

Technical and Practical Report: Role of Proper Operation and Maintenance, in the Efficiency of an Activated Sludge Wastewater Treatment Plant

Hossein Masoumbeigi¹

¹Health Research Center, Life Style Institute, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran and Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Received: 19 May 2023 Accepted: 29 May 2023

Abstract

The tension and crisis caused by the lack of water is one of the major problems in Iran and in the world. The available water resources are under threat with the increase in population and the water per capita is constantly decreasing. The use of wastewater treatment plant effluents for irrigation of green spaces, agriculture and other purposes as an alternative and suitable source is very necessary and must be given more attention. This problem shows the importance of proper operation and maintenance of wastewater treatment plants, especially the activated sludge method as a very efficient process with the production of wastewater with suitable quality for use in irrigation of green spaces and agriculture. Achieving this importance depends on the adequate training of local operators and the existence of necessary incentive and monitoring programs and policies. This article is presented with the aim of introducing one of the most important and practical techniques in the operation of wastewater treatment plants using the activated sludge method.

Keywords: Activated Sludge, Operation and maintenance, Technical report, Water reuse, Wastewater treatment.

*Corresponding author: Hossein Masoumbeigi , Email: masoumbeigi@gmail.com

گزارش فنی و کاربردی: نقش بهره برداری و نگهداری صحیح در کارآمدی یک تصفیه خانه فاضلاب به روش لجن فعال

دکتر حسین معصوم بیگی¹

¹ مرکز تحقیقات بهداشت، پژوهشکده سبک زندگی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج) تهران ایران و گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران.

چکیده

تنش و بحران ناشی از کمبود آب، یکی از مشکلات عمده در ایران و جهان است و منابع آبی موجود با افزایش جمعیت در معرض تهدید بوده و سرانه آب مرتب رور به کاهش است، استفاده از پساب تصفیه خانه های فاضلاب در آبیاری فضای سبز، کشاورزی و سایر مقاصد به عنوان یک منبع جایگزین و مناسب بسیار ضروری است و الزاما باید بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد. این مسئله نشان دهنده اهمیت بهره برداری و نگهداری صحیح از تصفیه خانه های فاضلاب بویژه روش لجن فعال به عنوان فرایندی بسیار کارآمد با تولید پسابی با کیفیت مناسب برای استفاده در آبیاری فضای سبز و کشاورزی است. تحقق این مهم منوط به آموزش کافی بهره برداران محلی و وجود برنامه ها و سیاست های تشویقی و نظارتی لازم است. این مقاله با هدف معرفی یکی از فنون بسیار مهم و کاربردی در بهره برداری و نگهداری از تصفیه خانه های فاضلاب به روش لجن فعال ارائه می گردد.

کلیدواژه‌ها: استفاده مجدد آب، بهره برداری و نگهداری، تصفیه فاضلاب، گزارش فنی، لجن فعال

* نویسنده مسئول: حسین معصوم بیگی، پست الکترونیک: masoumbeigi@gmail.com

دریافت مقاله: 1402/02/29 پذیرش مقاله: 1402/03/08

مقدمه

امروزه استفاده صحیح از منابع با رویکرد کاهش تولید آلاینده ها جهت پیشگیری از آلودگی، عمران و آبادسازی و توسعه پایدار محیط زیست به شدت مورد توجه مسئولین و علاقمندان محیط زیست و مردم بوده و به عنوان یک الزام و مسئولیت اخلاقی زیست محیطی مورد انتظار و مطالبه مردم است. اما تولید مقادیری از انواع آلاینده ها بعضا با رعایت تمام ضوابط و قوانین موجود اجتناب ناپذیر است. از جمله این آلاینده ها انواع فاضلاب‌های خانگی و صنعتی، انواع پسماندها، انواع آلاینده هوا و پرتوها و آلودگی صوتی، انواع آلاینده های مواد غذایی و .. قابل ذکر است. برای کاهش ردپای اکولوژیک و در نتیجه کاهش تولید آلاینده ها و کاهش مصرف منابع طبیعی، فرهنگ سازی و آموزش مردم به کمک تمام رسانه های جمعی نقشی بسیار حساس، اساسی و تاثیرگذار دارد.

در بین انواع آلاینده های تولیدی توسط انسان، تولید فاضلاب اجتناب ناپذیر و به عنوان یکی از بزرگترین چالش های عصر حاضر و یکی از مهمترین آلاینده‌های محیط زیست، مدیریت و کنترل و دفع بهداشتی آن مطابق استانداردهای تعیین شده الزامی است. تولید و دفع مقادیر زیادی فاضلاب و پساب به محیط زیست، پیامدهای مخربی برای سلامت مردم، توسعه اجتماعی-اقتصادی و اکوسیستم‌ها دارد. در حالی که مدیریت صحیح و بهینه فاضلاب می تواند علاوه بر رفع یکی از مهمترین چالش های زیست محیطی، کمک موثری به جبران کمبود آب از طریق بازیافت آب و اشتغالزایی نماید.

