



ORIGINAL ARTICLE

Received: 2021/09/22

Accepted: 2021/12/25

Investigation of the Bacterial Bioaerosols in the Air of the Wastewater Treatment Plant of Jahanabad Industrial Town of Meybod

Mohammad Salaree (M.Sc.)¹, Mohammad Hasan Ehrampoush (Ph.D.)², Fahimeh Teimouri (Ph.D.)³, Maryam Sadeh (Ph.D.)⁴, Farzan Madadizadeh (Ph.D.)⁵, Gilda Eslami (Ph.D.)⁶, Zahra Sotanianzadeh (Ph.D.)⁷, Ali Asghar Ebrahimi (Ph.D.)⁸

1.M.Sc. Student of Environmental Health Engineering, School of public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

2.Professor, Environmental Science and Technology Research Center, School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

3.Assistant Professor, Environmental Science and Technology Research Center, School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

4.Assistant Professor, Department of laboratory sciences, School of Paramedics, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

5.Assistant Professor, Departments of biostatistics and Epidemiology, School of public health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

6.Associate Professor, Research Center for Food Hygiene and Safety ,School of Public Health ,Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

7.M.Sc. Environmental Science and Technology Research Center, School of Public Health, Shahid Sadoughi Universityof Medical Sciences, Yazd, Iran.

8.Correcting Author:Associate Professor, Environmental Science and Technology Research Center, School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

Email: ebrahimi20007[at]ssu.ac.ir

Tel:09132679641

Abstract

Introduction: In recent decades, with the emergence of new industrial activities and an increase in waste production, industries require the existence of treatment equipment and sanitation. The equipment sometimes spreads infectious microorganisms into the air. These industries include waste recycling industries and wastewater treatment plants. Bioaerosols are produced at different stages of the wastewater treatment process, especially in processes, such as mobile mechanisms and aeration. This study aimed to investigate the bacterial bioaerosols in the air of the wastewater treatment plant in Jahanabad industrial town of Meybod.

Methods: In this study, air sampling was performed from different units of the treatment plant and indoor air. The plates were placed in an incubator for 24-48 hours at a temperature of 35-37 °C. Then the number of bacterial colonies grown on the culture media was counted and recorded as CFU/m³.

Results: The results showed that the mean population of bacterial aerosols was higher in summer than in spring. Moreover, the highest bacterial population was observed in spring in indoor air with mean value of 187.58 ± 13.41 CFU/m³ and in summer in an equalization unit with mean value of 202.89 ± 12.11 CFU/m³.

Conclusion: The study indicated that the number of bacterial bioaerosols increases in warm seasons. Also, the equalization unit has a high ability to produce bacterial bioaerosols. Moreover, increasing the distance from the source of contamination causes a significant reduction in the number of bacterial bioaerosols.

Keywords: Bioaerosol, Industrial Wastewater, Bacteria, Active Sampling

Conflict of interest: The authors declared that there is no Conflict interest



This Paper Should be Cited as:

Author: Mohammad Salaree, Mohammad Hasan Ehrampoush, Fahimeh Teimouri, Maryam Sadeh, Farzan Madadizadeh, Gilda Eslami, Zahra Sotanianzadeh, Ali Asghar Ebrahimi . Investigation of the Bacterial Bioaerosols in the Air of WastewaterTolooebehdasht Journal.2022;20(6):15-32.[Persian]



بررسی جمعیت بیوآئرولوگی موجود در هوای تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک

صنعتی جهان‌آباد میبد

نویسنده‌گان: محمد سالاری^۱، محمد حسن احرامپوش^۲، فیلمه تیموری^۳، مریم ساده^۴، فرزان مددی زاده^۵،

گیلدا اسلامی^۶، زهرا سلطانیان زاده^۷، علی اصغر ابراهیمی^۸

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی، یزد، ایران.

۲. استاد مرکز تحقیقات علوم و فناوری‌های محیط زیست، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی، یزد، ایران.

۳. استادیار مرکز تحقیقات علوم و فناوری‌های محیط زیست، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی، یزد، ایران.

۴. استادیار باکتری‌شناسی، گروه علوم آزمایشگاهی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی، یزد، ایران.

۵. استادیار گروه آمارزیستی و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی، یزد، ایران.

۶. دانشیار مرکز تحقیقات سلامت و اینمنی غذا، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، ایران.

۷. کارشناس ارشد محیط زیست، مرکز تحقیقات علوم و فناوری‌های محیط زیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، ایران.

۸. نویسنده مسئول: دانشیار مرکز تحقیقات علوم و فناوری‌های محیط زیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی، یزد، ایران. تلفن تماس: ۰۹۱۳۲۶۷۹۶۴۱ Email: ebrahimi20007[at]ssu.ac.ir

طلوغ بهداشت

دو ماهنامه علمی پژوهشی

دانشکده بهداشت یزد

سال بیستم

شماره ششم

بهمن و اسفند ۱۴۰۰

شماره مسلسل: ۹۰

تاریخ وصول: ۱۴۰۰/۰۶/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۰۴

چکیده
مقدمه: در دهه‌های اخیر با وجود آمدن فعالیت‌های صنعتی جدید و افزایش تولید مواد زائد، این صنایع نیازمند وجود تجهیزات تصفیه و دفع بهداشتی می‌باشد. این تجهیزات بعضاً سبب انتشار میکرووارگانیسم‌های بیماری‌زا به هوا می‌شوند. صنایع بازیافت مواد زائد و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب از آن جمله هستند. بیوآئرولوگی مجموعه‌ای از فرایند تصفیه فاضلاب به‌ویژه در فرآیندهایی که شامل مکانیزم‌های متحرک و هوادهی می‌باشد، تولید می‌شوند. هدف از انجام این پژوهش، بررسی بیوآئرولوگی موجود در هوای تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک صنعتی جهان‌آباد میبد بوده است.

روش بررسی: در این مطالعه از هوای واحدهای مختلف تصفیه‌خانه و نیز از هوای داخل ساختمان نمونه برداری انجام گردید. پس از نمونه برداری، پلیت‌های حاوی نمونه به مدت ۴۸ - ۲۴ ساعت داخل انکوباتور و در دمای ۳۵ تا ۳۷ درجه سانتی گراد قرار داده شد. سپس تعداد کلنی‌های باکتری‌ای رشد کرده بر روی محیط‌های کشت شمارش و به صورت واحد CFU/m^3 ثبت شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که میانگین جمعیت آئرولوگی باکتری‌ای در فصل تابستان بیشتر از فصل بهار بود. هم چنین بیشترین جمعیت باکتری‌ها در فصل بهار در هوای داخل ساختمان با میانگین $187/58 \pm 13/41 \text{ CFU}/\text{m}^3$ و در فصل تابستان در واحد معادل ساز با میانگین $202/89 \pm 12/11 \text{ CFU}/\text{m}^3$ مشاهده شد.

نتیجه گیری: یافته‌های حاصل از این مطالعه نشان داد که تعداد بیوآئرولوگی باکتری‌ای در فصول گرم افزایش یافته است. همچنین واحد معادل ساز دارای توانایی بالایی در تولید و انتشار بیوآئرولوگی باکتری‌ای می‌باشد. همچنین افزایش فاصله از منبع آلودگی، سبب کاهش چشم گیر در تعداد بیوآئرولوگی باکتری‌ای شده است.

واژه‌های کلیدی: بیوآئرولوگی، فاضلاب صنعتی، باکتری، نمونه برداری فعال.

این مقاله حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد می‌باشد.

