

Study of Wastewater Treatment System in The Educational Hospitals of Babol University of Medical Sciences (2009)

Abdoliman Amouei¹, Nematollah Ghanbari², Mohsen Kazemitabar²

¹ Department of Social Medicine, Faculty of Medicine, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran

² Chemistry and Microbiology Laboratory, Environment Conservation Administration of Mazandaran Province, Sari, Iran

(Received 16 September, 2009 ; Accepted 26 July, 2010)

Abstract

Background and purpose: Quality of hospital wastewater is similar to municipal wastewater however, due to the presence of toxic agents and pathogens in hospital wastewater, if not already treated, it is dangerous to the environment and consequently to human's health. This research was to study the wastewater treatment and disposal condition and the quality of hospitals effluent of Babol University of Medical Sciences.

Materials and methods: This cross-sectional descriptive research studied the wastewater treatment and disposal systems condition and effluent quality in Shahid Beheshti, Shahid Yahianejad, Amirkola children and Ayatollah Roohani hospitals. 72 mixed samples were collected and tested for pH, BOD₅, COD, TSS and TC in the effluents of wastewater treatment plants using the current standard methods.

Results: Mean values of pH, TSS, BOD, COD and total coliforms in the inlet and outlet wastewaters from the studied hospitals were 7.5 ± 0.6 , $296 \pm 151 \text{ mg/L}$, $400 \pm 173 \text{ mg/L}$, $616 \pm 252 \text{ mg/L}$, $3.1 \times 10^5 \text{ MPN/100 mL}$ and 7.4 ± 0.4 , $78 \pm 36 \text{ mg/L}$, $84 \pm 31.5 \text{ mg/L}$, $150 \pm 51 \text{ mg/L}$ and $831 \pm 509 \text{ MPN/100 mL}$, respectively. The mean value of free chlorine residual in outlet wastewater was 0.2 mg/L . Mean removal of TSS, BOD, COD and TC in outlet %74.3, %79.6, %76.5 and %99.7, respectively.

Conclusion: The mean value of TSS, BOD, COD and TC in the outlet wastewater of the studied hospitals exceeded the maximum allowable threshold of the environmental conservation administration, which indicate the inefficiency of wastewater treatment systems. We conclude that essential considerations must be taken into account to upgrade the studied wastewater treatment systems in terms of design, operation and maintenance.

Key words: Hospital, wastewater, wastewater treatment plant, Babol

J Mazand Univ Med Sci 2010; 20(76): 78-86 (Persian).

بررسی سیستم تصفیه فاضلاب بیمارستان های آموزشی دانشگاه علوم پزشکی بابل در سال ۱۳۸۸

عبدالایمان عمویی^۱ نعمت ا... قنبری^۲ محسن کاظمی تبار^۲

چکیده

سابقه و هدف: فاضلاب بیمارستانی علی رغم مشابهت کیفی با فاضلاب شهری، به لحاظ کمیت و مقدار و برخورداری از ترکیبات سمی و خطرناک و نیز داشتن عوامل میکروبی بیماری زا، در صورت عدم تصفیه و دفع نامناسب، مخاطرات زیادی را بر سلامت محیط زیست و انسان در جوامع مختلف ایجاد می نمایند. این پژوهش به بررسی وضعیت تصفیه و دفع فاضلاب و کیفیت پساب خروجی از بیمارستان های وابسته به دانشگاه علوم پزشکی بابل پرداخته است.

مواد و روش ها: در این مطالعه توصیفی - مقطعی یک ساله، وضعیت سیستم های تصفیه فاضلاب بیمارستان های شهید بهشتی، شهید یحیی نژاد، کودکان امیرکلا و بیمارستان جدید التاسیس آیت الله روحانی مورد ارزیابی قرار گرفت. پارامترهای pH، TSS (Total suspended solids)، BOD (Biological oxygen demand)، COD (Chemical oxygen demand) و کلیفرم کل در ۷۲ نمونه از فاضلاب ورودی و خروجی بیمارستان های مزبور بر اساس کتاب استاندارد انجمن بهداشت عمومی آمریکا با عنوان روش های استاندارد برای آزمایش های آب و فاضلاب اندازه گیری شد.

یافته ها: میانگین pH، TSS، BOD، COD و کلیفرم کل بیمارستان های مورد پژوهش در فاضلاب ورودی به ترتیب 7.5 ± 0.6 ، 151 ± 296 ، 173 ± 400 ، 252 ± 616 میلی گرم در لیتر و 3×10^5 MPN در ۱۰۰ میلی لیتر و در فاضلاب خروجی به ترتیب 7.4 ± 0.4 ، 74 ± 36 ، 31.5 ± 84 ، 51 ± 150 میلی گرم در لیتر و 831 ± 509 MPN در ۱۰۰ میلی لیتر بدست آمد. متوسط کلر باقیمانده آزاد در پساب خروجی از این بیمارستان ها 0.2 میلی گرم در لیتر گزارش گردید. میانگین حذف پارامترهای TSS، BOD، COD و کلیفرم کل در فاضلاب خروجی توسط سیستم های تصفیه فاضلاب بیمارستان های مزبور به ترتیب $74/3$ ، $79/6$ ، $76/5$ و $99/7$ درصد بوده است.

