علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره چهاردهم، شماره یک، بهار ۹۱

بررسی پارامترهای کمی وکیفی فاضلاب های بیمارستانی شهر تهران

اکبر مختاری آذر[1*]
Mokhtari.Akbar@gmail.com
امیر حسام حسنی[2]
محمد رضا خانی[3]

تاریخ دریافت:۸۶/۳/۲۰ **تاریخ پذیرش:۸۶/۶/۱۶**

چکیده

زمینه هدف: *از بین انواع فاضلاب، فاضلاب های بیمارستانی از نقطه نظر اهمیت بهداشتی نسبت به سایر فاضلاب ها به دلیل وجود ارگانیسم های بیماری زا و سایر عوامل خطرناک دارای اهمیت ویژه ای می‌باشد. از آن جا که آمار دقیقی از کمیت و کیفیت این فاضلاب ها در دست نیست، بنابراین در این تحقیق بررسی کمیت و کیفیت فاضلاب های بیمارستانی در بیمارستان های منتخب شهرتهران مد نظر بوده است.*

روش کار: *در این مطالعه ۱۴ بیمارستان که در بین آن ها بیمارستان های عمومی، تخصصی و فوق تخصصی نیز وجود داشت به عنوان جامعه پژوهشی تحقیق انتخاب گردید. از هر بیمارستان منتخب دو سری نمونه برداری به شکل لحظه ای و مرکب از فاضلاب خام و فاضلاب تصفیه شده بیمارستانی انجام و پارامترهای کیفی اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD_5) ، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) ، کل مواد معلق(TSS) و محلول(TDS) ، هدایت الکتریکی(EC) و pH سنجیده شد و همزمان دبی فاضلاب (کمیت) نیز اندازه گیری گردید.*

یافته ها: *نتایج تحقیق نشان می دهد که میانگین BOD_5، COD، TSS، TDS، pH و EC در نمونه برداری مرکب فاضلاب تصفیه شده به ترتیب ۴۲، ۶۶، ۵۴، ۷۶۸، ۷/۱، ۷۶۸ میلی گرم در لیتر و در نمونه برداری مرکب فاضلاب خام ۳۲۰، ۵۰۷، ۳۸۰، ۷۴۳، ۶/۹۷، ۵۶۱ میلی گرم درلیتر بوده است. حداقل و حداکثر BOD_5 در نمونه برداری مرکب برای فاضلاب تصفیه شده ۲۵ و ۶۸ و برای فاضلاب خام با ۲۸۱ و ۳۷۹ میلی گرم در لیتر به دست آمده است. حداقل و حداکثر COD در نمونه برداری مرکب برای فاضلاب تصفیه شده برابر ۳۷ و*

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی *(مسئول مکاتبات).
۲- استادیار دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی
۳- استادیار دانشکده بهداشت، واحد تهران پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی

۱۱۳ و برای فاضلاب خام ۴۱۹ و ۶۸۷ میلی گرم در لیتر به دست آمده است. حداقل و حداکثر TSS در نمونه برداری مرکب برای فاضلاب تصفیه شده ۲۸ و ۸۲ و برای فاضلاب خام ۳۰۰ و ۱۳۰۹ میلی گرم در لیتر به دست آمده است. حداقل و حداکثر TDS در نمونه برداری مرکب برای فاضلاب تصفیه شده ۶۲۶ و ۸۵۷ و برای فاضلاب خام ۴۶۹ و ۶۹۵ میلی گرم در لیتر به دست آمده است. حداقل و حداکثر pH در نمونه برداری مرکب برای فاضلاب تصفیه شده ۶/۵ و ۷/۸ و برای فاضلاب خام ۵/۹ و ۷/۸ میلی گرم در لیتر به دست آمده است. حداقل و حداکثر EC در نمونه برداری مرکب برای فاضلاب تصفیه شده ۳۹۸ و ۱۴۸۳ و برای فاضلاب خام ۴۸۱ و ۹۲۸ میلی گرم در لیتر به دست آمده است. از طرفی میانگین دبی فاضلاب بیمارستانی برای بیمارستان های کوچک تا ۴۰۰ تخت خوابی به میزان ۱۳۰۰ لیتر در روز به ازای هر تخت و برای بیمارستان های بزرگ تا ۱۰۰۰ تخت خوابی به میزان ۷۵۰ لیتر در روز به ازای هر تخت محاسبه گردید.

واژه های کلیدی: فاضلاب بیمارستانی ، کمیت وکیفیت، میکروارگانیسم های بیماری زا ، دبی فاضلاب، BOD ، COD، TSS، TDS، pH و EC