به همین دلیل وجود شبکه جمع آوری فاضلاب و سامانه تصفیه خانه فاضلاب و سامانه دفع بهداشتی و مدیریت شده پساب و لجن تولیدی در یک شهر، شهرک و هر مرکز دیگر از جمله مراکز نظامی به عنوان یکی از مهمترین شاخص‌های بهداشتی در ارزیابی و اولویت بندی مناطق و اماکن مختلف از نظر بهداشت محیطی محسوب می شود و مردم برای انتخاب محل سکونت خود به این شاخص ها توجه ویژه دارند.

لازم است در مرحله ایجاد و احداث شهرها و شهرک‌های مسکونی موجود در اطراف شهرها، همزمان با طراحی جامع مناطق مختلف در زمین انتخابی طراحی سامانه‌های مذکور نیز در اولویت قرار گرفته و متناسب در مرحله احداث پروژه احداث این سامانه های بهداشتی نیز در اولویت قرار گیرد تا در پایان پروژه بتوانند این سامانه ها را به موقع آماده بهره برداری نمایند. چون در بسیاری موارد با تاسف پروژه و اماکن مسکونی به پایان رسیده، در حالی که منتظر اجرای سامانه های بهداشتی مذکور می باشد.

امروزه برای طراحی و احداث شبکه های جمع آوری فاضلاب که بعضا نیازمند طراحی و احداث ایستگاه‌های پمپاژ هم در بین مسیر می باشند (اولویت اول طراحی بر اساس انتقال ثقلی

فاضلاب است) و همچنین طراحی و احداث تصفیه خانه های فاضلاب، میلیاردها تومان هزینه می شود تا نوبت به مرحله افتتاح و بهره برداری و نگهداری آن ها برسد.

روش های تصفیه فاضلاب

برای مدیریت بهینه فاضلاب از تولید تا دفع نهایی الگوی جامع مدیریت فاضلاب در سطح نیروهای مسلح توسط همکاران محترم گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله عج طراحی شده و با تبدیل نتایج و دستاوردهای طرح به یک نرم افزار جهت استفاده آسان و در دسترس مهندسی و بهداشت رده ها در وبگاه پاسدار صفحه معاونت سلامت و معاونت مهندسی بارگذاری شده است. در این نرم افزار بر اساس اطلاعات خواسته شده ورودی به نرم افزار و متناسب به کمیت و کیفیت فاضلاب، شرایط هر یگان و هدف از تصفیه فاضلاب، روش مناسب تصفیه فاضلاب توصیه می‌شود.

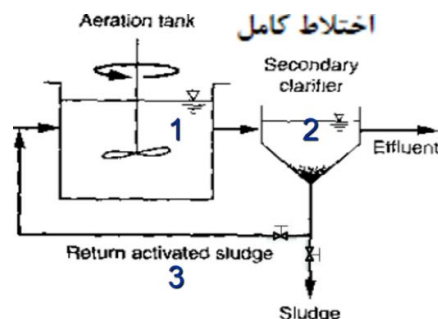
در تمام موارد طبق اسناد بالادستی هدف از تصفیه فاضلاب شهرها، شهرک های مسکونی، یگان ها و مراکز نظامی انجام حدی از تصفیه لازم بر روی فاضلاب ورودی به تصفیه خانه فاضلاب است که منجر به حذف ترکیبات آلی و جامدات معلق و کلوئیدی فاضلاب به منظور ممانعت از رسوب آن ها در مسیر آب های پذیرنده و ممانعت از کاهش اکسیژن محلول و حذف عوامل بیماریزای موجود در فاضلاب تا رساندن کیفیت پساب نهایی در اولویت اول به حد استاندارد دفع پساب به آب‌های پذیرنده شود (استانداردهای خروجی فاضلاب به استاندارد ماده 5 آیین نامه جلوگیری از آلودگی آب) و یا به حد استاندارد لازم برای استفاده در آبیاری فضای سبز، برساند.