استنتاج: میانگین میزان پارامترهای TSS، BOD، COD و کلیفرم کل در فاضلاب خروجی از بیمارستان های مورد مطالعه بالاتر از حد استاندارد خروجی مصوب سازمان حفاظت محیط زیست کشور بوده که نشان از کاهش کارایی حذف آلودگی توسط سیستم های تصفیه فاضلاب در این گونه مراکز درمانی می باشد. بنابراین، بازنگری اساسی جهت بهبود کارایی این نوع از تصفیه خانه ها در زمینه های طراحی، بهره برداری و نگهداری ضرورت دارد.

واژه های کلیدی: بیمارستان، فاضلاب، تصفیه خانه فاضلاب

مقدمه

بیمارستان ها، حجم قابل توجهی از آب هر اجتماع را به مصرف می رسانند. با وجود این که میزان سرانه مصرف آب در مصارف خانگی در حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ لیتر به ازای هر نفر است، اما این میزان در بیمارستان ها در

E-mail: Imnamou@yahoo.com

مؤلف مسئول: عبدالایمان عمویی - بابل: دانشگاه علوم پزشکی، دانشکده پزشکی، گروه پزشکی اجتماعی

۱. گروه پزشکی اجتماعی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بابل

۲. آزمایشگاه شیمی و میکروبیولوژی، اداره کل حفاظت محیط زیست استان مازندران

تاریخ دریافت: ۸۸/۶/۲۵ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۸۸/۷/۷ تاریخ تصویب: ۸۹/۵/۴

گستره ۴۰۰ تا ۱۲۰۰ لیتر در روز به ازای هر تخت گزارش شده است (۱). آبی که جهت مصرف خاصی تهیه شده و پس از استفاده کیفیت خود را برای مصارف مورد نظر از دست داده باشد، فاضلاب نامیده می‌شود. در بیمارستان‌ها نیز آب مصرفی در واحدهای مختلف نظیر بخش‌های بستری، اتاق‌های عمل، آزمایشگاه‌ها، رختشویخانه، آشپزخانه، سرویس‌های بهداشتی و واحدهای اداری، کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خود را از دست داده و تبدیل به فاضلاب می‌گردد (۲). مقدار تولید فاضلاب بیمارستانی در اجتماعات مختلف متفاوت است. سرانه تولید فاضلاب در بیمارستان‌های آمریکا ۱۰۰۰ لیتر در روز به ازای هر تخت تعیین شده است (۳). این میزان در کشور ما به طور متوسط ۷۴۵ لیتر در روز به ازای هر تخت گزارش گردیده است (۴). اگرچه که کیفیت فاضلاب بیمارستانی مشابه فاضلاب شهری است، اما فاضلاب خروجی از بیمارستان‌ها ممکن است دارای ترکیبات دارویی متابولیزه نشده، آنتی‌بیوتیک‌ها، گندزداها، عوامل سیتو استاتیک، داروهای بیهوش کننده، عناصر رادیواکتیو، مواد حاجب اشعه ایکس و دیگر ترکیبات شیمیایی مقاوم و خطرناک باشد (۱، ۷-۵). علاوه بر ترکیبات شیمیایی مقاوم و سخت تجزیه پذیر، انواعی از عوامل میکروبی بیماری‌زای مقاوم شده به آنتی‌بیوتیک‌ها نیز از طریق سیستم‌های متداول تصفیه فاضلاب به داخل اکوسیستم‌های آبی و سایر منابع طبیعی پذیرنده آلودگی وارد شده و می‌توانند برخی از بیماری‌های حاد و خطرناک را به انسان سرایت نمایند (۱، ۹، ۸). وجود ترکیبات آلی حاوی کلر و فلزات سنگین جیوه و سرب نیز در فاضلاب خروجی از سیستم‌های تصفیه فاضلاب بیمارستان‌ها گزارش شده است (۷، ۸). در یک پژوهش، میزان غلظت ترکیبات آلی کلردار در فاضلاب بیمارستانی به بالاتر از ۱۰ میلی گرم در لیتر تعیین گردید (۱). در مطالعه دیگر وجود ترکیبات آلی کلر دار و سایر ترکیبات دارویی (بدون هیچ گونه حذف و تصفیه توسط سیستم‌های متداول تصفیه

فاضلاب در بیمارستان) در آب‌های سطحی و زیر زمینی پذیرنده این گونه آلاینده‌ها تایید شده است (۵). در یک تحقیق، جمعیت باکتری‌های کلیفرم در فاضلاب خام ورودی به تصفیه خانه بیمارستان ۳۰۰ هزار عدد در ۱۰۰ میلی لیتر شمارش گردید، در حالی که این مقدار در فاضلاب خام تصفیه خانه‌های شهری در حدود ۱۰۰ میلیون باکتری در ۱۰۰ میلی لیتر گزارش شد (۱). برخی از نشانگرهای آلودگی آب‌های سطحی نظیر آنترو ویروس‌ها و آدنو ویروس‌ها نیز در فاضلاب خروجی از بیمارستان‌ها مشاهده شده است. همچنین ویروس عامل مولد بیماری ایدز نیز در مایعات دفعی از بیماران ایدزی بستری در بیمارستان به داخل سیستم‌های تصفیه فاضلاب بیمارستان تخلیه و سپس وارد آب‌های سطحی پذیرنده گردیده‌اند (۱).