مقدمه

فاضلاب ها از مهم ترین عوامل آلودگی منابع آب ها به شمار می‌آیند و لازم است آن ها را به طریق صحیح جمع آوری، تصفیه و مجدداً به گردش آب در طبیعت برگرداند(۱). فاضلاب های بیمارستانی دارای میکروارگانیسم‌های بیماری زا به مقدار زیاد، موادشیمیایی و خطرناک و مواد رادیواکتیو و مواد آلی و معدنی هستند(۲) که جهت تصفیه آن ها نیاز به یک تصفیه خانه در محل احداث بیمارستان می باشد. بدیهی است فاضلاب های بیمارستانی از این نظر دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشند و در صورت عدم تصفیه این فاضلاب ها و دفع آن ها در زمین بیمارستان‌ها تبدیل به مراکز پخش آلودگی خواهند شد. برای احداث یک تصفیه خانه نیاز به پارامترهای کمی و کیفی می باشد که از آن دسته می‌توان به دبی، COD، BOD_5، TSS، TDS، pH و EC اشاره کرد. در ایران تحقیق چندانی روی فاضلاب های بیمارستانی صورت نگرفته است و یا در قالب یک پایان نامه در یک بیمارستان مطالعه انجام شده است. در سایر نقاط دنیا نیز Tsai,C.T و همکارش تأثیر ضدعفونی کردن لجن فاضلاب بیمارستانی با استفاده از هیپوکلریت و دی‌اکسیدکلرین را در سال ۱۹۹۹ آزمودند(۳). Kathryn,D.B و همکارانش، وجود آنتی بیوتیک‌ها در پساب کارخانجات لبنیات و بیمارستانی و همچنین در فاضلاب های شهری را سال ۲۰۰۵ بررسی کردند. (۴) Belanch و همکارانش، پراکندگی جمعیت‌های انتروکوکی مرتبط بافاضلاب های شهری و بیمارستانی را در سال ۲۰۰۳ مقایسه کردند. Jolibois,B و همکارانش خاصیت ژنوتوکسیکی فاضلاب های بیمارستانی را در سال ۲۰۰۵ بررسی کردند(۲). از آن‌جا که اطلاعات دقیقی از کمیت و کیفیت فاضلاب های بیمارستانی در شهر تهران در دسترس نیست، این تحقیق می تواند به این موضوع کمک کند تا یک رشته اطلاعات پایه ای در دست طراحان تصفیه خانه قرار بگیرد. بیمارستان ها به طور کلی به دو دسته عمومی و تخصصی تقسیم می شوند. قسمت‌های مختلف تولید کننده فاضلاب در یک بیمارستان عبارتند از: اتاق عمل، اتاق زایمان، آزمایشگاه، رادیوتراپی، رادیولوژی، اتاق سی تی اسکن، درمانگاه، بخش استریلیزاسیون، رختشوی‌خانه، بخش ضد عفونی، آشپزخانه و بخش های تاسیسات حرارتی (۵).

مشخصات و خطرات فاضلاب مراکز بهداشتی درمانی: فاضلاب مؤسسات درمانی از نظر کیفیت مشابه فاضلاب شهری است که شامل برخی ترکیبات زیر است که: مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیک، مواد معدنی (محلول، کلوئیدی یا معلق)، فلزات سمی، مواد شوینده (دترجنت‌ها) پاتوژن‌های میکروبی، مواد شیمیایی سمی (خطرناک)، مواد دارویی، ایزوتوپ های رادیواکتیو (۶).

مشکلات زیست محیطی ناشی از تخلیه مستقیم فاضلاب های بیمارستانی به شبکه فاضلاب شهری: یکی

از مشکلات زیست محیطی ایجاد شده توسط پساب های بیمارستانی تخلیه آن ها به همان صورت به داخل شبکه فاضلاب روی شهری (بدون پیش تصفیه) است . در بیمارستان گستره ای از ترکیبات مختلف اعم از دارو ها و مواد خاص برای اهداف درمانی، تشخیصی و گندزدایی مصرف می شود. در کنار این ترکیبات فعال، مواد فرمولاسیون شده و در بعضی موارد رنگدانه ها و رنگ ها به عنوان ترکیبات دارویی مصرف می شود. (۶) گندزداها، محصولات و مخلوط های پیچیده ای از ترکیبات فعال هستند. بعد از کار برد این ترکیبات، ترکیبات زیادی به بیرون ترشح می شود که شامل ترکیبات متابولیز نشده توسط بیمار است که این ترکیبات به فاضلاب شهری راه می یابد. بعد از کاربرد گندزداها و کاربرد آن ها در محل مورد نظر ممکن است این ترکیبات در نهایت به فاضلاب شهری راه یابد. ترکیبات گوناگونی که تجزیه پذیر نیستند، ممکن است در نهایت از طریق پساب های تصفیه خانه های فاضلاب شهری به آب های سطحی راه یابند (۶).

Kathryn, D.B و همکارانش در سال ۲۰۰۵ وجود آنتی بیوتیک‌ها در پساب کارخانجات لبنیات و بیمارستانی و همچنین در فاضلاب های شهری را تأیید کردند (۴). Kummerer,K و همکارانش در سال ۱۹۹۶ نقش پساب های بیمارستانی به عنوان یکی از منابع فلزی در محیط زیست را بررسی کردند و نشان دادند که انواع فلزات نظیر فلزات سنگین در پساب های فاضلاب های بیمارستانی وجود دارد(7). ذبیح الله یوسفی و همکاران در سال ۱۳۸۴ کارایی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب بیمارستان های آموزشی ساری را مطالعه کردند و نشان دادند که این تصفیه خانه ها در جهت حذف کلیفرم ها از کارایی بالایی برخوردارند(۸). زهره جوادی در سال ۱۳۷۶ نحوه تصفیه و دفع فاضلاب بیمارستان های وابسته به‌دانشگاه علوم پزشکی ایران را مورد بررسی قرارداد و میزان سرانه فاضلاب را محاسبه کرده و تعداد بیمارستان های دارای تصفیه و فاقد تصفیه خانه و نحوه دفع پساب بیمارستان ها در نتایج این تحقیق مشخص شده است(۹).