از جمله روش های مختلف قابل استفاده برای تصفیه فاضلاب خانگی مناطق مسکونی و اداری روش های علاوه بر روش های فیزیکی و شیمیایی، روش های بیولوژیک رشد معلق و رشد چسبیده هوازی و بیهوازی بسیار مورد توجه هستند. متداولترین و قدیمی ترین روش های تصفیه فاضلاب رشد معلق هوازی، فرآیند لجن فعال (با رژیم های مختلف هیدرولیکی جریان)، لاگون های هوادهی شده و برکه تثبیت و در بین روش های رشد چسبیده هوازی، انواع صافی‌های چکنده با مدیاهای مختلف، صفحات بیولوژیکی چرخان و انواع ترکیبی این دو نوع یعنی رشد چسبیده و رشد معلق هوازی همزمان است. نکته حائز اهمیت استفاده گسترده از فرآیند بیولوژیکی لجن فعال از سال 1925 تا کنون و استفاده از آن بویژه در سطح شهرک های مسکونی سازمانی و یگان های نظامی، به عنوان سامانه مناسب تصفیه فاضلاب است.

فرایند لجن فعال

امروزه فرایند لجن فعال متداولترین فرآیند بیولوژیکی هوازی ثانویه تصفیه فاضلاب برای حذف مواد مغذی آلی است و طی یک قرن گذشته مرتب در حال به روز رسانی، توسعه و ارتقاء

هوادهی 2-حوض ته نشینی و 3-مسیر برگشت لجن فعال از حوض ته نشینی به ورودی حوض هوادهی تشکیل شده است (شکل 1).



شکل 1: فرایند لجن فعال

به تغییر جهت و باز کردن و یا بستن یک الی دو شیر فلکه است. اگر تنها یک شیر فلکه در مسیر برگشت لجن فعال از سه راهی زیر حوض ته نشینی به حوض هوادهی بسته شود، دیگر این فرایند لجن فعال نمی باشد و کل عملکرد فرایند لجن فعال مختل و فاقد کارایی می شود.

دقیقا این مشکل در بهره برداری از یک تصفیه خانه فاضلاب از نوع فرایند ترکیبی لجن فعال با راکتور هوادهی گسترده (Activated Sludge Process: Extended Aeration) و رشد چسبیده با مدیای متحرک و شناور (MBBR: Moving Bed Bio Reactor) اتفاق افتاده بود. این تصفیه خانه که تصفیه فاضلاب یک شهرک مسکونی بزرگ را بر عهده دارد با هدف تامین آب مورد نیاز آبیاری فضای سبز و ممانعت از ورود فاضلاب خام به محیط زیست دریایی طراحی، احداث و بهره برداری شده است و شامل چهار واحد مجزا از فرایند فوق است. میلیاردها تومان سرمایه گذاری برای طراحی و احداث شبکه جمع آوری فاضلاب و ایستگاه های پمپاژ و تصفیه خانه فاضلاب این شهرک هزینه شده تا اهداف فوق به عنوان یکی از مهمترین شاخص های بهداشت محیطی جهت حفظ سلامت مردم و محیط زیست محقق شود. ولی به علت بسته بودن طولانی مدت یک شیر فلکه، بی اثر و منجر به تولید یک پساب کدر و بدون تصفیه لازم در خروجی تصفیه خانه شده بود. این تصفیه خانه که می بایست با 95 درصد راندمان BOD و COD را حذف نماید، کارایی آن به کمتر از 50 درصد رسیده بود. با توجه به مبالغ بالای سرمایه گذاری های انجام شده، بهره برداری و نگهداری از تصفیه خانه های فاضلاب باید به نحوی باشد که همیشه در بالاترین سطح قابلیت و ظرفیت فرایند، در حال کار باشند.

بررسی ها نشان داد علاوه بر سایر دلایل احتمالی، عدم آشنایی بهره بردار با نحوه عملکرد فرایند لجن فعال به دلیل عدم آموزش تخصصی کافی، مهمترین علت منجر به بستن طولانی

جهت کاهش هزینه های تصفیه بوده است و بهره برداری و نگهداری بهینه آن از نظر اقتصادی و زیست محیطی بسیار حائز اهمیت است. این فرایند از سه جزء اساسی شامل 1-حوض

تحت هر شرایطی هر کدام از این سه جزء وجود نداشته باشد و یا در فرایند تصفیه فاضلاب مداخله نداشته باشند و کنار گذاشته شده باشد، آن فرایند را به نام لجن فعال نمی شناسیم و فرایند کارائی لازم و مورد انتظار را در جهت تصفیه فاضلاب نخواهد داشت. حتی در فرایندهای ترکیبی لجن فعال و رشد چسبیده معلق و شناور داخل حوض هوادهی هم کارائی فرایند تصفیه فاضلاب منوط به فعال بودن سه جزء لجن فعال است.