در قاره اروپا هر ساله ۱۰۰۰۰ تن آنتی‌بیوتیک از طریق اقدامات پزشکی و درمانی مصرف شده که نیمی از این مقدار جهت مصارف پزشکی و مداوای انسان و بقیه برای خدمات دامپزشکی مصرف می‌شود. ۲۶ درصد از کل آنتی‌بیوتیک‌های مورد استفاده انسان در بیمارستان‌ها مصرف گردیده که این گونه ترکیبات از طریق دفع ادرار و مدفوع به داخل سیستم‌های تصفیه فاضلاب وارد می‌شوند (۵).

در کشورهایی که وقوع همه‌گیری بیماری‌های انگلی و روده‌ای در آنها وجود ندارد، تخلیه فاضلاب بیمارستانی و سایر مراکز بهداشتی- درمانی به داخل شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهری منوط به حذف و تصفیه بیش از ۹۵ درصد آلودگی فاضلاب توسط سیستم‌های تصفیه فاضلاب می‌باشد. در غیر این صورت، فاضلاب بیمارستانی باید به صورت مجزا توسط سیستم‌های تصفیه فاضلاب هر بیمارستان مورد پالایش قرار گیرد (۲، ۵).

به منظور جلوگیری از افزایش ورود بار آلودگی به داخل سیستم‌های تصفیه فاضلاب، ضرورت دارد که به مدیریت و نظارت صحیح بر فرآیندهای تولید و تصفیه

موفقیت طرح بهینه سازی یک سیستم تصفیه فاضلاب بیمارستانی صورت گرفت، راندمان حذف BOD و COD به ترتیب ۸۹ و ۹۴ درصد ذکر گردید (۱۴). همچنین در بررسی کارایی سیستم تصفیه فاضلاب بیمارستان امام خمینی ارومیه مشخص گردید که میانگین غلظت BOD، COD و TSS آن به ترتیب معادل ۳۷۴، ۶۰/۵ و ۵۰ میلی گرم در لیتر بوده و تعداد کلیفرم های مدفوعی آن بیشتر از ۱۰۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی لیتر می باشد (۱۵).

با توجه به تعداد زیاد پذیرش بیماران از شهرهای مختلف استان مازندران و نیز از استان های همجوار در بیمارستان های وابسته به دانشگاه علوم پزشکی بابل و انجام خدمات مختلف تخصصی و فوق تخصصی در این گونه مراکز درمانی و تغییرات رو به افزایش کمیت و کیفیت فاضلاب در آن ها از یک سو و برخورداری این استان از اکوسیستم ها و منابع طبیعی ارزشمند و حساس نظیر رودخانه، دریا، جنگل و مناطق کشاورزی و مراتع از سوی دیگر، بررسی و پایش مستمر کیفیت فاضلاب خروجی و نحوه تصفیه و دفع فاضلاب و لجن تولیدی از این گونه مراکز درمانی در راستای تامین، حفظ و افزایش سطح سلامت افراد جامعه و محیط زیست بسیار مهم می باشد. در این پژوهش، وضعیت تصفیه و دفع فاضلاب تولیدی از بیمارستان های دانشگاه علوم پزشکی بابل مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

این پژوهش از نوع توصیفی - مقطعی می باشد، که در سال ۱۳۸۸ در کلیه بیمارستان های آموزشی دانشگاه علوم پزشکی بابل به نام های بیمارستان شهید بهشتی، بیمارستان شهید یحیی نژاد، بیمارستان کودکان امیرکلا و بیمارستان جدید التاسیس آیت الله روحانی انجام شده است. جهت تعیین کیفیت فاضلاب خام و تصفیه شده توسط سیستم های تصفیه فاضلاب، از پارامترهای شیمیایی نظیر

فاضلاب بیمارستانی توجه کافی شود. فرآیندهای متداول تصفیه فاضلاب شهری نظیر فرآیند لجن فعال با رشد معلق، علی رغم گستردگی استفاده و موفقیت در این زمینه، قادر به تصفیه مناسب و کافی فاضلاب بیمارستانی نمی باشند. در حال حاضر، کاربرد سیستم های تصفیه فاضلاب تلفیقی (به صورت فرآیندهای رشد چسبیده و معلق) برای تصفیه فاضلاب بیمارستانی مناسب تر است (۱۱،۱۰). از نظر میزان فاضلاب تولیدی در بیمارستان های ایران، مطالعاتی بر روی ۱۶ بیمارستان دانشگاه علوم پزشکی ایران و ۱۲ بیمارستان استان هرمزگان صورت گرفت که به ترتیب متوسط سرانه فاضلاب به ازای هر تخت حدود ۷۰۰ و ۳۶۲ لیتر ذکر گردید (۱۲،۱۰).

پارامترهای اساسی در ارزیابی کیفیت فاضلاب شامل BOD^۱ یا اکسیژن مورد نیاز باکتری ها جهت تجزیه مواد آلی، COD^۲ یا اکسیژن مصرفی توسط ترکیبات شیمیایی اکسیدکننده مواد آلی، TSS^۳ یا جامدات معلق کل به منظور تعیین مواد آلی و معدنی شناور در فاضلاب و باکتری های کلیفرم مدفوعی بر حسب حداکثر شمارش محتمل (MPN^۴) در ۱۰۰ میلی لیتر فاضلاب به عنوان نشانگر آلودگی میکروبی فاضلاب می باشند.