سال بیستم، شماره ششم، بهمن و اسفند

دو ماهنامه علمی پژوهشی طلوغ بهداشت یزد



مقدمه

قارچ ها و پروتوزوا ها است(۵). فلذًا تصفیه خانه های فاضلاب

می توانند به روش های مختلف بر سلامت محیط تأثیر بگذارند. این تأثیرات بسته به اندازه هی تصفیه خانه فاضلاب، فناوری و روش های تصفیه، بستگی دارد(۸).

بیوآثروسیل ها در مراحل مختلف فرایند تصفیه فاضلاب به ویژه در فرآیندهایی که شامل مکانیزم های متحرک و هواده هی فاضلاب انجام می شود، تولید می شوند(۹، ۱۰). فوران حباب های تولید شده توسط هواده هی و همزن مکانیکی فاضلاب می تواند باعث تولید ذرات بیوآثروسیل شده و باعث ورود باکتری ها و قارچ ها به هوا شود(۱۱). میکرووار گانیسم های با قطر کمتر از ۴/۷ میکرومتر که در حین تصفیه به هوا منتقل می شوند، به دلیل اندازه کوچک، به راحتی وارد ریه شده که باعث ایجاد عفونت در افراد دارای نقص ایمنی می شود(۵، ۲). هم چنین این ذرات به دلیل آن که می تواند توسط باد صدها کیلومتر را در هوا طی کنند، علاوه بر کارگران تصفیه خانه، برای ساکنین محلی هم خطر آفرین هستند(۲).

تحقیقات نشان داده است که در معرض قرار گرفتن با بیوآثروسیل ها از طریق استنشاق^۵ برابر بیشتر از تماس پوستی است(۱۲). خطر بالقوه ناشی از بیوآثروسیل ها به بیماری زایی میکرووار گانیسم های خاص، عوامل محیطی، میزان و نوع قرار گرفتن در معرض و پاسخ ایمونولوژیک افراد مربوط می شود(۱۳). زنده ماندن میکرووار گانیسم های موجود در جو به چندین عامل محیطی مانند اشعه ماوراء بنفسن، دما، رطوبت، فشار و نوع میکرووار گانیسم ها بستگی دارد(۸). مطالعات صورت گرفته در زمینه اندازه گیری میزان انتشار بیوآثروسیل ها از فرآیندهای تصفیه فاضلاب، نشان می دهد که تصفیه خانه های

آلودگی های محیط ریست را می توان به دللت دارای اهمیت دانست، اول به علت پخش آلاینده در طبیعت و مراکز شهری و دوم به علت آلوده شدن خود مراکز تولید کننده آلودگی که می تواند برای کارکنان مراکز و محیط اطراف آن مرکز اثر منفی داشته باشد(۱). در دهه های اخیر با افزایش رشد جمعیت و با به وجود آمدن فعالیت های صنعتی جدید، تولید مواد زائد افزایش یافته است که نیازمند وجود امکانات و تجهیزات تصفیه و دفع بهداشتی می باشد. این تجهیزات بعضاً سبب انتشار میکرووار گانیسم های عفونی به هوا می شوند. صنایع بازیافت مواد زائد، تهیه کمپوست و همچنین تصفیه خانه های فاضلاب، از آن جمله هستند(۱، ۲).

بیوآثروسیل ها ذرات بیولوژیکی پراکنده در هوا هستند که شامل باکتری ها، ویروس ها، قارچ ها، کپک ها، اندوتوكسین باکتریایی، سوم قارچی، گرده و فیرهای گیاهی می باشند که اثرات قابل توجهی بر روی سلامتی دارند(۱). تماس با بیوآثروسیل ها شامل اثرات بهداشتی و سیعی می شود. قرار گرفتن در معرض آن ها سبب ایجاد بیماری های پوستی، آلرژی حاد، اثرات سمی در بدن، سرطان، خستگی، سردرد، علائم تنفسی، گوارشی، خطر ابتلا به سرطان معده، پروستات، حنجره، کبد، خون و همچنین عوارض عصبی می شود(۳-۵، ۱) سندروم کارکنان تصفیه خانه فاضلاب، از دیگر بیماری های مرتبط است که علائمی چون ضعف، کسالت، تب، التهاب مخاط بینی و بیماری های دستگاه گوارشی را شامل می شود(۶، ۷).

فاضلاب شهری که به یک تصفیه خانه هی فاضلاب می رسد، حاوی عوامل بیماری زایی بسیاری از جمله ویروس ها، باکتری ها،



تصفیه خانه‌های فاضلاب که روزانه افراد متعددی در آنجا فعالیت می‌کنند، به ویژه تصفیه خانه‌های شهرک‌های صنعتی، اطلاعات کمی وجود دارد، بنابراین مطالعه در زمینه اندازه‌گیری و شناسایی باکتری‌های هوابرد در این تصفیه خانه‌ها ضروری به نظر می‌رسد. از طرفی آگاهی از میزان تراکم بیوآئروسل‌ها در هوای واحدهای مختلف تصفیه خانه فاضلاب، لازمه انجام اقدامات کنترلی به منظور حفاظت و سلامت کارکنان در این واحدهای است؛ بنابراین این پژوهش باهدف اندازه‌گیری بیوآئروسل‌های موجود در هوای تصفیه خانه فاضلاب شهرک صنعتی جهان‌آباد می‌باشد.

روش بررسی

این مطالعه از نوع توصیفی بوده که در تصفیه خانه فاضلاب شهرک صنعتی جهان‌آباد می‌باشد و در مقطع زمانی ۶ ماه (دو فصل بهار و تابستان) در سال ۹۹ انجام گرفت. شهرک صنعتی جهان‌آباد می‌باشد واقع در ۳۰ کیلومتری یزد (۵۴ درجه و ۴۵ ثانیه طول جغرافیایی (۵۴/۰۰، ۴۵) و ۳۲ درجه و ۱۴ دقیقه و ۴۵ ثانیه عرض جغرافیایی (۳۲/۱۴، ۴۵) و ارتفاع آن از سطح دریا به طور متوسط ۱۲۳۴ متر می‌باشد)، با دارا بودن ۴۵ هکتار محدوده مشخص در سال ۱۳۷۰ تأسیس شده است.

در این شهرک ۱۹۰ واحد صنعتی اعم از صنایع غذایی، نساجی، سلولزی، برق و الکتریک، فلزی، پتروشیمی و کاشی و سرامیک، فعالیت دارند. سرانهی تولید فاضلاب این شهرک، ۱۳۳۲ مترمکعب در روز است. از واحدهای مختلف تصفیه خانه‌ی فاضلاب این شهرک می‌توان ایستگاه پمپاژ، متعدد ساز، بی‌هوایی، هوایی، تهشینی، کلرزنی و فیلتراسیون را نام برد.

فاضلاب، بسته به عواملی نظیر نوع و اندازه تصفیه خانه، زمان اندازه‌گیری و نوع سیستم هوادهی، مقادیر بسیار متفاوتی از بیوآئروسل‌ها را تولید می‌کنند (۱۴).

از جمله این مطالعات می‌توان به مطالعه Kowalski و همکاران، در سال ۲۰۱۷ بر روی باکتری‌ها و قارچ‌های هوابرد جمع آوری شده در تصفیه خانه‌های مختلف فاضلاب لهستان اشاره کرد که در آن سطح غلظت باکتری‌ها و قارچ‌های هوابرد در تمام نقاط تصفیه خانه بین 10^2 تا 10^3 بود (۱۵).

