در فصل‌ها سرد برای تامین دمای محیط در محدوده مناسب که دارای بازدهی بالا باشد، می‌توان از مبدل حرارتی استفاده کرد.

۳- ۳- روند تشکیل بیوفیلم

در حین کار همواره ۴۰٪ سطح دیسک‌ها در داخل فاضلاب غوطه‌ور است و توده‌های زیستی روی صفحات دایره‌ای به وجود می‌آید. تماس توده‌های زیستی با هوا زمانی که سطوح مستغرق دیسک‌ها جابه‌جا می‌گردد، انجام می‌شود.

رشد و توزیع میکروبی بیوفیلم‌ها طی دوره‌های تحقیق برای اطمینان از درستی روند تصفیه با میکروسکوپ مشاهده شدند. بیوفیلم شکل گرفته بر روی دیسک‌ها در پایان دوره سوم با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد که میزان ضخامت ۲ میلی‌متر بود. ضخامت بیوفیلم توسط نیروی برشی کنترل می‌شود [۲۷]. ضخامت بیوفیلم با غلظت بستر افزایش یافته و با نیروهای برشی سطح کاهش می‌یابد [۲۸]. ضخامت مناسب باید حدود ۲ میلی‌متر باشد. چنانچه سطح بیوفیلم خیلی ضخیم باشد، ممکن است باعث به وجود آمدن شرایط بی‌هوازی بیش از حد و در نتیجه انتشار بوی نامطبوع گردد. حتی ممکن است متابولیسم درون‌زا اتفاق بیفتد که باعث از بین رفتن چسبندگی بیوفیلم‌ها شده و ممکن است باعث جدا شدن آن‌ها از دیسک‌ها شود [۱۷].

برای اطلاع پیدا کردن از اینکه چه ضخامتی از فیلم زیستی میزان بهینه‌ای را داراست می‌توان با آزمایش‌های COD در روزهای مختلف، میزان این ضخامت را به دست آورد. یعنی ضخامتی که در آن حداکثر کاهش COD را داشته باشیم، بهترین ضخامت محسوب می‌گردد. البته ذکر این نکته ضروری است که به مرور زمان با افزایش ضخامت فیلم راندمان سیستم افزایش می‌یابد. به محض اینکه این ضخامت از حد معینی تجاوز کند راندمان با افت مواجه می‌شود. علت این امر این است که وقتی ضخامت از حد معینی تجاوز کرد، در این صورت فیلم بین دو صفحه به یکدیگر نزدیک شده و فضا جهت نفوذ اکسیژن و مواد مغذی کم می‌شود. ضمن اینکه با ضخیم‌تر شدن فیلم زیستی عمق نفوذ اکسیژن نیز کمتر می‌شود که این مساله سبب کاهش راندمان سیستم می‌گردد [۵].

۳- ۴- بررسی تاثیر فاکتورهای موثر بر راندمان حذف

جهت بررسی افزایش راندمان حذف COD در تحقیق حاضر فاکتورهای موثر زمان ماند هیدرولیکی، تغییرات سرعت چرخش دیسک‌ها و تعیین نسبت BOD_5/COD مورد ارزیابی قرار گرفتند که در ادامه توضیح داده می‌شوند.

✓ بررسی زمان ماند هیدرولیکی

به منظور بررسی تاثیر زمان ماند بر بازده حذف سیستم، تحت میزان COD، ۱۲۵۰ mg/l.d و سرعت چرخش ۸ دور در دقیقه، زمان‌های ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعت مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج بررسی تغییرات زمان ماند در جدول ۲ قابل مشاهده است. بیشترین راندمان حذف در زمان ماند ۲۴ ساعت رخ داده است. در تحقیقات مختلف انجام شده بر روی انواع فاضلاب، با افزایش زمان ماند حداکثر تا ۳۶ ساعت، بهترین راندمان حذف در ۱۸ [۲۹] و ۲۴ ساعت رخ داده است [۳۰].