در خصوص کیفیت فاضلاب بیمارستانی در داخل کشور نیز مطالعاتی روی کیفیت فاضلاب خروجی از بیمارستان های امام حسین، مسیح دانشوری، مفید و مدرس در دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی صورت گرفت که مقادیر پارامترهای BOD، COD، TSS به ترتیب ۲۵۰ تا ۴۰۰ میلی گرم در لیتر، ۵۵۰ تا ۷۰۰ میلی گرم در لیتر، ۲۰۰ تا ۵۵۰ میلی گرم در لیتر و تعداد کلیفرم کل بیشتر از MPN ۲۴۰۰ در ۱۰۰ میلی لیتر بود (۱۳).

در رابطه با عملکرد تصفیه خانه های فاضلاب بیمارستانی نیز مطالعاتی در کشور صورت گرفته است. در تحقیقی که توسط یوسفی و همکاران بر روی میزان

1. Biological oxygen demand
2. Chemical oxygen demand
3. Total suspended solids
4. Most probable numbers

تجزیه و تحلیل آماری این پژوهش به کمک نرم افزار آماری SPSS و با آزمون ANOVA انجام شد.

یافته ها

در این پژوهش، بیشینه و کمینه pH فاضلاب خام ۸/۵ و ۷/۹ بدست آمده که به بیمارستان‌های شهید یحیی نژاد و کودکان امیرکلا مربوط بوده است. میانگین pH فاضلاب خام در این دو بیمارستان ۷/۷ و ۷/۴ بدست آمد. میانگین pH فاضلاب خام در کلیه بیمارستان‌های مورد مطالعه ۷/۵ می‌باشد. بیشینه، کمینه و میانگین pH فاضلاب خروجی از بیمارستان‌های مورد پژوهش، به ترتیب ۷/۹، ۷ و ۷/۴ بوده که این مقادیر از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری را با مقادیر pH فاضلاب خام دارا نمی‌باشد ($p > 0.05$). طبق جدول شماره ۲، بیشینه و کمینه TSS فاضلاب خام به ترتیب به بیمارستان‌های شهید بهشتی (۵۲۳ میلی گرم در لیتر) و کودکان امیرکلا (۷۲ میلی گرم در لیتر) مربوط بوده و میانگین TSS فاضلاب در این دو بیمارستان نیز ۳۷۵ و ۲۵۳ میلی گرم در لیتر می‌باشد. میانگین TSS فاضلاب خام در کلیه بیمارستان‌های مورد مطالعه ۲۹۶ میلی گرم در لیتر بدست آمد. بیشینه TSS فاضلاب تصفیه شده به بیمارستان شهید بهشتی (۱۶۳ میلی گرم در لیتر) و کمینه آن به بیمارستان کودکان امیرکلا (۱۹ میلی گرم در لیتر) مربوط می‌باشد. میانگین TSS فاضلاب خروجی از کلیه بیمارستان‌های مزبور ۷۸ میلی گرم در لیتر بوده است. مطابق جدول شماره ۲، میزان بیشینه غلظت BOD و COD فاضلاب خام به ترتیب ۶۷۴ و ۱۰۴۲ میلی گرم در لیتر و به

pH، BOD، COD و TSS و شاخص آلودگی میکروبی یا کلیفرم کل و مدفوعی در نمونه‌های برداشتی از فاضلاب ورودی و خروجی استفاده گردید. تعداد ۷۲ نمونه بر حسب تعداد بیمارستان، نقاط ورودی و خروجی فاضلاب، حداقل و حداکثر جریان (نمونه برداری لحظه‌ای) و نمونه‌های تکراری (۳ تکرار) بدست آمد. بعد از نمونه برداری فاضلاب و اختلاط کامل آنها (نمونه برداری مرکب)، نمونه‌ها جهت آنالیز، تفسیر و گزارش کیفیت نمونه‌ها، سریعاً به آزمایشگاه فرستاده شد. اندازه‌گیری pH به روش پتانسیومتری و با دستگاه pH سنج مدل Aqualytic، BOD به شیوه مانومتریک، COD به روش تقطیر برگشتی، TSS از طریق وزن سنجی و کلیفرم کل و مدفوعی به روش تخمیر چندلوله‌ای انجام شد. کلیه پارامترهای مزبور بر اساس روش‌های استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست کشور و مطابق کتاب روش‌های استاندارد آب و فاضلاب انجمن بهداشت عمومی آمریکا (۱۶) مورد سنجش قرار گرفت.

در این پژوهش، انواع روش‌های مورد استفاده جهت جمع‌آوری و دفع فاضلاب تصفیه شده و خروجی از بیمارستان‌ها (دفع در رودخانه، دفع در چاه جاذب، تخلیه در مجاری فاضلاب شهری، آبیاری جهت فضای سبز) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین شیوه‌های جمع‌آوری و دفع لجن تولیدی (تغلیظ و خشک کردن، هضم غیر هوازی لجن، برداشت و حمل لجن توسط ماشین‌های لجن کش) از فرآیندهای مختلف تصفیه (جدول شماره ۱) در این گونه از مراکز درمانی ارزیابی گردید.