هم چنین نتایج مطالعه‌ی Wenjie و همکاران نشان داد که بیشترین غلظت باکتری‌های هوای 4155 ± 550 CFU/m³ در تابستان و پاییز ترین غلظت باکتری‌ها 434 ± 1458 CFU/m³ در زمستان بوده است (۱۶). برخی دیگر از مطالعات از جمله مطالعه‌ی Grisoli و همکاران (۱۶)، Wenjie و همکاران (۱۷) نیز مؤید این مطلب بودند که فصل به طور کلی بر غلظت باکتری‌ها تأثیر می‌گذارد و در تابستان بیشتر از زمستان است. طبق یافته‌های مطالعه Pascual و همکاران، پیش تصفیه و تهشینی اولیه مراحلی با بیشترین میزان انتشار بیوآئروسل‌ها هستند (۱۰). هم چنین نتیجه مطالعه Karra و همکاران نشان داد که کاهش زیادی در میزان میکروارگانیسم‌های هوابرد از تصفیه‌ی اولیه به سمت تصفیه‌ی پیشرفته دیده می‌شود (۱۸). طبق یافته‌های Stellacci و همکاران می‌توان گفت که در بدترین حالت آب و هوایی، فاصله ۳۰۰ متری برای اینمی از خطرات ناشی از وجود بیوآئروسل‌های حاصل از تصفیه خانه فاضلاب برای مردم منطقه کافی است (۱۹). تاکنون مطالعات متعددی در مورد اندازه‌گیری جمعیت بیوآئروسل‌ها در هوای بیمارستان‌ها، خانه‌های مسکونی و... صورت گرفته است اما در مورد



در هر بار نمونه‌برداری لازم بود شرایط استریل برای نمونه‌ها مهیا گردد، از این رو پیش از آنکه محیط کشت در داخل نمونه‌بردار قرار گیرد، محفظه با استفاده از الکل اتانول ۷۰ درصد ضدغونی و خشک شد تا هر گونه آلودگی اولیه زدوده شود (۲۰، ۲۱). بعد از انجام نمونه‌برداری، برای جلوگیری از آلودگی ثانویه و ایجاد خطای، درب پلیت‌ها با پارافیلم بسته شدند و درون کیسه پلاستیکی غیرقابل نفوذ زیپ‌دار قرار داده و با Cold box به آزمایشگاه انتقال داده شدند (۲۱). سپس نمونه‌ها درون انکوباتور با دمای $\pm 0/5$ به مدت ۳۷ ساعت قرار گرفتند (۲۲).

تعداد کلی‌های باکتریایی رشد کرده بر روی محیط‌های کشت شمارش و به صورت واحد CFU/m^3 انجام شد (۲۰).

درنهایت داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و Excel تجزیه و تحلیل شدند. با استفاده از آنالیز‌های آماری T-test مستقل، تحلیل واریانس ولچ و آزمون بون فرونی در نرم‌افزار SPSS درستی فرضیه‌ها تجزیه و تحلیل گردید و با استفاده از نرم‌افزار Excel بر روی داده‌های حاصل از نتایج آزمایشگاهی، محاسبات لازم انجام شد.

یافته‌ها

در جدول ۱ و نمودار ۱، میانگین جمعیت بیوآئرولهای باکتریایی نشان داده شده است. نتایج مندرج در جدول، نشان داد که در فصول بهار و تابستان میانگین تعداد باکتری‌ها بر حسب CFU/m^3 در نقاط مختلف نمونه‌برداری یکسان بود (۰/۰۰۱ < P < ۰/۰۱).

همان‌طور که در جدول نشان داده شده است، نتایج آزمون تحلیل واریانس ولچ نشان داد که بیشترین غلظت باکتری‌ها در

در این پژوهش نمونه‌ها از سه واحد ایستگاه پمپاژ، حوضچه هوایی و فیلتراسیون و در ارتفاع حدود ۱/۵ متری و به فاصله‌ی ۱ متر از دیوارها برداشت شدند. همچنین از فاصله‌ی ۱۰۰ متری پایین‌دست و ۱۰۰ متری بالا در تصفیه‌خانه و نیز از هوای داخل ساختمان نمونه‌برداری انجام گردید (۱، ۲).

نمونه‌برداری بیوآئرولهای باکتریایی بر اساس روش موسسه ایمنی و بهداشت حرفه‌ای آمریکا (NIOSH) طبق استاندارد NIOSH-0800 (NIOSH) و نیز توصیه‌های سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا (EPA) در سال ۲۰۱۳ انجام شد و با استفاده از پمپ نمونه‌برداری ABC (مدل AS26) و ایمکتور تک مرحله‌ای SKS Biostage (مدل SKS) ساخت کشور آمریکا) با دبی $28/3 L/min$ و مدت زمان یک ربع، ماهی دو بار و با استفاده از پلیت‌های ۹ سانتی‌متری انجام گرفت.

جهت انتقال پلیت‌ها به محل نمونه‌برداری، آن‌ها به صورت وارونه در داخل جعبه مخصوص حمل و نقل (که حاوی یخ خشک بودند) قرار گرفتند. به منظور بررسی شرایط استریل در هنگام حمل و نقل نمونه‌ها تعداد دو پلیت نیز در داخل جعبه محل نمونه قرار گرفت (۴). محیط کشت انتقالی مورد استفاده برای نمونه‌های باکتریایی تریپتیک سوی آگار (TSA) شرکت آیرسکو-ایران بوده است. برای جلوگیری از رشد قارچ‌ها در محیط کشت تریپتیک سوی آگار، از آنتی‌بیوتیک نیستاتین (۰/۵ میکرو گرم در لیتر) (شرکت جابر ابن حیان-ایران) استفاده شد (۱). به منظور بالا بردن میزان دقیق در انجام کار، از هر نقطه، نمونه‌برداری به صورت دو تایی انجام شد. پمپ نمونه‌برداری قبل از هر مرحله نمونه‌برداری توسط روتامتر کالیبره شد.



میزان آلودگی در اکثر واحدهای مختلف تصفیهخانه وجود داشت ($P < 0.05$).

طبق نتایج، بیشترین اختلاف بین میانگین تعداد بیوآئروسل‌های باکتریایی در فصل بهار، به ترتیب بین نقاط بالادست و هوای داخل ساختمان ($152 \text{ CFU}/\text{m}^3$)، فیلتراسیون و هوای داخل ساختمان ($135 \text{ CFU}/\text{m}^3$)، پایین دست و هوای داخل ساختمان ($123 \text{ CFU}/\text{m}^3$)، متعدد ساز و بالا دست ($116 \text{ CFU}/\text{m}^3$) و هوادهی و داخل ساختمان اداری ($113 \text{ CFU}/\text{m}^3$) مشاهده شد. هم چنین بین واحد متعدد ساز و دیگر نقاط نمونه برداری، بیشترین اختلاف، به ترتیب زیر مشاهده شد.

فصل بهار در هوای داخل ساختمان با میانگین $3 \text{ CFU}/\text{m}^3$

$187/58 \pm 13/41$ و در فصل تابستان در واحد متعدد ساز با میانگین $11/12 \pm 89/202 \text{ CFU}/\text{m}^3$ مشاهده شد.

همچنین نتایج نشان داد که کمترین دانسیته باکتری‌ها مربوط به 100 m قبل از اولین واحد در بهار ($34/74 \pm 7/17 \text{ CFU}/\text{m}^3$) و 100 m بعد از آخرین واحد در تابستان ($9/72 \pm 2/41 \text{ CFU}/\text{m}^3$) بود.