✓ بررسی اثر سرعت چرخش دیسک‌ها

به منظور بررسی اثر سرعت چرخش دیسک‌ها بر بازده حذف سیستم، تحت میزان COD، ۱۲۵۰ mg/l.d، بازده حذف در ۵ سرعت مختلف ۶، ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ دور در دقیقه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج روند تغییرات سرعت چرخش در جدول ۳ قابل مشاهده است.

جدول ۳. نتایج بررسی تغییرات سرعت چرخش بر بازده حذف

Table 3. Results of the study of rotational speed changes on removal efficiency

سرعت چرخش (دور در دقیقه)	COD خروجی (mg/l.d)	راندمان حذف ٪
۶	۱۶۲/۵	۸۷
۸	۱۱۸/۷۵	۹۰/۵
۱۰	۱۱۲/۵	۹۱
۱۲	۱۰۰	۹۲
۱۴	۱۸۷/۵	۸۵

همانطور که در شکل مشاهده می‌شود روند راندمان حذف COD با افزایش سرعت چرخش تا ۱۲ دور در دقیقه افزایش یافته است. سپس با افزایش سرعت تا ۱۴ دور در دقیقه راندمان حذف کاهش یافته و موجب کنده شدن بیوفیلم از سطح دیسک‌ها می‌شود. با توجه به اینکه تفاوت راندمان حذف در سرعت ۱۰ با سرعت ۱۲ دور در دقیقه به میزان ۱٪ است، لذا به منظور کاهش مصرف انرژی می‌توان سرعت بهینه را برابر ۱۰ دور در دقیقه در نظر گرفت. همینطور تفاوت فاحشی در راندمان حذف سرعت ۸ دور در دقیقه با سرعت ۱۰ دور در دقیقه وجود ندارد و می‌توان این سرعت را نیز به عنوان سرعت بهینه در نظر گرفت.

در تحقیق انجام شده توسط علیانی و همکاران نیز با افزایش سرعت چرخش دیسک، سرعت چرخش ۱۰ دور در دقیقه به دلایل افزایش راندمان حذف و کاهش مصرف انرژی انتخاب شده است [۳۱].

جدول ۴. نتایج آزمایش BOD_5 و COD و تعیین نسبت COD/BOD_5

Table 4. BOD5 and COD test results and determination of BOD5 / COD ratio

مرتبه	COD خروجی (mg/l)	BOD خروجی (mg/l)	نسبت BOD_5/COD
۱	۲۲۵	۱۳۰/۵	۰/۵۸
۲	۱۰۰	۵۲	۰/۵۲

✓ تعیین نسبت BOD_5/COD

در طول دوره تحقیق جهت به دست آوردن نسبت BOD_5/COD، مقدار BOD_5 دو مرتبه توسط راکتور BOD مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نتایج حاصل تحت میزان COD، ۱۲۵۰ mg/l.d و سرعت چرخش ۸ دور در دقیقه در جدول ۴ ارائه شده است.

با مقایسه BOD با COD می‌توان ارزیابی نمود که آیا ترکیب مورد بررسی به آسانی قابل تجزیه یا غیرقابل تجزیه است. یک نشانه این است که نسبت COD/BOD_5 بیشتر از ۱۰۰ بدان معنی است که این ترکیب نسبتاً غیرقابل تجزیه است و چنانچه این نسبت کمتر از ۱۰ باشد نسبتاً قابل تجزیه است [۲۵].

۳- ۵- آزمایش بر فاضلاب واقعی

در تحقیق حاضر در انتهای دوره سوم آزمایش بر روی نمونه واقعی فاضلاب شهری با میزان COD ورودی ۷۱۰/۵ mg/l که از قسمت بعد از دانه‌گیری برداشت شده، صورت گرفت. نتایج نهایی تحت میزان COD ورودی ذکر شده و سرعت چرخش ۸ دور در دقیقه در جدول ۵ بیان شده است.