جدول شماره ۱: مشخصات کلی سیستم‌های تصفیه فاضلاب در بیمارستان‌های مورد پژوهش

نام بیمارستان	شرایط	نوع سیستم تصفیه	نحوه دفع پساب	نحوه دفع پساب	واحد	سیستم	سیستم دفع	سیستم دفع
			رختشویخانه	آشپزخانه	چربی گیر	گندزدایی	پساب	لجن
شهید بهشتی	لجن فعال- هوادهی گسترده	سیستم تصفیه	سیستم تصفیه	سیستم تصفیه	ندارد	سیستم کلرزنی	مستقیماً به رودخانه	ندارد
شهید یحیی نژاد	لجن فعال- هوادهی گسترده	سیستم تصفیه	سیستم تصفیه	سپتیک تانک	دارد	سیستم کلرزنی	کانال رو باز- رودخانه	تغلیظ لجن
کودکان امیرکلا	لجن فعال- هوادهی گسترده	سیستم تصفیه	سیستم تصفیه	سیستم تصفیه	دارد	سیستم کلرزنی	چاه جاذب	تغلیظ لجن
آیت الله روحانی	لجن فعال- هوادهی گسترده	بدون تصفیه، گندزدایی پساب	سیستم تصفیه	سیستم تصفیه	دارد	سیستم کلرزنی	کانال رو باز- رودخانه	تغلیظ لجن

خام بیمارستان‌های شهید بهشتی، شهید یحیی‌نژاد و کودکان امیرکلا به ترتیب $4/2 \times 10^5$ ، $3/8 \times 10^5$ و $1/3 \times 10^5$ عدد برحسب MPN در ۱۰۰ میلی‌لیتر فاضلاب بوده است. در این پژوهش، بیشینه و کمینه تعداد کلیفرم‌ها در فاضلاب تصفیه شده به ترتیب ۱۹۶۳ و ۳۱۶ عدد در ۱۰۰ میلی‌لیتر بوده که به بیمارستان‌های شهید بهشتی و کودکان امیرکلا مربوط می‌باشد.

میزان کلر باقیمانده آزاد در فاضلاب خروجی از بیمارستان‌های شهید بهشتی، شهید یحیی‌نژاد، کودکان امیرکلا و آیت‌الله روحانی به ترتیب ۰/۲، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد.

بحث

یکی از پارامترهای مهم در ارزیابی کیفیت فاضلاب، pH یا میزان اسیدی یا قلیایی بودن آن است. افزایش یا کاهش این پارامتر در یک نوع از فاضلاب سبب رسوب، خوردگی و آسیب قسمت‌های مختلف تصفیه‌خانه یا شبکه و مجاری فاضلاب خواهد شد. همچنین این شاخص در انجام فرآیندهای بیولوژیک تصفیه فاضلاب نقش بارزی را ایفاء می‌نماید. میانگین کل میزان pH در فاضلاب خام و فاضلاب تصفیه شده در بیمارستان‌های مورد مطالعه، ۷/۵ و ۷/۴ بوده است. مطابق مطالعه Altin و همکاران در تعدادی از بیمارستان‌های ترکیه، میانگین pH فاضلاب خام در این بیمارستان‌ها ۷/۳ بوده است (۱۸). در مطالعه دیگر که

بیمارستان شهید بهشتی و میزان کمینه آنها به ترتیب ۱۵۴ و ۲۳۱ میلی‌گرم در لیتر و به بیمارستان کودکان امیرکلا مربوط بوده و میانگین کل آنها در این پژوهش به ترتیب ۴۰۰ و ۶۱۶ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. میزان بیشینه غلظت BOD و COD فاضلاب تصفیه شده به ترتیب ۱۶۴ و ۳۱۳ میلی‌گرم در لیتر و به بیمارستان شهید بهشتی مربوط می‌باشد. میزان کمینه این پارامترها در فاضلاب خروجی به ترتیب ۳۹/۵ و ۶۸ میلی‌گرم در لیتر بوده که به بیمارستان کودکان امیرکلا مربوط می‌شود. میانگین میزان BOD و COD در فاضلاب تصفیه شده بیمارستان‌های مزبور به ترتیب ۸۴ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد. با توجه به میانگین میزان TSS، BOD و COD فاضلاب خام و تصفیه شده در بیمارستان‌های مورد مطالعه، اختلاف آماری بین آنها معنی‌دار می‌باشد ($p < 0/05$). میانگین حذف TSS توسط سیستم‌های تصفیه در بیمارستان‌های شهید بهشتی، شهید یحیی‌نژاد و کودکان امیرکلا به ترتیب ۶۹/۶، ۷۲/۸ و ۸۰/۶ درصد و میانگین در صد حذف کل در آنها ۷۴/۳ درصد بدست آمد. میانگین حذف BOD و COD توسط سیستم‌های تصفیه فاضلاب در بیمارستان‌های شهید بهشتی، شهید یحیی‌نژاد و کودکان امیرکلا به ترتیب ۷۶/۱ و ۷۰/۵ درصد، ۷۸/۸ و ۷۷ درصد و ۸۳/۸ و ۸۲/۱ درصد و میانگین درصد حذف BOD و COD در کل بیمارستان‌ها به ترتیب ۷۹/۶ و ۷۶/۵ درصد بدست آمد. تعداد باکتری‌های کلیفرم کل در فاضلاب

جدول شماره ۲: کیفیت فاضلاب خام و تصفیه شده (میانگین و انحراف معیار) در بیمارستان‌های مورد پژوهش