نتایج حاصل از آزمون بون فرونی (جداول ۲ و ۳) نشان داد که غلظت بیوآئروسل‌ها در واحدهای مختلف فرآیندی و عملیاتی تصفیهخانه از نظر آلودگی یکسان نبوده و اختلاف معنی‌داری بین

جدول ۱: میانگین جمعیت بیوآئروسل‌های باکتریایی در واحدهای مختلف / فصول بهار و تابستان

فصل	محل نمونه برداری	میانگین جمعیت باکتری‌ها بر حسب CFU/m^3	انحراف معیار	سطح معنی‌داری
بهار	متعدد ساز	151/07	17/82	
	هوادهی	74/51	15/49	
	فیلتراسیون	52/41	13/01	
	100 متر بالادست تصفیهخانه	34/74	7/17	
	100 متر پایین دست تصفیهخانه	63/91	20/03	$p < 0.001$
	داخل ساختمان اداری	187/58	13/41	
	جمع	94/40	11/58	
	متعدد ساز	202/89	12/11	
	هوادهی	146/94	12/82	
	فیلتراسیون	57/71	10/26	
تابستان	100 متر بالادست تصفیهخانه	39/76	6/96	
	100 متر پایین دست تصفیهخانه	9/72	2/41	
	داخل ساختمان اداری	118/37	10/35	
	جمع	95/90	10/42	



جدول ۲: اختلاف میانگین غلظت بیوآثروسل ها بین واحدهای مختلف تصفیه خانه در فضول بهار

فصل	محل نمونه برداری (A)	محل نمونه برداری (B)	میانگین اختلاف جمعیت A-B (CFU/m ³) (بر حسب سطح معنی داری)
بهار	متعادل ساز	هوادهی	۷۶/۵۶
	فیلتر اسیون	۹۸/۶۳	۰/۰۳۴
	۱۰۰	۱۱۶/۳۰	۰/۰۰۶
	۱۰۰	۸۷/۱۶	۰/۰۹۵
	داخل ساختمان	-۳۶/۵۱	۱/۰۰۰
	متعادل ساز	-۷۶/۵۶	۰/۲۳۱
	فیلتر اسیون	۲۲/۰۷	۱/۰۰۰
	۱۰۰	۳۹/۷۴	۱/۰۰۰
	۱۰۰	۱۰/۶۰	۱/۰۰۰
	داخل ساختمان	-۱۱۳/۰۷	۰/۰۰۹
	متعادل ساز	-۹۸/۶۳	۰/۰۳۴
	هوادهی	-۲۲/۰۷	۱/۰۰۰
	۱۰۰	۱۷/۶۷	۱/۰۰۰
	۱۰۰	-۱۱/۴۷	۱/۰۰۰
	داخل ساختمان	-۱۳۵/۱۵	۰/۰۰۱
۱۰۰	متعادل ساز	-۱۱۶/۳۰	۰/۰۰۶
	هوادهی	-۳۹/۷۴	۱/۰۰۰
	فیلتر اسیون	-۱۷/۶۷	۱/۰۰۰
	۱۰۰	-۲۹/۱۴	۱/۰۰۰
	داخل ساختمان	-۱۵۲/۸۲	<۰/۰۰۱
۱۰۰	متعادل ساز	-۸۷/۱۶	۰/۰۹۵
	هوادهی	-۱۰/۶۰	۱/۰۰۰
	فیلتر اسیون	۱۱/۴۷	۱/۰۰۰
	۱۰۰	۲۹/۱۴	۱/۰۰۰
	داخل ساختمان	-۱۲۳/۶۷	۰/۰۰۳
	متعادل ساز	۳۶/۵۱	۱/۰۰۰
	هوادهی	۱۱۳/۰۷	۰/۰۰۹
	فیلتر اسیون	۱۳۵/۱۵	۰/۰۰۱
۱۰۰	۱۰۰	۱۵۲/۸۲	<۰/۰۰۱
۱۰۰	۱۰۰	۱۲۳/۶۷	۰/۰۰۳



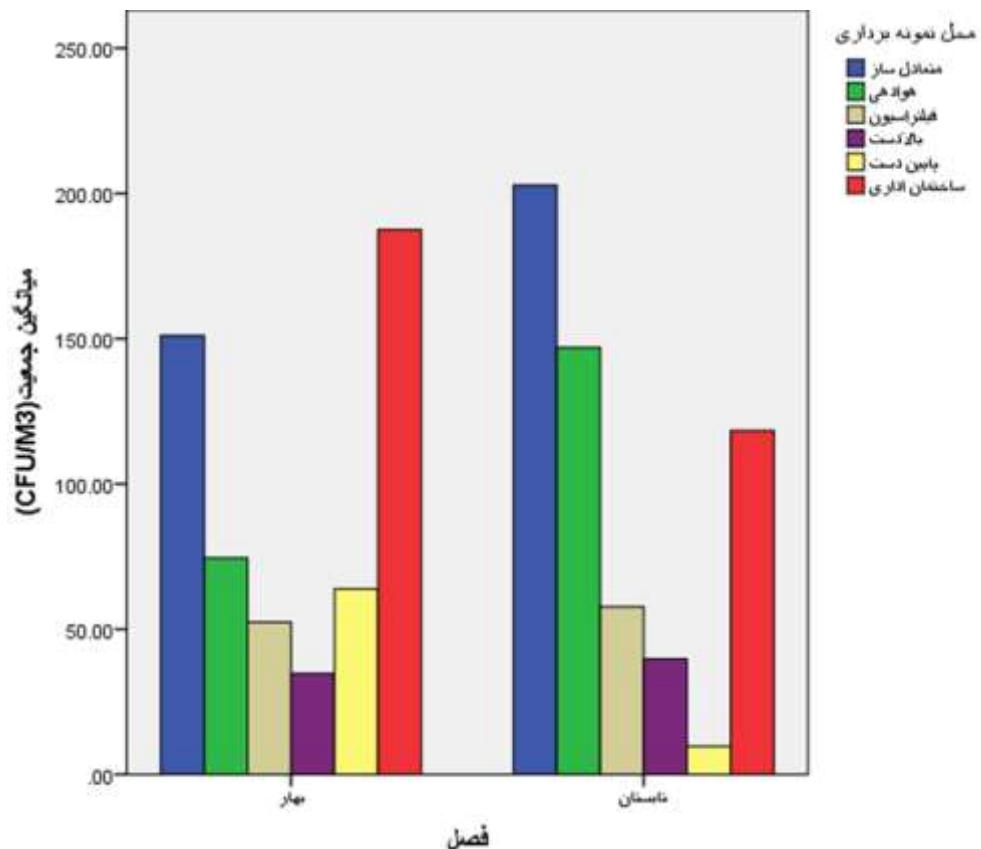
جدول ۳: اختلاف میانگین غلظت بیوآتروسل ها بین واحدهای مختلف تصفیهخانه در فصل تابستان