با اختلاف ۱۲ درصدی به وجود آمده در راندمان حذف COD سیستم با فاضلاب سنتزی و فاضلاب واقعی می‌توان چنین نتیجه گرفت که با توجه به اینکه ترکیب فاضلاب شهری با فاضلاب سنتزی متفاوت است و برای تطبیق میکروارگانیسم‌های موجود در سیستم با فاضلاب جدید زمان لازم است، لذا این اختلاف معنادار است.

جدول ۵. نتایج آزمایش بر روی فاضلاب واقعی

Table 5. Test results on real wastewater

COD ورودی (mg/l)	COD خروجی (mg/l)	راندمان حذف ٪
۷۱۰/۵	۱۴۲/۱	۸۰

۴- نتیجه‌گیری

روش‌های متفاوتی همچون روش‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی (روش‌های هوازی و بی‌هوازی) برای تصفیه انواع فاضلاب استفاده می‌شود. در این بین فرآیندهای تصفیه زیستی به دلیل هزینه کم و کارایی آن‌ها در تصفیه فاضلاب بسیار مورد استفاده قرار گرفته است [۳۲]. فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی با توجه به وضعیت رشد میکروارگانیسم‌ها به رشد چسبیده و رشد معلق طبقه‌بندی می‌شوند [۳۳]. فرآیند رشد چسبیده، که به عنوان فرآیند بیوفیلم نیز شناخته می‌شود، برای تصفیه فاضلاب مهم است و در مناطق متعددی مانند تصفیه آب زیرزمینی و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری و صنایع اعمال می‌شود [۳۴]. در حال حاضر، فرآیند RBC یک فرآیند مهم بیوفیلم در تاسیسات تصفیه موجود برای تصفیه فاضلاب شهری و صنعتی با مقاومت متوسط مواد آلی (۶۰۰–۲۰۰۰ mg/L) است [۳۵]. لذا در تحقیق حاضر راکتور RBC برای تصفیه فاضلاب خانگی طراحی شده و مورد استفاده قرار گرفته است.

نتایج تحقیق امکان تصفیه بیولوژیکی فاضلاب خانگی توسط سیستم دیسک‌های زیستی چرخان را تایید می‌کند. بهترین حذف بیولوژیکی فاضلاب خانگی در میزان COD ورودی ۱۲۵۰ mg/l.d پس از زمان ماند ۲۴ ساعت و سرعت چرخش ۱۰ دور در دقیقه ۹۲ درصد به دست آمد. در طی تحقیق روند تغییرات pH در محدوده مناسب ۷ تا ۹ بوده و تغییرات دمایی در محدوده دمایی مزوفیلیک و سایکروفیلیک قرار داشته است.

نکته شایان ذکر بالا بودن راندمان حذف COD و تفاوت نسبت به تحقیقات دیگر در بهره بردن از سیستم معمول دیسک‌های زیستی چرخان، استفاده از مخزن ۲۰ لیتری به صورت کاملا بی‌هوازی در ابتدا سیستم بوده است. این مخزن علاوه بر بالا بردن راندمان حذف به منظور یکنواخت سازی جریان و حذف ذرات معلق نیز در نظر گرفته شده که نتایج مطلوبی را در پی داشته و علاوه بر تمام موارد ذکر شده باعث کاهش بو تولید شده توسط سیستم نیز شده است.

۵- فهرست علائم

BOD	میزان اکسیژن خواهی بیوشیمیایی
COD	میزان اکسیژن خواهی شیمیایی
pH	کمیت تعیین اسیدی یا بازی بودن مواد
mg/l.d	میلی‌گرم بر لیتر. روز
mg/l	میلی‌گرم بر لیتر

منابع

[1] A.H. Javid, A.H. Hasani, S. Gahvarband, Evaluation of quality and quantity of food industry wastewater and its effect on the performance of wastewater treatment system, Environmental Science and Technology, 17(1) (2015) 47-38.