پارامتر	pH		TSS(mg/L)		BOD (mg/L)		COD(mg/L)		TC(MPN/100 mL)		کلر باقیمانده (mg/L) پساب
	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی	
بیمارستان شهید بهشتی	۷/۶±۰/۷	۷/۴±۰/۴	۳۷۵±۱۴۸	۱۱۴±۳۹	۴۹۸±۱۷۶	۱۱۹±۴۵	۷۸۷±۲۵۵	۲۳۲±۸۱	۴/۲×۱۰ ^۵	۱۱۰±۸۵۴	۰/۲
شهید یحیی‌نژاد	۷/۷±۰/۸	۷/۵±۰/۴	۲۶۱±۱۲۴	۷۱±۳۸	۳۵۸±۱۵۳	۷۶±۳۳	۵۴۰±۲۱۳	۱۲۴±۴۷	۳/۸×۱۰ ^۵	۸۲۶±۳۳۲	۰/۱
کودکان امیرکلا	۷/۴±۰/۵	۷/۴±۰/۴	۲۵۳±۱۸۱	۴۹±۳۰	۳۴۵±۱۹۱	۵۶±۱۶/۵	۵۲۰±۲۸۹	۹۳±۲۵	۱/۳×۱۰ ^۵	۵۵۷±۲۴۱	۰/۲
میانگین بیمارستان‌ها	۷/۵±۰/۶	۷/۴±۰/۴	۲۹۶±۱۵۱	۷۸±۳۶	۴۰۰±۱۷۳	۸۴±۳۱/۵	۶۱۶±۲۵۲	۱۵۰±۵۱	۳/۱×۱۰ ^۵	۸۳۱±۵۰۹	۰/۱۷
سطح معنی‌داری	$p > 0/05$	$p > 0/05$	$p < 0/05$	$p < 0/05$	$p < 0/05$	$p < 0/05$	$p < 0/05$	$p < 0/05$	$p < 0/05$	$p > 0/05$	$p > 0/05$
استاندارد خروجی *	-	۶/۵-۸/۵	-	۴۰	-	۵۰	-	۱۰۰	-	۱۰۰۰	-

* استاندارد خروجی فاضلاب بیمارستانی بر اساس دستورالعمل سازمان حفاظت محیط زیست کشور (۱۷)

** در این ستون اعداد بصورت تعداد بیان شده است.

توسط شرکت مهندسی مشاور تکنولوژی پاک کشور تایلند بر روی کلیه بیمارستان‌ها انجام گردیده، میانگین pH فاضلاب در این گونه مراکز درمانی ۷/۲ بدست آمد (۱۹). در پژوهش سرافراز و همکاران در ۱۲ بیمارستان عمومی استان هرمزگان، میانگین pH فاضلاب خام در این بیمارستان‌ها ۷/۴۲ تعیین گردید (۱۰). براساس استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست کشور، گستره pH قابل قبول در فاضلاب خروجی به منابع پذیرنده محیط زیست ۶/۵ تا ۸/۵ بوده (۱۷) که با توجه به میانگین مقادیر pH فاضلاب خروجی از کلیه بیمارستان‌های مورد نظر (۷/۵)، این مقادیر قابل قبول می‌باشد.

یکی دیگر از پارامترهای متداول جهت ارزیابی کارآیی سیستم‌های تصفیه فاضلاب، تعیین میزان غلظت کل جامدات معلق (TSS) در فاضلاب تصفیه شده است (۱۹، ۲، ۳). در این پژوهش، میانگین TSS فاضلاب خام در کلیه بیمارستان‌های مورد مطالعه ۲۹۶ میلی گرم در لیتر بدست آمد. میانگین TSS در فاضلاب خانگی در گستره ۱۲۰ تا ۴۰۰ میلی گرم در لیتر بوده (۳) که به مقادیر بدست آمده در این پژوهش نزدیک است. مطابق پژوهش سرافراز و همکاران میانگین TSS فاضلاب خام در بیمارستان‌های استان هرمزگان ۲۳۱ میلی گرم در لیتر بوده است (۱۰). در تحقیق مجلسی و همکاران از مطالعه ۷۰ بیمارستان کشور، میانگین TSS فاضلاب خام ۲۹۱ میلی گرم در لیتر بدست آمده (۴) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. در مطالعه Altin و همکاران میانگین میزان TSS فاضلاب خام تعدادی از بیمارستان‌ها در ترکیه ۱۰۱ میلی گرم در لیتر بوده است (۱۸). براساس مطالعه Moersidik و همکاران میانگین TSS فاضلاب در بیمارستان‌های کشور اندونزی در گستره ۳۶ تا ۲۶۹ میلی گرم در لیتر بدست آمد (۱۹). میانگین TSS فاضلاب خروجی از کلیه بیمارستان‌های مزبور ۷۸ میلی گرم در لیتر بوده که از حد استاندارد و قابل قبول سازمان حفاظت محیط زیست کشور (۴۰ میلی گرم در لیتر) بالاتر می‌باشد (۱۷).