هدف از انجام این تحقیق تعیین کمیت و کیفیت فاضلاب تولیدی در بیمارستان ها و بررسی میزان تصفیه پذیری آن می‌باشد.

مواد و روش ها

روش تحقیق، مطالعات کتابخانه ای، مطالعات میدانی و آزمایشگاهی بوده است. در این تحقیق بیمارستان های شهر تهران اعم از خصوصی، دولتی، تحت ملکیت دانشگاهی یا سازمان هایی از قبیل ارتش و سپاه و تأمین اجتماعی و خیریه شناسایی شده و از بین آن ها با احتساب تعداد تخت و بخش های موجود در هر بیمارستان ۱۴ واحد انتخاب شد که در این بین، بیمارستان ۱۰۰ تخت خوابی و بیمارستانی با ظرفیت بالای ۱۰۰۰ تخت خوابی نیز موجود می باشد، بخش های موجود در هر بیمارستان در جدول ۱ آمده است.

جدول۱-تأثیرات آلاینده های مهم هوا بر جوامع انسانی

بخش ها / بیمارستان	داخلی	اطفال و نوزاد	زنان وزایمان	جراحی عمومی	جراحی مغزواعصاب	جراحی چشم	قلب و عروق	جراحی ترمیمی	ارتوپدی	عفونی	روان پزشکی	I.C.U و C.C.U	داخلی اعصاب	گوارش	روماتولوژی هماتولوژی	پوست و غدد	اورژانس و اداری	ریوی و کلیوی
شماره ۱	♦		♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦			♦		♦	♦		♦	♦
شماره ۲	♦		♦	♦	♦		♦											
شمار ۳	♦	♦	♦	♦	♦	♦			♦		♦	♦	♦	♦				
شماره ۴	♦	♦	♦	♦	♦		♦		♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
شماره ۵											♦							
شماره ۶	♦	♦	♦	♦	♦	♦		♦	♦								♦	
شماره ۷	♦		♦	♦								♦						
شماره ۸	♦			♦						♦					♦			♦
شماره ۹	♦					♦	♦	♦		♦		♦			♦		♦	♦
شماره ۱۰	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦			♦		♦			♦	
شماره ۱۱	♦			♦			♦					♦			♦		♦	
شماره ۱۲			♦									♦						
شماره ۱۳		♦	♦	♦	♦				♦			♦					♦	
شماره ۱۴	♦	♦		♦		♦												

مدت زمان انجام این تحقیق ۱۲ ماه طول کشید. ایستگاه های نمونه برداری در ۲ مکان قبل از ورود فاضلاب به تصفیه خانه و پس از خروج از تصفیه خانه در محل ورود به محیط انتخاب شدند. پس از نمونه برداری لحظه‌ای و مرکب از هر دو ایستگاه، ۴ نمونه از هر بیمارستان تهیه و در نهایت مورد آنالیز قرار می گرفت.

تمام نمونه ها اعم از لحظه‌ای و مرکب به دو روش استاندارد متد سال۱۹۹۲ (۱۰) اندازه گیری شدند. نمونه های لحظه‌ای در یک زمان مشخص و به شکل ساده برداشت می‌شد، ولی برای نمونه های مرکب هر نیم ساعت نیم لیتر فاضلاب برداشت شده که در نهایت ۵ لیتر فاضلاب جمع آوری شده و کاملاً مخلوط شده و سپس آنالیز می‌شد. نمونه‌ها از سایت بیمارستان تا آزمایشگاه داخل کلد باکس عایقی منتقل می شدند تا جا به جایی حرارتی به وجود نیاید. برای اندازه گیری دبی فاضلاب از سرریز مستطیل شکل استفاده شده که اساس کار آن دقیقاً بر اساس کار ونتوری مترهای کانال های باز می‌باشد. روش اندازه گیری پارامترهای کیفی نیز در جدول ۲ آمده است.