[2] R. Ardakanian, Overview of water management in Iran. In Water Conservation, Reuse, and Recycling, Proceeding of an Iranian American Workshop, (2015) 153-172.

[3] s. rahmani, e. alamatian, Management of wastewater and its application in combating the effects of drought, 1 ed., Green Ryan Gostar, tehran, 2017.

[4] W. Perera, N. Bandara, M. Jayaweera, Treatment of Landfill Leachate using Sequencing Batch Reactor, Tropical Forestry and Environ, 4 (2104) 82-90.

[5] A. AghayiTelikani, M. Nosrati, The role of biofilm in rotating biological disks for wastewater treatment, in: National Conference on Science and Technology, 2016.

[6] P. Mathure, A.W. Patwardhan, Comparision of mass transfer effeciensy in horizontal rotating beds and rotating biological contactors, j.Chem Technol biotechnical, 80 (2015) 413-419.

[7] E. Sahinkaya, Biodegradation of 4-CP and 2, 4-DCP Mixture in a Rotating Biological Contactor, Biochemical Engineering journal, 31 (2016) 141-147.

[8] R.C. Brenner, J.A. Heidam, E.J. Opateker, Design Information on rotating Biological Contactors, Municipal environmental Research Laboratory, Cincinnati, 1985.

[9] J.R. Grady, G.T. Diagger, H.C. Lim, Rotating biological contactor Mareel dekker, new York, 2011.

[10] S.H. MousaviAliani, B. Ayati, H. GanjiDoost, Study of the efficiency of rotating biological disk systems in the removal of aniline, Journal of Water and Wastewater, 4 (2015).

[11] D. Kulikowska, T. Jozwiak, P. Kowal, S. Ciesielski, Municipal landfill leachate nitrification in RBC biofilm - Process efficiency and molecular analysis of microbial structure, Bioresource Technology, 101(10) (2014) 3400-3405.

Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 353(15) (2018) 263-270.

[21] M. Jafarzadeh, N. Mehrdadi, S.J.A. Hashemian, A.A. Azimi, Launching a hybrid anaerobic reactor (filter / UASB) for wastewater treatment in the petrochemical industry, Ecology 39 (2016) 58-49.

[22] P. Boonsawang, S. Laeh, N. Intrasungkha, Enhancement of sludge granulation in anaerobic treatment of concentrated latex wastewater, Songklanakarin J. Sci. Technol, 30 (2018) 111-119.

[23] APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, in, Am Pub Health Associat, Washington, 2005.

[24] M. Rezaei, Medical Equipment Office, Fars University of Medical Sciences and Health Services,
, 2017.

[25] P.A. Kadu, A.A. Badge, Y.R.M. Rao, Treatment of Municipal Wastewater by using Rotating Biological Contractors (Rbc's), American Journal of Engineering Research (AJER), 2(4) (2017) 127-132.

[26] R.J. Su, Study on treatment of canteen wastewater using rotatingbiologicalcontactor, AdvancedMaterialsResearch, 113(116) (2014) 1597-1600.

[27] S. Murugesan, Performance study on Rotating Biological Contactor, (2017).

[28] S. Tyrrel, T. Stephenson, E. Cartmell, B. Jefferson, Rotating biological contactors for wastewater treatment - a review, Francis Hassard, Jeremy Biddle, Safety and Environmental Protection, 94 (2015) 285-306.

[29] T. Yun-lu, L.D.-f. L, M. Xian-rong, Y. Jie, W. Jin, L. Yu-xing, L. Ke-xun, J. Lander, Performance of a modified RBC system in simulated municipal wastewater treatment, Water Sci Technol, (2012).