میانگین میزان BOD و COD در فاضلاب خام تولیدی از بیمارستان‌های مورد نظر به ترتیب ۴۰۰ و ۶۱۶ میلی گرم در لیتر بوده که در مقایسه با میانگین غلظت BOD و COD فاضلاب خانگی (به ترتیب ۱۱۰ تا ۳۵۰ و ۲۵۰ تا ۸۰۰ میلی گرم در لیتر) اندکی بالاتر می‌باشد (۱۹، ۳). طبق مطالعه شرکت مهندسی مشاور تکنولوژی پاک کشور تایلند، میانگین غلظت BOD و COD فاضلاب خام در بیمارستان‌های تایلند به ترتیب ۱۱۳ و ۲۳۲ میلی گرم در لیتر بدست آمد (۱۹). در بیمارستان‌های شهر بانکوک این مقادیر به ترتیب ۳۰۰ و ۴۳۰ میلی گرم در لیتر بوده است (۱۸). براساس مطالعه مجلسی و همکاران، میانگین غلظت BOD و COD فاضلاب خام در ۷۰ بیمارستان کشور به ترتیب ۳۴۸ و ۵۲۷ میلی گرم در لیتر گزارش گردیده (۴) که این مقادیر به نتایج مطالعه حاضر نزدیک می‌باشد. میانگین میزان BOD و COD در فاضلاب خروجی از بیمارستان‌های مورد مطالعه به ترتیب ۸۴ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر بوده که هر دو پارامتر بالاتر از حدود استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست کشور (۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر) بوده و غیر قابل قبول می‌باشند (۱۷). میانگین حذف TSS، BOD و COD فاضلاب توسط سیستم‌های تصفیه بیمارستان‌های مزبور به ترتیب ۷۴/۳، ۷۹/۶ و ۷۶/۵ درصد بدست آمد. براساس مطالعه مجلسی و همکاران میانگین میزان حذف BOD و COD در ۷۰ بیمارستان کشور به ترتیب ۶۷/۵ و ۶۴/۳ درصد گزارش گردید (۴). در مطالعه دهقان و همکاران بر روی سیستم‌های تصفیه فاضلاب ۴ بیمارستان وابسته به دانشگاه علوم پزشکی ایران، میانگین میزان حذف BOD و COD در آن‌ها به ترتیب ۷۳/۶ و ۶۹/۱ درصد بدست آمده (۱۲) که این نتایج با یافته‌های این تحقیق همخوانی دارد. در مطالعه رضایی و همکاران، میانگین میزان حذف BOD و COD فاضلاب بیمارستانی در یک رآکتور تصفیه فاضلاب غیرهوازی-هوازی با محیط ثابت به ترتیب ۸۲/۲ و ۸۸/۹ درصد بدست آمد (۱۱) در مطالعه دیگر

که توسط یوسفی و همکاران بر روی درجه موفقیت طرح بهینه‌سازی یک سیستم تصفیه فاضلاب بیمارستانی صورت گرفت، راندمان حذف BOD و COD به ترتیب ۸۹ و ۹۴ درصد ذکر گردید (۱۴). افزایش راندمان حذف پارامترهای فوق در ۲ مطالعه اخیر به علت استفاده همزمان و تلفیقی فرآیندهای تصفیه غیرهوازی-هوازی در محیط رشد چسبیده می‌باشد (۱۱).

یکی از شاخص‌های مهم ارزیابی وضعیت آلودگی میکروبی آب یا فاضلاب، باکتری‌های متعلق به خانواده کلیفرم می‌باشد. به طور کلی وجود باکتری‌های کلیفرم به ویژه باکتری‌های کلیفرم با منشأ روده‌ای، نشانه تماس آب و فاضلاب با فضولات انسانی و حیوانی بوده و امکان وجود عوامل پاتوژن در آن‌ها را محتمل می‌نماید. مطابق استاندارد ملی تخلیه و دفع پساب سازمان حفاظت محیط زیست کشور، حد مجاز تعداد کلیفرم کل موجود در فاضلاب بیمارستانی خروجی به منابع پذیرنده، ۱۰۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی‌لیتر فاضلاب می‌باشد (۱۷). میانگین تعداد کلیفرم کل بر حسب MPN در ۱۰۰ میلی‌لیتر در فاضلاب تصفیه شده مراکز مورد مطالعه، ۸۳۱ بوده که این مقدار از حد مجاز و استاندارد خروجی سازمان حفاظت محیط زیست کشور پایین تر است. میانگین میزان حذف باکتری‌های کلیفرم کل توسط سیستم‌های تصفیه فاضلاب در بیمارستان‌های شهید بهشتی، شهید یحیی‌نژاد و کودکان امیرکلا به ترتیب ۹۹/۷، ۹۹/۸ و ۹۹/۶ درصد و میانگین کل آن در این پژوهش ۹۹/۷ درصد می‌باشد. در مطالعه یوسفی و همکاران، میزان حذف باکتری‌های کلیفرم مدفوعی در بیمارستان‌های آموزشی ساری به نام‌های بوعلی، امام، زارع و فاطمه‌زها به ترتیب ۹۹/۵۷، ۹۷/۴۵، ۹۲/۴۷ و ۹۰/۶۳ درصد گزارش گردید (۱۴). در مطالعه سبزواری و همکاران درخصوص بررسی عملکرد تصفیه خانه بیمارستان آتیه سازان همدان، میزان حذف کلیفرم کل در فاضلاب خروجی ۹۹/۹۶ درصد بوده است (۲۰). نتایج این مطالعات نیز در این زمینه به

یافته‌های پژوهش حاضر نزدیک می‌باشند. در این پژوهش کلیه سیستم‌های تصفیه فاضلاب مورد استفاده از نوع لجن فعال با هوادهی گسترده می‌باشند. علی‌رغم گستردگی استفاده و موفقیت این نوع فرآیندها در تصفیه فاضلاب‌های خانگی، این گونه سیستم‌ها، قادر به تصفیه مناسب و کافی فاضلاب‌های بیمارستانی دارای شدت آلودگی زیاد نمی‌باشند. در حال حاضر، کاربرد سیستم‌های تصفیه فاضلاب واجد فرآیندهای رشد چسبیده و معلق توامان برای تصفیه فاضلاب بیمارستانی مناسب‌تر است (۱۱). مطابق بررسی‌های مجلسی و همکاران، ۷۸ درصد از بیمارستان‌های کشور دارای سیستم‌های تصفیه لجن فعال می‌باشند (۴).