فصل	نمونه برداری (A)	محل	متداول ساز	تابستان
	محل نمونه برداری (B)	میانگین اختلاف جمعیت A-B	(CFU/m ³) بر حسب	سطح معنی داری
۰/۰۰۳	۵۵/۹۵	هوادهی		
<۰/۰۰۱	۱۴۵/۱۶	فیلتراسیون		
<۰/۰۰۱	۱۶۳/۱۳	۱۰۰ متر بالا دست		
<۰/۰۰۱	۱۹۳/۱۷	۱۰۰ متر پایین دست		
<۰/۰۰۱	۸۴/۵۰	داخل ساختمان		
۰/۰۰۳	-۵۵/۹۵	هوادهی	متداول ساز	
<۰/۰۰۱	۸۹/۲۱	فیلتراسیون		
<۰/۰۰۱	۱۰۷/۱۸	۱۰۰ متر بالا دست		
<۰/۰۰۱	۱۳۷/۲۲	۱۰۰ متر پایین دست		
۰/۶۸۷	۲۸/۵۵	داخل ساختمان		
<۰/۰۰۱	-۱۴۵/۱۶	فیلتراسیون	متداول ساز	
<۰/۰۰۱	-۸۹/۲۱	هوادهی		
۱/۰۰۰	۱۷/۹۵	۱۰۰ متر بالا دست		
۰/۰۱۹	۴۷/۹۹	۱۰۰ متر پایین دست		
۰/۰۰۱	-۶۰/۶۶	داخل ساختمان		
<۰/۰۰۱	-۱۶۳/۱۳	۱۰۰ متر بالا دست	متداول ساز	
<۰/۰۰۱	-۱۰۷/۱۸	هوادهی		
۱/۰۰۰	-۱۷/۹۵	فیلتراسیون		
۰/۵۴۲	۳۰/۰۴	۱۰۰ متر پایین دست		
<۰/۰۰۱	-۷۸/۶۱	داخل ساختمان		
<۰/۰۰۱	-۱۹۳/۱۷	۱۰۰ متر	متداول ساز	
<۰/۰۰۱	-۱۳۷/۲۲	هوادهی	پایین دست	
۰/۰۱۹	-۴۷/۹۹	فیلتراسیون		
۰/۵۴۲	-۳۰/۰۴	۱۰۰ متر بالا دست		
<۰/۰۰۱	-۱۰۸/۶۵	داخل ساختمان		
<۰/۰۰۱	-۸۴/۵۰	متداول ساز	داخل ساختمان	
۰/۶۸۷	-۲۸/۵۵	هوادهی		
۰/۰۰۱	۶۰/۶۶	فیلتراسیون		
<۰/۰۰۱	۷۸/۶۱	۱۰۰ متر بالا دست		
<۰/۰۰۱	۱۰۸/۶۵	۱۰۰ متر پایین دست		



جدول ۴: مقایسه میانگین جمعیت کل بیوآئرولهای باکتریایی در فصول بهار و تابستان

فصل	میانگین جمعیت باکتری‌ها CFU/m ³ بر حسب	سطح معنی‌داری	انحراف معیار	میانگین جمعیت کل بیوآئرولهای باکتریایی در فصول بهار و تابستان
بهار	۹۴/۰۴	۱۱/۵۸	۰/۹۰۵	
تابستان	۹۵/۹۰	۱۰/۴۲		

نمودار ۱: میانگین جمعیت بیوآئرولهای باکتریایی (CFU/m³) در فصول بهار و تابستان در واحد های مختلف

مثال، بین واحد متعادل ساز و دیگر نقاط نمونه برداری، بیشترین اختلاف، به ترتیب زیر مشاهده شد.

پایین دست تصفیه خانه < فیلتراسیون > بالادست تصفیه خانه < فیلتراسیون > داخل ساختمان اداری < واحد هوا دهی > نتایج آزمون T دو نمونه مستقل در جدول ۴ نشان داد که میانگین تعداد آئرولهای باکتریایی در فصل تابستان $95/9 \pm 10/42$ CFU/m³ بود، اما به صورت کلی بین میانگین

بالادست تصفیه خانه < فیلتراسیون > پایین دست تصفیه خانه > واحد هوا دهی > داخل ساختمان اداری

طبق نتایج، بیشترین اختلاف بین میانگین تعداد بیوآئرولهای باکتریایی در فصل تابستان، به ترتیب بین نقاط پایین دست و متعادل ساز (193 CFU/m³)، بالادست و متعادل ساز (145 CFU/m³)، فیلتراسیون و متعادل ساز (162 CFU/m³)، هوا دهی و پایین دست (135 CFU/m³) و پایین دست و داخل ساختمان اداری (113 CFU/m³) مشاهده شد. همچنین به عنوان دو ماهنامه علمی پژوهشی طague بهداشت یزد



بیوآئرولس های تولیدی از تصفیه خانه فاضلاب ۱۰۰۰-۱۰ برابر بیشتر از خود فاضلاب است (۲۶)، لیکن استاندارد مشخصی در رابطه با آلودگی ناشی از بیوآئرولس ها در هوای تصفیه خانه فاضلاب و اطراف آن وجود ندارد (۱)، نتایج حاصل از این پژوهش علاوه بر مقایسه با یکدیگر، با دیگر مطالعات نیز مقایسه شده است.

تولید بیوآئرولس ها در تصفیه خانه های فاضلاب عمدتاً از طریق روش های مکانیکی تصفیه که باعث حرکت فاضلاب می شوند، مانند دانه گیری یا از طریق تصفیه بیولوژیک، مانند هوادهی انجام می شود (۲۷، ۲۸).

یافته های حاصل از این مطالعه (جدول ۱) نشان داد واحد متعادل ساز دارای توانایی بالایی در تولید بیوآئرولس های باکتریایی می باشد که این امر می تواند به علت تلاطم فاضلاب در قسمت ورودی تانک متعادل ساز باشد. ذرات حاصل از تلاطم فاضلاب دوباره به سمت پایین سقوط کرده و در برخورد به سطح فاضلاب، به ذراتی با قطر ۵۰ تا ۱۰۰ میکرومتر تبدیل شده که این ذرات کوچک تر سریعاً در هوای تبخیر شده و سرعت تهشی آن ها کمتر می شوند و در نهایت در هوای معلق باقی می مانند (۲۵). Boruta و همکاران (۲۹) در مطالعه مشابه، بیشترین انتشار بیوآئرولس ها را در حوالی حوض دانه گیری که اولین واحد تصفیه خانه بود مشاهده کردند. گزارشات Ranalli و همکاران نشان می دهد که بیشترین انتشار باکتری های هوایی در پیش تصفیه مکانیکی رخ می دهد که بامطالعهی حاضر همخوانی داشت (۳۰).

نتایج مطالعات مشابه نشان داده است که یکی از منابع اصلی بیوآئرولس ها در تصفیه خانه های فاضلاب فرآیند هوادهی،

تعداد باکتری ها در فضول مختلف، اختلاف معنی داری مشاهده نشد (۰/۰۵ P). به عبارت دیگر هر چند که بین میانگین جمعیت باکتریایی در هوای واحد های مختلف تصفیه خانه اختلاف وجود داشت، اما به طور کلی میانگین جمعیت واحد های مختلف در فضول مختلف اختلاف چندانی نداشت.

بحث و نتیجه گیری

فاضلابی که از منابع مختلف خانگی، تجاری و بیمارستانی و یا فاضلاب های ترکیبی تولید شده و جهت انجام فرایندهای تصفیه به تصفیه خانه فاضلاب فرستاده می شود، حاوی تعداد زیاد و متنوعی از میکروارگانیسم های بیماریزا شامل ویروس ها، باکتری ها، انواعی از قارچ ها، تک یاخته ها و کرم ها می باشد که از مدفع انسانی یا مواد دفعی حیوانات دفع شده و می توانند از طریق فرایندهای مختلفی که در تصفیه خانه های فاضلاب انجام می شود، آئرولسله (هوابرد) شوند و در نتیجه به عنوان یک خطر سلامتی برای کارگران تصفیه خانه ها مطرح می باشند (۲۳). کارگران ممکن است در تماس با این عوامل بیماریزا و آن دو توکسین باکتریایی باشند که عمدتاً از طریق استنشاق آئرولسل ها و یا مسیر دست - دهانی صورت می گیرد (۲۴).

افزایش آگاهی درباره خطرات ایجاد شده توسط میکروارگانیسم های هوابرد، دلیلی برای توسعه بحث آئرولسل بیولوژی بوده است. هر چند به نظر می رسد هیچ گونه مقدار حد آستانه پذیرفته شده بین المللی برای آلودگی بیولوژیکی هوای وجود ندارد (۲۴).