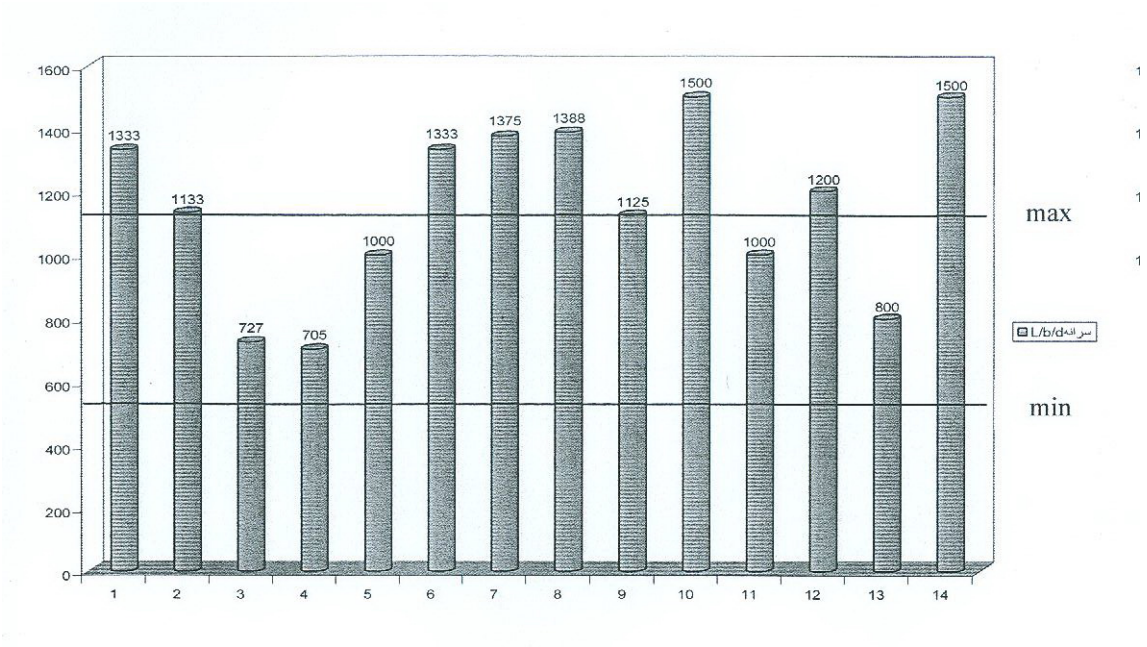
یافته ها: بر اساس اندازه گیری های انجام شده دبی بیمارستان‌های مورد مطالعه در قیاس با مراجع مختلف در جدول۳ و نمودارهای ۱ تا ۴ قابل مشاهده می باشد.

جدول ۲- روش اندازه گیری پارامترهای کیفی فاضلاب بیمارستانی

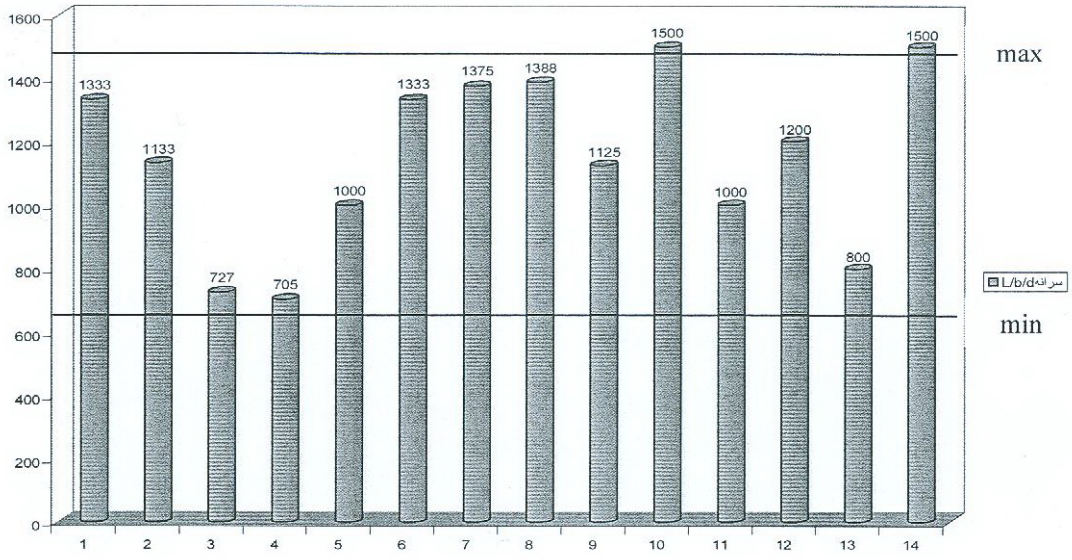
ردیف	نام آزمایش	روش اندازه گیری	ردیف	نام آزمایش	روش اندازه گیری
۱	BOD_5	استاندارد متد شماره ۵۲۱۰	۴	TDS	دستگاه Sension3
۲	COD	استاندارد متد شماره ۵۲۲۰	۵	EC	استاندارد متد شماره ۲۵۱۰
۳	TSS	استاندارد متد شماره ۲۵۴۲۰	۶	pH	استاندارد متد شماره 4500_H^+

جدول ۳- مقایسه دبی تصفیه خانه های فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه با مراجع مختلف(۱ و ۱۳-۱۱)