برای این که میلیاردها تومان سرمایه گذاری بهداشتی انجام شده در مراحل طراحی و احداث شبکه جمع آوری فاضلاب، ایستگاه پمپاژ، تصفیه خانه و سامانه دفع پساب اثربخش بوده و منجر به نتیجه شوند و فرایند لجن فعال بتواند با بالاترین کارائی و بهترین عملکرد مورد بهره برداری و نگهداری قرار گیرد و پساب خروجی استاندارد مطابق انتظار تولید نماید، لازم است یک بهره بردار علاقمند ماهر آموزش دیده و آشنا با عملکرد میکروارگانیسم های فاضلاب و لجن فعال، مدیریت این تصفیه خانه را بر عهده داشته باشد. البته این فرد می تواند یک فرد دیپلمه بومی آموزش دیده باشد. در غیر این صورت میلیاردها تومان سرمایه گذاری انجام شده از اثربخشی و کارائی لازم برخوردار نخواهد بود.

امروزه با صرف هزینه های بالا، ادوات پیشرفته نظامی تولید می شود که بکارگیری درست و اثربخش آنها نیازمند حضور نیروهای متخصص آموزش دیده است. به همین علت نیروی انسانی ماهر و آموزش دیده متعهد را بزرگترین سرمایه و سلاح راهبردی یک سازمان معرفی می نمایند. این فرد با نقشی که بر عهده می گیرد تمام آن سرمایه گذاری ها را موثر می نماید و بالعکس اگر بخوبی آموزش ندیده باشد تمام سرمایه گذاری ها را خنثی می کند.

بهره برداری و نگهداری صحیح

همانطور که در شکل یک مشاهده می شود تعیین مسیر برگشت لجن فعال به حوض هوادهی و یا دفع لجن مازاد منوط

آشنا باشد تا در صورت مواجهه بتواند برای رفع آن مشکلات اقدام لازم را انجام دهد. ضمناً برای شناسایی دقیق اولیه مشکلات و اطمینان لازم که غالباً ناشی از فعالیت نوع خاصی از میکروارگانیزم‌ها است، نیازمند حداقل تجهیزات آزمایشگاهی از قبیل میکروسکوپ معمولی با عدسی بزرگنمایی 100 و یک سری لوازم ساده آزمایشگاهی است.

از جمله مهمترین مشکلات حین بهره برداری تصفیه خانه فاضلاب به روش لجن فعال بالا آمدن توده لجن، رشد پراکنده فلاگ‌ها، حجیم و شناور شدن توده لجن (از نوع رشته‌ای و غیر رشته‌ای)، کف نوک‌اردا، پدیده مواجهه به فلاگ‌های ریز، شوک ناشی از بار آلی و یا بار هیدرولیکی، شوک ناشی از ورود اسیدها و قلیاها و مواد سمی و روغن و گریس به تصفیه‌خانه همراه فاضلاب ورودی و مدیریت لجن مازاد تصفیه‌خانه فاضلاب، قابل ذکر است. علاوه بر آن آشنا شدن با خطرات احتمالی و تهدیدات ایمنی مثل کار با سامانه کلرزی، تاسیسات برقی و عملکرد پمپ‌ها و شیر فلکه‌ها که خاص تصفیه خانه های فاضلاب مطرح می باشد، باید در اولویت برنامه های آموزشی بهره برداران قرار گیرد.

نتیجه گیری

بحران ناشی از کمبود آب یکی از مشکلات عمده ایران و جهان است و منابع آبی موجود با افزایش جمعیت در معرض تهدید است، استفاده از پساب تصفیه خانه های فاضلابی که به روش استاندارد تصفیه شده باشند، در آبیاری فضای سبز، کشاورزی و سایر مقاصد به عنوان یک منبع جایگزین و مناسب بسیار ضروری و مستند به اسناد بالادستی از اولویت های اصلی است و این مسئله اهمیت بهره برداری و نگهداری صحیح از تصفیه خانه های فاضلاب که غالباً روش لجن فعال و فرایندی بسیار کارآمد می باشند را دو چندان می نماید. تحقق این مهم منوط به آموزش کافی بهره برداران و ایجاد برنامه ها و سیاست های تشویقی و نظارتی لازم، جهت توجه بیشتر به این مهم است، تا از این طریق با تولید پسابی استاندارد ضمن حفظ سلامت محیط زیست و سلامت کارکنان و کشاورزان، از منابع موجود و سرمایه گذاری های بهداشتی انجام شده، با بالاترین عملکرد و کارآمدی استفاده و پساب با کیفیت تولید شده مورد استفاده مجدد قرار گیرد. نکته پایانی با توجه به پیشرفت‌ها در طراحی و سهولت بهره‌برداری، امروزه فرایند ترکیبی لجن فعال و MBBR (با ضرورت جایگزینی 2-1 درصدی سالانه مدیا و بیشترین مقدار لازم تا 10 درصد) یک فناوری قابل اعتماد و فشرده همراه با تولید لجن کمتر و پسابی با کیفیت مناسب و استاندارد به خصوص جهت استفاده مجدد برای آبیاری فضای سبز و کشاورزی می باشد و در صورت وجود فاضلاب کافی برای شرایط مختلف آب و هوایی به عنوان یک گزینه انتخابی مناسب توصیه می شود.