بنابراین نظر به این که یکی از مهم ترین محل های انتشار ذرات معلق و بیوآئرولسل های باکتریایی و قارچی تصفیه خانه های فاضلاب می باشند (۲۵)، هم چنین غلظت میکروارگانیسم ها در



انتشاری متشر می‌شود. از آن جاکه در اکثر موارد سیستم‌های هوادهی عامل اصلی انتشار بیوآئرولهای در هوای تصفیه‌خانه می‌باشد، استفاده از هواده‌های دیفیوزری به جای هواده‌گسترده سطحی، روش مناسبی جهت کاهش انتشار بیوآئرولهای می‌باشد، زیرا هواده‌های دیفیوزری نسبت به هواده‌های گسترده، تلاطم کمتری در فاضلاب ایجاد می‌کنند. فلاند. حباب‌های تولید شده توسط آن‌ها نیز کوچک‌تر می‌باشد(۳۶). تعداد این میکروارگانیسم‌ها با افزایش اندازه حباب افزایش می‌یابد(۲۶). درنهایت می‌توان گفت که نوع سیستم هواده‌ی تا حد زیادی بر میزان تولید بیوآئرولهای مؤثر است(۳۷).

در مطالعات مختلف کمترین میزان بیوآئرولهای در اطراف واحد ته نشینی ثانویه مشاهده شد که این می‌تواند به علت عدم وجود دستگاه‌های مکانیکی و تلاطم فاضلاب در این واحد باشد(۵). هم چنین هرچه به سمت انتهای مراحل تصفیه فاضلاب می‌رویم، میزان آلودگی فاضلاب کم می‌شود، بنابراین کاهش میزان بیوآئرولهای باکتریایی در اطراف واحد ته نشینی، دور از انتظار نیست. این فرضیه با نتایج این مطالعه کاملاً تطبیق دارد، زیرا که در این مطالعه نیز هرچه به سمت مراحل نهایی تصفیه فاضلاب پیش رفیم(به طور مثال واحد فیلتراسیون)، میزان جمعیت بیوآئرولهای کاهش یافت.

غلظت بیوآئرولهای در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب وابسته به عواملی چون محل نمونه برداری(۲۹) نوع فاضلاب و نوع روش هواده‌ی(۳۱) و شرایط آب و هوایی(۳۸) و نوع سیستم تصفیه هواده‌ی(۳۹) می‌باشد. از پارامترهای مؤثر در میزان تولید بیوآئرولهای می‌توان به اندازه تصفیه‌خانه، تکنولوژی و نوع فرآیند تصفیه و

تلاطم مکانیکی و همزنی است که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی داشت(۳۱،۳۲)(۶).

میزان بالای آئرولهای باکتریایی در تانک هواده‌ی با نتایج مطالعه Vitezova و همکاران(۳۳) و Karra و همکاران(۱۸) که بیان کردند مجاورت با تانک هواده‌ی و میزان هواده‌ی با تولید بیوآئرولهای ارتباط مستقیم دارد، همخوانی داشت. Korzeniewska و همکاران نیز اعلام نمودند که سیستم هواده‌ی استفاده شده در فرایند بیولوژیکی تصفیه فاضلاب در تولید بیوآئرولهای نقش برجسته‌ای دارد که با نتایج این مطالعه همخوانی داشت(۳۴).

Carducci و همکاران دریافتند که اطراف تانک‌های هواده‌ی، آلاندگی میکروبی بالایی ندارند که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی نداشت(۷). علت عدم همخوانی، احتمالاً به دلیل نوع سیستم و تجهیزات هواده‌ی می‌باشد. در تصفیه‌خانه موردمطالعه Carducci، هواده‌ی به وسیله حباب‌های هوا تحت فشار انجام می‌شد، اما با توجه به اینکه در مطالعه‌ی Carducci، واحد متعادل ساز، غلظت متوسط تا بالایی از بیوآئرولهای باکتریایی داشته است، بنابراین با نتایج این مطالعه، از این نظر که تجهیزات دارای حرکت مکانیکی نقش زیادی در انتشار میکروارگانیسم‌ها دارد، همخوانی داشت.

تفاوت میزان بیوآئرولهای باکتریایی در تانک هواده‌ی نسبت به واحدهای متعادل ساز را می‌توان طبق نتایج مطالعه‌ی Brandi و همکاران(۳۵) به این علت دانست که در مواردی که از هواده‌ی سطحی یا همزن مکانیکی در تانک استفاده می‌شود، میزان بیشتری بیوآئرول نسبت به سیستم هواده‌ی



مطالعات متعددی ارتباط بین آلودگی باکتریایی و قارچی با فضول و پارامترهای هواشناسی را نشان دادند. Nielsen و همکاران دریافتند که تغییرات فصلی بر غلظت میکروارگانیسم‌ها تاثیر می‌گذارد(۴۱). که با مطالعه‌ی حاضر، همخوانی داشت. همان طور که در نمودار ۱ نشان داده شد، جمعیت بیوآئروسل‌ها در اکثر نقاط مختلف نمونه برداری در فصل تابستان بیشتر از بهار بود که این نتیجه با فرضیات ما تطابق داشت. اما این نتیجه در مردم ۱۰۰ متر بعد از آخرین واحد تصفیه خانه و ساختمان اداری تطابق نداشت. در مردم ۱۰۰ متر پایین دست تصفیه خانه می‌توان علت را وزش باد مقطعی از انتهای به ابتدای تصفیه خانه دانست و در مردم ساختمان اداری، میتوان استفاده از وسایل سرمایشی و بسته بودن پنجره‌ها به اعلت استفاده از کولرگازی در فصل تابستان را علت کاهش در جمعیت بیوآئروسل‌های باکتریایی، دانست.

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که میانگین غلظت بیوآئروسل‌ها در فضول مختلف متفاوت است که نتایج حاصل از مطالعه‌ی (۳۴) موید این مطلب است که در ماه‌های گرم سال انتشار بیوآئروسل‌ها بیشتر از ماه‌های دیگر است.

طبق نتایج حاصل از این مطالعه، تراکم باکتری‌های هوابرد در هوای تصفیه خانه فاضلاب مورد بررسی (جدول ۳)، کمتر از $500\text{ CFU}/\text{m}^3$ (میزان قابل قبول کنفرانس آمریکایی متخصصین بهداشت صنعتی دولتی) بود(۴۲).

طبق نتایج جدول ۱، میانگین جمعیت باکتری‌ها در واحد فیلتراسیون و نقاط بالا دست و پایین دست تصفیه خانه، کمتر از $100\text{ CFU}/\text{m}^3$ بود و طبق استاندارد کنفرانس دولتی بهداشت

نوع سیستم هوادهی نام برد. لازم به ذکر است که کمترین میزان انتشار بیوآئروسل‌ها توسط سیستم هوادهی افشانه‌ای رخ می‌دهد(۳۳).

به طور کلی، میانگین جمعیت بیوآئروسل‌ها با تصفیه‌ی بیشتر فاضلاب، کاهش می‌یابد. در نتیجه، پیش تصفیه و ته نشین کننده‌های اولیه مراحلی با بالاترین غلظت بیوآئروسل‌ها هستند، زیرا آن‌ها مرحله‌هایی هستند که فاضلاب هنوز به طور ضعیف تصفیه می‌شود و بنابراین کیفیت میکروبیولوژیکی پایین تری دارد(۱۰).