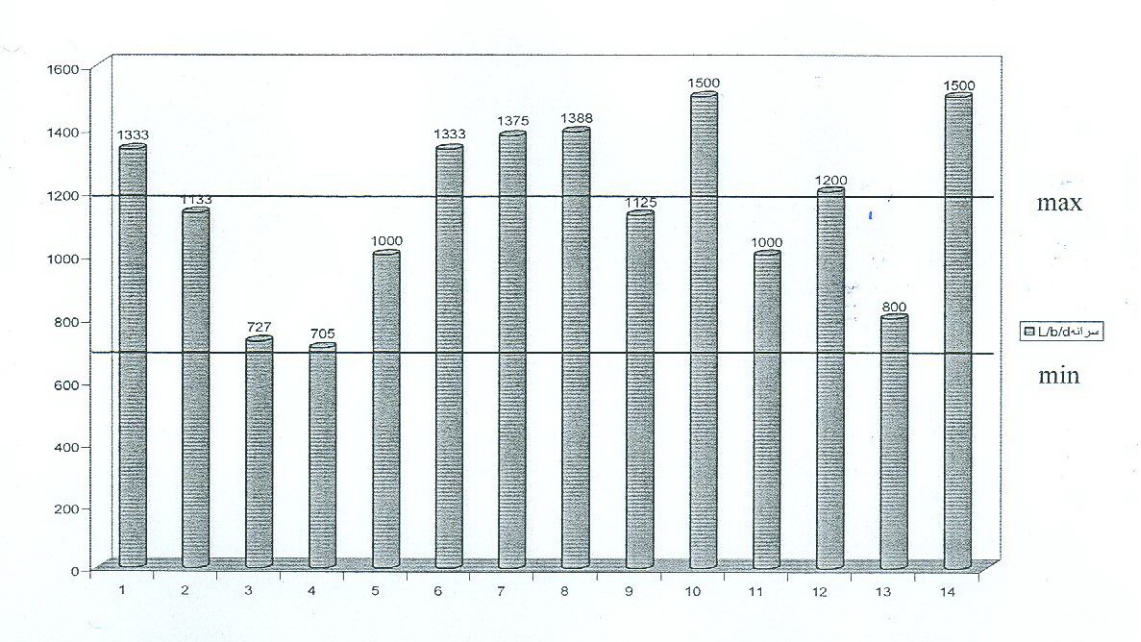
ردیف	بیمارستان	دبی m^3/d	سرانه L/b/d	تعداد تخت	نوع بیمارستان	Water and Wastewater Technology	Environmental Engineering and Sanitation	Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse	W.H.O
۱	شماره ۱	۸۰	۱۳۳۳	۶۰	عمومی	۵۶۸ – ۱۱۳۶	۶۶۲ – ۱۵۱۴	۷۰۰ – ۱۲۰۰	۵۷۰ – ۹۴۵
۲	شماره ۲	۱۷۰	۱۱۳۳	۱۵۰	تخصصی				
۳	شمار ۳	۴۰۰	۷۲۷	۵۵۰	عمومی				
۴	شماره ۴	۶۰۰	۷۰۵	۸۵۰	عمومی				
۵	شماره ۵	۱۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰	روان‌پزشکی				
۶	شماره ۶	۲۰۰	۱۳۳۳	۱۵۰	تخصصی				
۷	شماره ۷	۱۱۰	۱۳۷۵	۸۰	فوق تخصصی				
۸	شماره ۸	۲۵۰	۱۳۸۸	۱۸۰	کودکان				
۹	شماره ۹	۴۵۰	۱۱۲۵	۴۰۰	عمومی				
۱۰	شماره ۱۰	۱۵۰	۱۵۰۰	۱۰۰	عمومی				
۱۱	شماره ۱۱	۲۵۰	۱۰۰۰	۲۵۰	تخصصی				
۱۲	شماره ۱۲	۳۰۰	۱۲۰۰	۲۵۰	عمومی				
۱۳	شماره ۱۳	۷۵۰	۷۵۰	۱۰۰۰	فوق تخصصی				
۱۴	شماره ۱۴	۱۵۰	۱۵۰۰	۱۰۰	تخصصی				



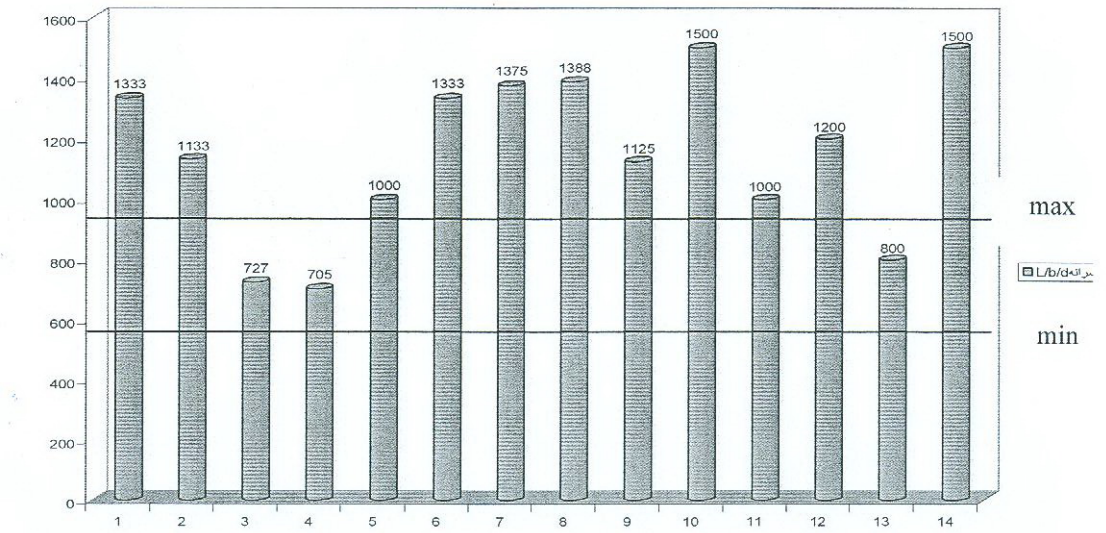
نمودار ۱- مقایسه سرانه جامعه پژوهشی با منبع Water and Wastewater Technology (۱۱)



نمودار ۲- مقایسه سرانه جامعه پژوهشی با منبع Environmental Engineering and Sanitation (۱۲)



نمودار ۳- مقایسه سرانه جامعه پژوهشی با منبع Engineering Treatment, Disposal, Reuse (۱)