باتوجه به نتایج این پژوهش، کلیه بیمارستان‌های مورد مطالعه مجهز به سیستم‌های تصفیه و دفع فاضلاب بوده، اما کارایی تصفیه و حذف آلودگی در آنها با یکدیگر متفاوت است. در این مطالعه علی‌رغم وجود سیستم کلرزنی در کلیه تصفیه‌خانه‌ها، میانگین میزان کلر باقیمانده در فاضلاب خروجی کمتر از حد استاندارد (۱ میلی گرم در لیتر) می‌باشد. میانگین میزان پارامترهای TSS، BOD، COD و کلیفرم کل در فاضلاب خروجی از بیمارستان‌های مورد مطالعه بالاتر از حد استاندارد خروجی مصوب سازمان حفاظت محیط زیست کشور بوده که نشان از کاهش کارایی حذف آلودگی فاضلاب بیمارستانی توسط سیستم‌های تصفیه فاضلاب در این گونه مراکز بهداشتی-درمانی می‌باشد. بنابراین، بازنگری اساسی در راستای ارتقای این نوع از تصفیه خانه‌ها در زمینه‌های طراحی، بهره‌برداری و نگهداری ضرورت دارد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی بابل که حمایت مالی این پروژه را عهده دار بوده تقدیر و تشکر می‌گردد.

References

1. Emmanuel E, Perrodin Y, Blanchard J, Vermande P. Chemical, Biological and Ecotoxicological of Hospital Wastewater. *J Sci Tech* 2001; 2: 31-33.
2. Mahvi A, Rajabizadeh A, Yousefi N, Hosseini H, Ahmadian M. Survey Wastewater Treatment Condition and Effluent Quality of Kerman Province Hospitals. *World Applied Sciences Journal* 2009; 7(12): 1521-1525.
3. Metcalf & Eddy Inc. Wastewater engineering: Treatment and Reuse, 4th Ed, New York, McGraw-Hill; 2004. PP 30-69.
4. Majlesi Nasr M, Yazdanbakhsh A. Study On Wastewater Treatment Systems In Hospitals Of Iran. *Iran J Environ Health Sci Eng* 2008; 5(3): 211-215.
5. Pauwels B, Verstraete W. The treatment of hospital wastewater. *J of Water and Health* 2006; 4(4): 405-416.
6. Jolibois B, Guerbet M. Hospital Wastewater Genotoxicity. *Ann Occup Hyg* 2006; 50(2): 189-196.
7. Kummerer K, Helmers E. Hospital effluents as a source for platinum in the environment. *The Science of the Total Environment* 2006; 193: 179-184.
8. Chitnisa V. Hospital Effluent: A Source of Multiple Drug Resistant Bacteria. *Curr Sci* 2000; 79: 989-991.
9. Chitnisa V. Bacterial Population Changes In Hospital Effluent Treatment Plant In Central India. *Water Research* 2004; 38: 441-447.
10. Sarafraz Sh, Khani MR, Yaghmaeian K. Quality and Quantity survey of hospital wastewaters in Hormozgan province. *Iran J Environ Health Sc Eng* 2006; 4(1): 43-50.
11. Rezaee A, Ansari A, Khavanin A, sabzali A, Aryan MM. Hospital wastewater treatment using an integrated anaerobic- aerobic fixed film bioreactor. *Am J Enviro Sci* 2005; 1(4): 259-263.
12. Dehghan AA, Gholami M, Farzadkia M. Performance assessment of Hospital Wastewater Treatment Plants Of Iran University Of Medical Sciences. *Proceeding of 12th Congress on environmental health, Shahid Beheshti University of medical Sciences, Tehran, 2009; 1644-1655.*
13. Majlesinasr M. Study of wastewater disposal and effluent quality in Shahid Beheshti university of medical sciences hospitals. *Pajouhandeh J* 2001; 6(24): 371-372.
14. Yousefi Z, Ghoochani M. Removal efficiency of fecal coliforms by wastewater treatment plants of educational hospitals in Sari. *Proceeding of 8th Congress on environmental health, Tehran, 2005; 1203-1211.*
15. Khorsandi H, Novidjouy N. Evaluation of wastewater treatment plant efficiency of Imam Khomeini hospital in Uromia and upgrading of operation system. *Urumia Medicine Journal* 2005; 16(1): 1-6.
16. APHA, AWWA and WEF, Standard Methods For Examination Of water and Wastewater. 20th ed, Washington DC: USA, American Public Health Association Publication; 2003. PP 321-330.
17. Iranian environment conservation organization. Environmental regulations and standards of Iran. 2003; 234-239.
18. Altin A, Altin S, Degirmenci M. Characteristics and treatability of hospital (medical) waste waters. *Fresenius Environmental Bulletin* 2003; 12(9): 1098-1108.
19. Mesdaghinia A, Naddafi K, Nabizadeh R, Saeedi R, Zamanzadeh M. Wastewater

- Characteristics and Appropriate Method for Wastewater Management in the Hospitals. Iranian J. Public Health 2009; 38(1): 34-40.
20. Sabzevari A, Binavapour M, Omid Sh, Mohammad Taheri A. Study of wastewater treatment plant operation of Atiesazan hospital of hamedan, Proceeding of 8th Congress on Environmental Health, Tehran University of Medical Sciences, 2005; 1245-1253.