میزان بالای تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی را در هوای ساختمان این تصفیه خانه می‌توان به این علت دانست که آزمایشات مربوطه جهت گزارش کیفیت فاضلاب، در همان محل استقرار کارکنان انجام می‌شود. همچنین توجه به این نکته ضروری است که در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و دیگر اماکن، کیفیت هوای آزاد می‌تواند بر کیفیت هوای ساختمان تاثیر بگذارد، بنابراین می‌توان گفت که غلظت آلاینده‌ها در هوای آزاد پارامتر اولیه در تعیین کیفیت هوای داخل ساختمان می‌باشد(۴۰).

طبق نتایج حاصل از این مطالعه، افزایش فاصله از منبع آلودگی باعث کاهش چشمگیر در تعداد بیوآئروسل‌های باکتریایی شد که با مطالعات Fernando و همکاران (۳۷) و Carducci و همکاران (۷) همخوانی داشت. طبق گزارش Stellacci در فاصله 300 متری تصفیه‌خانه‌ها، امکان وجود بیوآئروسل‌ها وجود نداشت و حتی تحت شرایط نامساعد آب و هوایی مشکل سلامتی برای کارکنان منطقه وجود نداشت(۱۹).



استفاده از فیلترهای هوا در بخش هایی که از اختلاط مکانیکی استفاده می شود، به حداقل می رسد(۴۴). هم چنین بر اساس نتیجی که Li و همکاران به دست آورده اند، استفاده از روش جذب بر روی کربن فعال گرانوله، یک روش فعال برای پاک سازی میکرو ارگانیسم های هوابرد است(۴۵).

نهایتاً رعایت بهداشت فردی و شستشوی مرتب دست ها و استفاده از لباس محافظ و ماسک می تواند مخصوصاً هنگام کار در مناطق آلوده تر، می تواند روش مناسبی برای جلوگیری از عفونت در میان کارگران تصفیه خانه فاضلاب باشد(۴۶).

بنابراین با توجه به عدم وجود رهنمود و استاندارد مشخص در مورد آلودگی ناشی از بیوآئرول های باکتریایی در هوای تصفیه خانه فاضلاب، لازم و ضروری است که دستگاه های مسئول اقدامات لازم را جهت تدوین این رهنمودها انجام دهند(۱).

تضاد منافع

بدین وسیله نویسندها این مقاله اعلام می دارند که هیچ گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از مدیریت محترم شهرک صنعتی جهان آباد می بدم (جناب آقای مهندس ماندگاری) و اپراتورهای محترم تصفیه خانه (آقایان کریمی، ملانوری و احمدزاده) و تمام کسانی که ما را در انجام این پژوهش یاری نموده اند، تشکر و قدردانی می نماییم.

References

- 1-Dehghani A, Kermani M, Farzadkia M, Naddafi K, Alimohammadi MA. Comparative study

صنعتی آمریکا، جزو میزان بیوآئرول کم موجود در هوا، قرار گرفت. اما در واحدهای معادل ساز و هوادهی، جزء میزان بیوآئرول متوسط (بین $100\text{CFU}/\text{m}^3$ تا $1000\text{CFU}/\text{m}^3$) موجود در هوا، قرار گرفت.

هم چنین میانگین جمعیت باکتری ها در هوای داخل ساختمان، کمتر از مقادیر پیشنهادی ارائه شده (برای اماكن مسکونی) توسط WHO ($500\text{CFU}/\text{m}^3$) بود(۴۳).

در رهنمود ارایه شده توسط گروه مدیریت کیفیت هوای داخلی هنگ کنگ، مقدار باکتری های هوابرد در فضاهای داخلی با غلظت کمتر از ($500\text{CFU}/\text{m}^3$) در کلاس عالی و غلظت کمتر از ($1000\text{CFU}/\text{m}^3$) در کلاس خوب رتبه بندی شده است(۴۳)، که کیفیت هوای ساختمان این تصفیه خانه در کلاس عالی قرار گرفت.

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که در معرض قرار گرفتن کارگران تصفیه خانه به ویژه در نزدیکی واحدهای هوادهی و معادل ساز باید محدود شود که جداسازی فیزیکی مناطق آلوده تر از مناطق با آلودگی کمتر می تواند یکی از روش های موثر برای حفاظت از کارکنان در آن محدوده باشد(۳۶).

همچنین ایجاد یک اتفاقک به عنوان پوشش، تعداد بیوآئرول ها را در تصفیه خانه ها و محیط اطراف آن، کاهش می دهد که می تواند راهکاری برای کاهش بار آلودگی محیط تصفیه خانه ها باشد(۲۵). و همکاران گزارش دادند که در تصفیه خانه های فاضلاب محصور شده، مواجهه با بیوآئرول ها با



for potential of microbial pollution in the ambient air of Milad hospital,blood transfusion organization and Tehrans shahrake gharb wastewater treatment plant, The Journal of Urmia Nursing and Midwifery Faculty, 2014;12(3): 183-92.

2-Kermani M ,BahramiAsl F , Farzadkia M, Nadafi K, Zeinalzadeh D , Dehghani A.Concentration and Distribution of Airborne Fungi in the Ambient Air of Milad Hospital, Blood Transfusion Organization, and Shahrake Ghods WastewaterTreatment Plant in Tehran, Iran, Journal of Health Research in Community.2015;1(3): 57-68

3-O’Gorman CM, Fuller HT. Prevalence of culturable airborne spores of selected allergenic and pathogenic fungi in outdoor air. *Atmospheric Environment*. 2008;42(18):4355-68.

4-Jahangiri M, Neghab M, Kahdemain V,et al. Investigating Density and Type of Bioaerosols in a PetrochemicalWastewater Treatment Plant: Mahshar - Iran, 2013, *Iran. J. Health & Environ.* 2013;6(1) :113-22

5-Fathi S, Hajizadeh Y, Nikaeen M, Gorbani M. Assessment of microbial aerosol emissions in an urban wastewater treatment plant operated with activated sludge process. *Aerobiologia*. 2017;33(4):507-15.

6-Sanchez-Monedero M, Aguilar M, Fenoll R, Roig A. Effect of the aeration system on the levels of airborne microorganisms generated at wastewater treatment plants. *Water Research*. 2008;42(14):3739-44.

7-Carducci A, Tozzi E, Rubulotta E, Casini B, Cantiani L, Rovini E, et al. Assessing airborne biological hazard from urban wastewater treatment. *Water Research*. 2000;34(4):1173-8.

8-Niazi S, Hassanvand MS, Mahvi AH, Nabizadeh R, Alimohammadi M, Nabavi S, et al. Assessment of bioaerosol contamination (bacteria and fungi) in the largest urban wastewater treatment plant in the Middle East. *Environmental Science and Pollution Research*. 2015;22(20):16014-21.

9-Fracchia L, Pietronave S, Rinaldi M, Martinotti MG. Site-related airborne biological hazard and seasonal variations in two wastewater treatment plants. *Water Research*. 2006;40(10):1985-94.

10-Pascual L, Perez-Luz S, Yáñez MA, Santamaría A, Gibert K, Salgot M, et al. Bioaerosol emission from wastewater treatment plants. *Aerobiologia*. 2003;19(3):261-70.

11-Malakootian M, Radhakrishna N, Mazandarany MP, Hossaini H. Bacterial-aerosol emission from wastewater treatment plant. *Desalination and Water Treatment*. 2013;51(22-24):4478-88.