نمودار ۴- مقایسه سرانه جامعه پژوهشی با استاندارد W.H.O (۱۳)

بررسی کمیت فاضلاب های بیمارستانی نشان داد که میانگین دبی فاضلاب برای بیمارستان های کوچک که ظرفیت آن ها از ۶۰ تا ۴۰۰ تخت خواب است، به میزان ۱۳۰۰ لیتر در روز به ازای هر تخت و برای بیمارستان های بزرگ از ۴۰۰ تا ۱۰۰۰ تخت خوابی به میزان ۷۵۰ لیتر در روز به ازای هر تخت می باشد. ضمناً کم‌ترین دبی به ازای هر تخت ۷۰۵ لیتر در روز و بیشترین آن به ازای هر تخت ۱۵۰۰ لیتر در روز بود که در مقایسه با محدوده مقادیر پیشنهادی در مراجع مختلف 1992, Salvato, (11)1996, Hammer, Mark J. (12)، 2005, MetCalf and Eddy (1) و 1996, W.H.O(۱۰) تا حدودی تطبیق دارد. در این میان مرجع Salvato با بیشترین میزان پوشش دهی مطابق ترین مرجع با جامعه پژوهشی ما می باشد.

نتـــایج حاصـــل از انـــدازه گیـــری کیفـــی فاضـــلاب هـــای بیمارستانی:

پس از نمونه برداری و آنالیز پارامترهای کیفی مورد نظر، نتایج به دست آمده در جداول تفکیک شده ۴ تا ۷ آمده است. نتایج حاصل از نمونه برداری لحظه ای فاضلاب بیمارستانی خام در جدول ۴، نتایج حاصل از نمونه برداری لحظه ای فاضلاب بیمارستانی تصفیه شده در جدول ۵، نتایج حاصل از نمونه برداری مرکب فاضلاب بیمارستانی خام در جدول ۶ و نتایج حاصل از نمونه برداری مرکب فاضلاب بیمارستانی تصفیه شده در جدول ۷ قابل مشاهده می باشد .

جدول ۴- پارامترهای کیفی خام در نمونه برداری لحظه ای

متغیرها / بیمارستان	تعداد	BOD	COD	TSS	TDS	pH	EC
شماره ۱	۶۰	۳۲۰	۵۴۰	۹۵۴	۶۷۵	۵/۲	۹۸۰
شماره ۲	۱۵۰	۲۴۰	۴۵۸	۷۸۵	۵۵۵	۵/۳	۸۸۸
شمار ۳	۵۵۰	۱۲۰	۲۲۸	۳۰۰	۲۱۲	۶/۵	۳۳۶
شماره ۴	۸۵۰	۵۶۰	۷۰۴	۶۸۹	۷۲۵	۳	۹۵۷
شماره ۵	۱۰۰	۲۱۵	۲۸۹	۵۱۴	۳۶۳	۱۰	۵۸۱
شماره ۶	۱۵۰	۶۹۴	۱۰۲۹	۷۴۴	۵۲۷	۶/۹	۸۴۳
شماره ۷	۸۰	۴۱۸	۸۲۷	۸۲۰	۵۸۰	۵/۵	۹۶۶
شماره ۸	۱۸۰	۱۲۰	۲۹۵	۳۵۸	۲۵۳	۵/۱	۳۹۸
شماره ۹	۴۰۰	۲۱۲	۳۴۵	۷۲۰	۵۰۹	۶/۲	۸۱۴
شماره ۱۰	۱۰۰	۲۲۰	۳۱۰	۵۶۰	۳۹۶	۶/۵	۶۳۳
شماره ۱۱	۲۵۰	۱۲۱۵	۲۲۵۶	۱۳۰۹	۹۲۷	۵/۸	۴۸۳
شماره ۱۲	۲۵۰	۲۱۵	۳۰۹	۶۴۴	۴۵۵	۵/۸	۷۲۸
شماره ۱۳	۱۰۰۰	۳۱۰	۴۸۰	۴۶۹	۳۳۲	۵/۷	۵۳۴
شماره ۱۴	۱۰۰	۳۶۰	۷۹۰	۸۰۵	۵۶۹	۶/۶	۹۱۱

جدول ۵- پارامتر های کیفی تصفیه شده در نمونه برداری لحظه ای

متغیرها / بیمارستان	تعداد تخت	BOD	COD	TSS	TDS	pH	EC
شماره ۱	۶۰	۳۲۰	۵۴۰	۹۵۴	۶۷۵	۵/۲	۹۸۰
شماره ۲	۱۵۰	۲۴۰	۴۵۸	۷۸۵	۵۵۵	۵/۳	۸۸۸
شمار ۳	۵۵۰	۱۲۰	۲۲۸	۳۰۰	۲۱۲	۶/۵	۳۳۶
شماره ۴	۸۵۰	۵۶۰	۷۰۴	۶۸۹	۷۲۵	۳	۹۵۷
شماره ۵	۱۰۰	۲۱۵	۲۸۹	۵۱۴	۳۶۳	۱۰	۵۸۱
شماره ۶	۱۵۰	۶۹۴	۱۰۲۹	۷۴۴	۵۲۷	۶/۹	۸۴۳
شماره ۷	۸۰	۴۱۸	۸۲۷	۸۲۰	۵۸۰	۵/۵	۹۶۶
شماره ۸	۱۸۰	۱۲۰	۲۹۵	۳۵۸	۲۵۳	۵/۱	۳۹۸
شماره ۹	۴۰۰	۲۱۲	۳۴۵	۷۲۰	۵۰۹	۶/۲	۸۱۴
شماره ۱۰	۱۰۰	۲۲۰	۳۱۰	۵۶۰	۳۹۶	۶/۵	۶۳۳
شماره ۱۱	۲۵۰	۱۲۱۵	۲۲۵۶	۱۳۰۹	۹۲۷	۵/۸	۴۸۳
شماره ۱۲	۲۵۰	۲۱۵	۳۰۹	۶۴۴	۴۵۵	۵/۸	۷۲۸
شماره ۱۳	۱۰۰۰	۳۱۰	۴۸۰	۴۶۹	۳۳۲	۵/۷	۵۳۴
شماره ۱۴	۱۰۰	۳۶۰	۷۹۰	۸۰۵	۵۶۹	۶/۶	۹۱۱