[30] A. Akhbari, A.A.L. Zinatizadeh, P. Mohammadi, M. Irandoust, Y. Mansouri, Process modeling and analysis of biological nutrients removal in an integrated RBC-AS system using response surface methodology, Chemical Engineering Journal 168 (2017).

[12] S.H. MirKhalili, S.H.M. Sooh, Treatment of wastewater contaminated with petroleum products using a rotating biological contact system (RBC reactor), in: the second national conference on health, environment and sustainable development, 2016.

[13] T. Yun-lu, L. Dong-fang, M. Xian-rong, Y. Jie, W. Jin, L. Yu-xing, L. Ke-xun, J. Lander, Performance of a modified RBC system in simulated municipal wastewater treatment, Water Sci Technol, 66(9) (2018).

[14] K. Malachova, Z. Rybkova, H. Sezimova, J. Cerven, C. Novotnya, Biodegradation and detoxification potential of rotating biological contactor (RBC) with Irpex lacteus for remediation of dye-containing wastewater, Water Research, 47(19) (2015) 7143-7148.

[15] A.F. Duque, V.S. Bessa, P.M.I. Castro, Bacterial community dynamics in a rotating biological contactor treating 2-fluorophenol-containing wastewater, Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 41(1) (2016) 97-104.

[16] B. Mehravaran, H. Ansari, Study on increasing the environmental efficiency of the sanitary wastewater treatment biodisk system for irrigation (Case study of Khayyam power plant), in: National Congress of Irrigation and Drainage of Iran, 2016.

[17] R. Su, G. Zhang, P. Wang, S. Li, R.M. Ravenelle, J.C. Crittenden, Treatment of Antibiotic Pharmaceutical Wastewater Using a Rotating Biological Contactor, Journal of Chemistry, 8 (2016).

[18] R. Karimi, R. AsghariFard, M. KhalesiDoust, Study of the performance of the rotating biological disk system (RBC) in wastewater treatment of fixed and field hospitals, in: 4th National Conference on Defense Science and Engineering in the IRGC, 2015.

[19] J. Li, X. Lu, Performance and Microbial Diversity in a Low-Energy ANF-WDSRBC System for the Post-Treatment of Decentralized Domestic Wastewater, Water Research, 9(330) (2017).

[20] S. Talwar, V. Kumar, S. AnoopVerma, Feasibility of using combined TiO2 photocatalysis and RBC process for the treatment of real pharmaceutical wastewater, Journal of

[31] S.H. MousaviAliani, B. Ayati, H. Ganjidoust, Study of RBC Efficiency in Aniline Removal by Increasing Contactor Specific Surface, water and wastewater, (2012).

[32] C. Sirtori, A. Zapata, I. Oller, W. Gernjak, A. Aguera, S. Malato, Decontamination industrial pharmaceutical wastewater by combining solarphoto-Fentonand biological treatment, Water Research, 43(3) (2013) 661-668.

[33] H. Shi, H.J. Zheng, D.H. Zhao, Z.I. Wu, Treatment of nisin production wastewater by biochemical method, Chinese JournalofEnvironmentEngineering, 2(10) (2018) 1369-1372.

[34] G. Najafpour, H.A. Yieng, H. Younesi, A. Zinatizadeh, Effect ofor ganicloading on performance ofrotating biological contac torsusing Palm Oil Mille ffluents, ProcessBiochemistry, 40(8) (2015) 2879-2884.

[35] N. Vidal, R. Banares, I. Alcantara, R. Rodrıguez, M. Poch, Design of wastewater treatment plants using a conceptualdesignmethodology, Industrialand Engineering Chemistry Research, 41(20) (2012) 4993-5005.

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

M. H. Rabee Gasak, M. R. Doosti , M. J. Zoqi , Evaluation of the efficiency of rotating bio-disk system in domestic wastewater treatment, Amirkabir J. Civil Eng., 54(3) (2022) 1165-1174.

DOI: 10.22060/ceej.2021.19294.7128