- 12-Raaschou-Nielsen O, Andersen ZJ, Beelen R, Samoli E, Stafoggia M, Weinmayr G, et al. Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). *The lancet oncology.* 2013;14(9):813-22.
- 13-Burkowska A, Kalwasińska A, Walczak M. Airborne mesophilic bacteria at the Ciechocinek health resort. *Polish Journal of Environmental Studies.* 2012;21(2):307-12.
- 14-Korzeniewska E. Emission of bacteria and fungi in the air from wastewater treatment plants—a review. *Front biosci (Schol ed).* 2011;3:393-407.
- 15-Kowalski M,Wolany J, Pastuszka J, Plaza G, Wlazło A, Ulfig K, et al. Characteristics of airborne bacteria and fungi in some Polish wastewater treatment plants. *International Journal of Environmental Science and Technology.*2017;14(10):2181-92.
- 16-Ding W, Li L, Han Y, Liu J, Liu J. Site-related and seasonal variation of bioaerosol emission in an indoor wastewater treatment station:level, characteristics of particle size, and microbial structure. *Aerobiologia.* 2016;32(2):211-24.
- 17-Grisoli P, Rodolfi M, Villani S, Grignani E, Cottica D, Berri A, et al. Assessment of airborne microorganism contamination in an industrial area characterized by an open composting facility and a wastewater treatment plant. *Environmental Research.* 2009;109(2):135-42.
- 18-Karra S, Katsivela E. Microorganisms in bioaerosol emissions from wastewater treatment plants during summer at a Mediterranean site. *Water research.* 2007;41(6):1355-65.
- 19-Stellacci P, Liberti L, Notarnicola M, Haas CN. Hygienic sustainability of site location of wastewater treatment plants: A case study. I. Estimating odour emission impact. *Desalination.* 2010;253(1-3):51-6.
- 20-Pourhassan B, Golbabaei F, Pourmand MR, et al.Examining performance of the conventional and photocatalytic HEPA filters on removal of the airborne microorganisms, *Journal of Health and Safety at Work .*2018;8(3): 251-65.
- 21-Hameed AA, Khoder M, Yuosra S, Osman A, Ghanem S. Diurnal distribution of airborne bacteria and fungi in the atmosphere of Helwan area, Egypt. *Science of the Total Environment.* 2009;407(24):6217-22.
- 22-Naddafi K, Rezaei S, Nabizadeh R, Yonesian M, Jabbari H.Density of Airborne Bacteria in a Childrenís Hospital in Tehran, Iran. *J. Health & Environ.* 2009;1(2):75-80.



- 23-Albatanony M, El-Shafie M. Work-related health effects among wastewater treatment plants workers. *Int J Occup Environ Med (The IJOEM)*. 2011;2(4).
- 24-Mirzaee SA, Nikaeen M, Hajizadeh Y, Nabavi BF, Hassanzadeh A. Detection of *Legionella* spp. by a nested-PCR assay in air samples of a wastewater treatment plant and downwind distances in Isfahan. *Advanced biomedical research*. 2015;4.
- 25-Filipkowska Z, Janczukowicz W, Krzemieniewski M, Pesta J. Microbiological air pollution in the surroundings of the wastewater treatment plant with activated-sludge tanks aerated by horizontal rotors. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2000;9(4):273-80.
- 26-Bunger J, Schappeler-Scheele B, Hilgers R, Hallier E. A 5-year follow-up study on respiratory disorders and lung function in workers exposed to organic dust from composting plants. *International archives of occupational and environmental health*. 2007;80(4):306-12.
- 27-Filipkowska Z, Janczukowicz W, Krzemieniewski M, Pesta J. Municipal Wastewater Treatment Plant with Activated Sludge Tanks Aerated by Celpox Devices as a Source of Microbiological Pollution of the Atmosphere. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2002;11(6).
- 28-Haas D, Unteregger M, Habib J, Galler H, Marth E, Reinhaler FF. Exposure to bioaerosol from sewage systems. *Water, Air, and Soil Pollution*. 2010;207(1):49-56.
- 29-Breza-Boruta B, Paluszak Z. Influence of Water Treatment Plant on Microbiological Composition of Air Bioaerosol. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2007;16(5).
- 30-Ranalli G, Principi P, Sorlini C. Bacterial aerosol emission from wastewater treatment plants: Culture methods and bio-molecular tools. *Aerobiologia*. 2000;16(1):39-46.
- 31-Kruczalak K, Olanczuk-Neyman K. Microorganisms in the Air Over Wastewater Treamtment Plants. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2004;13(5).
- 32-Laitinen S, Kangas J, Kotimaa M, Liesivuori J, Martikainen PJ, Nevalainen A, et al. Workers' exposure to airborne bacteria and endotoxins at industrial wastewater treatment plants. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 1994;55(11):1055-60.
- 33-Vítezová M, Vítez T, Mlejnková H, Losák T. Microbial contamination of the air at the wastewater treatment plant. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2012;60(3):233-40.



- 34-Korzeniewska E, Filipkowska Z, Gotkowska-Płachta A, Janczukowicz W, Dixon B, Czułowska M. Determination of emitted airborne microorganisms from a BIO-PAK wastewater treatment plant. *Water research.* 2009;43(11):2841-51.
- 35-Brandi G, Sisti M, Amaglani G. Evaluation of the environmental impact of microbial aerosols generated by wastewater treatment plants utilizing different aeration systems. *Journal of Applied Microbiology.* 2000;88(5):845-52.
- 36-Kim KY, Kim HT, Kim D, Nakajima J, Higuchi T. Distribution characteristics of airborne bacteria and fungi in the feedstuff-manufacturing factories. *Journal of hazardous materials.* 2009;169(1-3):1054-60.
- 37-Fernando NL, Fedorak PM. Changes at an activated sludge sewage treatment plant alter the numbers of airborne aerobic microorganisms. *Water Research.* 2005;39(19):4597-608.
- 38-Michałkiewicz M, Pruss A, Dymaczewski Z, Jez-Walkowiak J, Kwasna S. Microbiological Air Monitoring around Municipal Wastewater Treatment Plants. *Polish Journal of Environmental Studies.* 2011;20(5).
- 39-Małecka-Adamowicz M, Donderski W, Dokładna W. Microflora of Air in the Sewage Treatment Plant of Kapuściska in Bydgoszcz. *Polish Journal of Environmental Studies.* 2011;20(5).
- 40-Rezaei S, Naddafi K, Jabbari H, Yonesian M, et al. Raygan Shirazi Nejad A, Relationship between the Particulate Matter Concentrations in the Indoor and Ambient Air of the Tehran Children Hospital in. *2013;6(1): 103-12*
- 41-Nielsen BH, Nielsen EM, Breum NO. Seasonal variation in bioaerosol exposure during biowaste collection and measurements of leaked percolate. *Waste management & research.* 2000;18(1):64-72.
- 42-Xu P, Zhang C, Mou X, Wang XC. Bioaerosol in a typical municipal wastewater treatment plant: concentration, size distribution, and health risk assessment. *Water Science and Technology.* 2020;82(8):1547-59.
- 43-Mirhoseini SH, Nikaeen M, Hatamzadeh M, Hassanzadeh A, Assessment of bioaerosol concentration in the indoor environments, *Journal of Health System Research*, 2014 10(2), 376-85
- 44-Brooks JP, Gerba CP, Pepper IL. Bioaerosol Emission, Fate, and Transport from Municipal and Animal Wastes. Biological Aerosols Generated from the Land Application of Biosolids, Microbial Risk Assessment. *2004;1050:19.*



- 45-Li L,Gao M, Liu J. Distribution characterization of microbial aerosols emitted from a wastewater treatment plant using the Orbital oxidation ditch process. *Process Biochemistry*. 2011;46(4):910-5.
- 46-Heinonen-Tanski H, Reponen T, Koivunen J. Airborne enteric coliphages and bacteria in sewage treatment plants. *Water research*. 2009;43(9):2558-66.