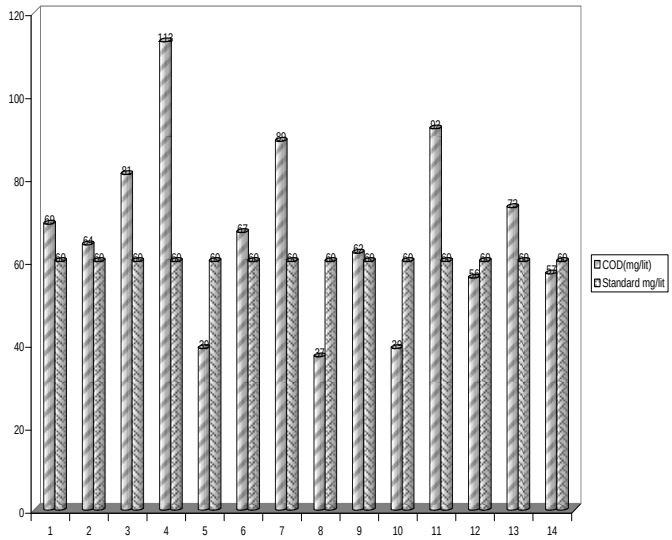
جدول ۶- پارامترهای کیفی خام در نمونه برداری مرکب

متغیر ها / بیمارستان	تعداد تخت	BOD	COD	TSS	TDS	pH	EC
شماره ۱	۶۰	۳۴۲	۵۰۳	۴۱۵	۸۸۶	۷/۲	۵۵۱
شماره ۲	۱۵۰	۳۱۴	۴۱۹	۳۸۵	۷۸۹	۶/۶	۴۷۲
شمار ۳	۵۵۰	۳۱۸	۴۸۱	۳۹۶	۷۴۹	۷/۶	۵۱۷
شماره ۴	۸۵۰	۳۷۹	۶۴۵	۴۳۷	۹۱۹	۶/۵	۶۰۵
شماره ۵	۱۰۰	۲۸۱	۴۶۷	۳۳۴	۶۶۱	۷/۴	۴۸۸
شماره ۶	۱۵۰	۳۲۳	۵۸۱	۳۸۵	۸۳۷	۷/۱	۵۷۳
شماره ۷	۸۰	۲۹۳	۳۷۸	۳۵۴	۶۸۴	۶/۸	۵۱۶
شماره ۸	۱۸۰	۲۹۴	۴۴۹	۳۷۱	۶۸۸	۶/۴	۵۳۶
شماره ۹	۴۰۰	۳۱۵	۴۹۷	۳۶۶	۶۲۸	۶/۳	۴۹۱
شماره ۱۰	۱۰۰	۳۱۷	۴۵۶	۳۷۸	۶۵۶	۷/۳	۴۸۲
شماره ۱۱	۲۵۰	۳۷۲	۶۸۷	۳۸۲	۷۵۹	۶/۵	۵۷۷
شماره ۱۲	۲۵۰	۲۸۹	۵۶۵	۳۴۴	۶۵۶	۶/۹	۴۶۹
شماره ۱۳	۱۰۰۰	۳۵۳	۶۱۸	۴۲۱	۷۳۱	۷/۸	۵۸۷
شماره ۱۴	۱۰۰	۲۸۵	۴۵۹	۳۳۳	۷۶۷	۷/۳	۵۱۶

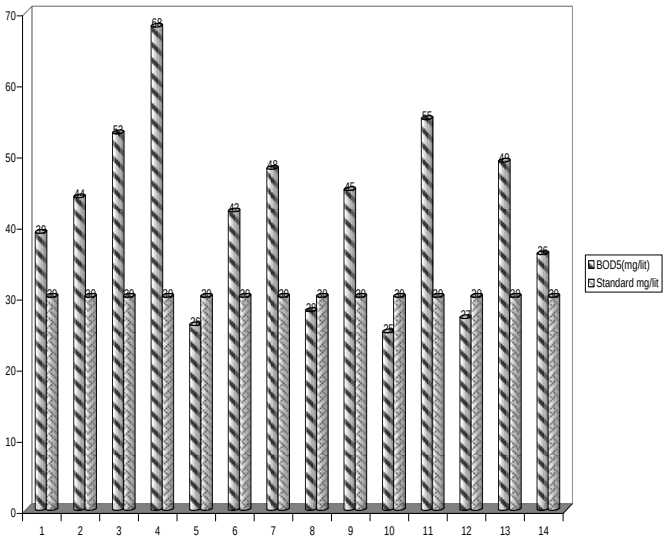
جدول ۷- پارامترهای کیفی تصفیه شده در نمونه برداری مرکب