مدت فلکه مذکور شده بود. این اقدام از یک طرف منجر به مختل شدن فرایند تصفیه فاضلاب و از طرف دیگر سبب تولید پساب کدر و آلوده کننده محیط زیست و عدم فراهم شدن استانداردهای لازم برای استفاده از پساب جهت آبیاری فضای سبز و افزودن مشکلات موجود برای تامین آب مورد نیاز فضای سبز شده بود.

با بستن طولانی مدت یک شیرفلکه موجود در مسیر برگشت لجن به حوض هوادهی، در واقع جزء سوم فرایند لجن فعال (شکل 1) غیرفعال و از مدار تصفیه خانه خارج شده بود. در این شرایط فاضلاب ورودی به حوض هوادهی با یک مایع مخلوط بدون لجن فعال کافی و فاقد باکتری های فعال خوگرفته و سازگار شده با محیط فاضلاب، مواجه می شود. چون سن مناسب لجن یا زمان ماند میکروبی بهینه و کافی (میانگین مدت زمان ماند میکروارگانیزم‌ها در فرایند لجن فعال که در این تصفیه خانه بین 20 الی 40 روز نیاز است)، که پایه و اساس فرایند لجن فعال است تامین نمی شود و فاضلاب قبل از تصفیه لازم، از فرایند خارج می شود. یعنی در فرایند لجن فعال علاوه بر زمان ماند هیدولیکی (مدت زمان ماند فاضلاب در فرایند)، زمان ماند میکروبی مناسب، نیز نقش اساسی در فرایند تصفیه فاضلاب دارد. با بروز اتفاق فوق نسبت غذا به میکروارگانیزم (F/M) هیچ گاه به مقادیر لازم 0/25 الی 0/45 برای لجن فعال متداول و 0/04 الی 0/1 برای لجن فعال با هوادهی گسترده، نمی رسد. البته علاوه بر نیاز به لجن فعال برگشتی، یک اختلاط مناسب و کافی برای تامین اکسیژن مورد نیاز جهت فعالیت هوازی میکروارگانیزم‌ها نیز مورد نیاز فرایند می باشد. زمانی که فرایند لجن فعال کامل باشد و بطور صحیح بهره برداری شود، داخل حوض هوادهی یک مایع مخلوط شکلاتی مایل به قهوه ای وجود دارد که ناشی از حضور لجن فعال خو گرفته و سازگار شده برگشتی در فرایند از حوض ته نشینی است که سبب کمک به تجزیه و تثبیت سریع مواد آلی موجود در فاضلاب ورودی به حوض هوادهی می شود.

مثل بهره برداری نامناسب تاسیسات تصفیه فاضلاب مثل موشکی است که با میلیاردها تومان هزینه آماده شلیک شود ولی به دلیل عدم آموزش کافی کارکنان برای یک شلیک موثر، به جای هدف قرار دادن دقیق مواضع دشمن، مواضع خودی را هدف قرار دهد و خسارت زیادی به بار آورد. آیا سپردن میلیاردها تومان تاسیسات و سرمایه یک سازمان به یک فرد ناآگاه و غیر متخصص و آموزش ندیده حیف و میل و اتلاف بیت المال نیست؟ در حالی که با هزینه حداکثر دو میلیون تومان می توان فرد مورد نظر را به یک دوره آموزشی تخصصی فرستاد تا از خسارات احتمالی مذکور ممانعت نمود.

یک بهره بردار باید علاوه بر آموزش کافی در خصوص شناخت دقیق جزئیات عملکردی فرایند لجن فعال، با انواع مشکلات احتمالی که حین بهره برداری فرایند بروز می نماید

منابع

1. Metcalf & Eddy, George T. Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery: Treatment and Reuse 5th Edition.2014.

2. Kavindra K K, Ramendra S, Qazi Mohammad S J, Pooja T, Jonathan A L, Niraj Kumar J and et al. Wastewater Treatment and Reuse: A Review of its Applications and Health Implications. Water Air Soil Pollut. 2021; 208-232.