متغیرها / بیمارستان	تعداد تخت	BOD	COD	TSS	TDS	pH	EC
شماره ۱	۶۰	۳۹	۶۹	۴۹	۷۹۲	۷	۵۳۷
شماره ۲	۱۵۰	۴۴	۶۴	۵۵	۷۷۷	۶/۸	۵۰۶
شمار ۳	۵۵۰	۵۳	۸۱	۶۷	۷۶۵	۶/۹	۴۷۲
شماره ۴	۸۵۰	۶۸	۱۱۳	۸۲	۸۵۷	۷/۲	۵۴۵
شماره ۵	۱۰۰	۲۶	۳۹	۲۸	۶۲۶	۷/۸	۵۱۸
شماره ۶	۱۵۰	۴۲	۶۷	۶۱	۸۵۴	۷/۴	۵۶۶
شماره ۷	۸۰	۴۸	۸۹	۶۶	۸۳۸	۷/۱	۵۳۷
شماره ۸	۱۸۰	۲۸	۳۷	۵۰	۷۵۸	۷/۳	۴۹۷
شماره ۹	۴۰۰	۴۵	۶۲	۵۷	۸۰۵	۷/۲	۴۸۹
شماره ۱۰	۱۰۰	۲۵	۳۹	۳۳	۷۹۹	۷/۱	۵۶۲
شماره ۱۱	۲۵۰	۵۵	۹۲	۶۹	۸۱۵	۶/۵	۵۲۶
شماره ۱۲	۲۵۰	۲۷	۵۶	۳۱	۶۶۷	۷	۵۲۴
شماره ۱۳	۱۰۰۰	۴۹	۷۳	۶۳	۷۵۶	۷/۶	۵۴۸
شماره ۱۴	۱۰۰	۳۶	۵۷	۴۴	۶۶۸	۶/۹	۵۱۱

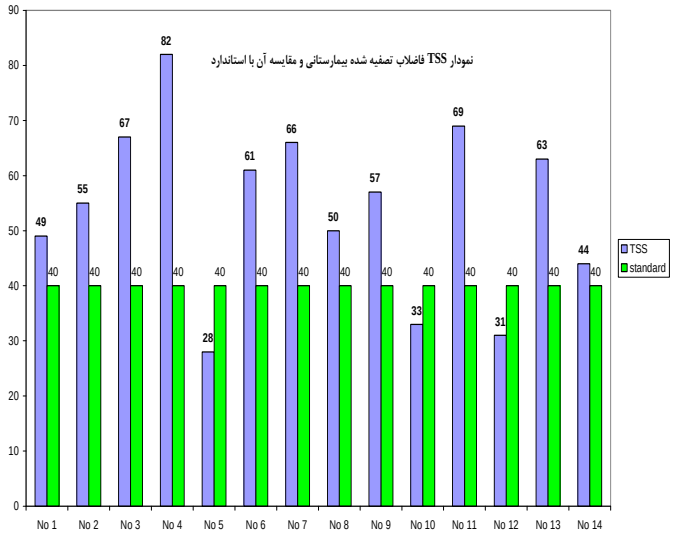
پس از به دست آمدن نتایج برای مقایسه بهتر، نمودارهای مقایسه ای پارامترهای BOD_5 , COD, TSS , pH فاضلاب تصفیه شده را در نمونه برداری مرکب ترسیم شده که در نمودارهای ۵ تا ۸ و نمودارهای مقایسه ای پارامترهای pH , BOD_5 , COD, TSS فاضلاب خام در نمودارهای ۹ تا ۱۲ آمده است.



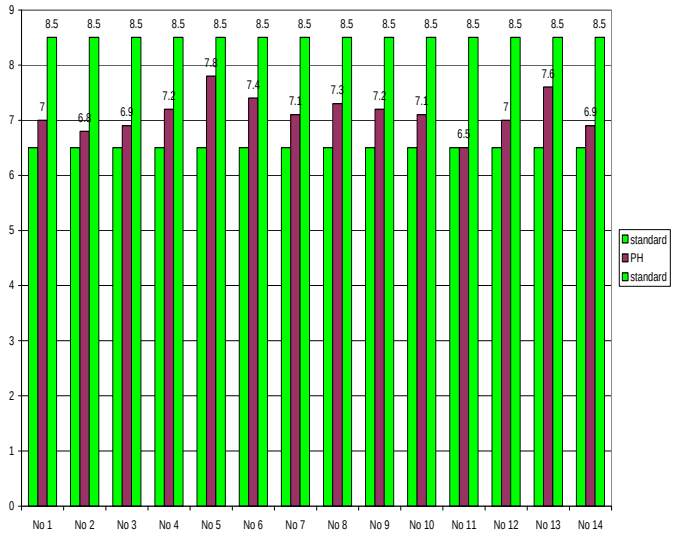
نمودار ۵- نمودار مقایسه ای COD فاضلاب تصفیه شده در نمونه برداری مرکب



نمودار ۶- نمودار مقایسه ای BOD_5 فاضلاب تصفیه شده در نمونه برداری مرکب



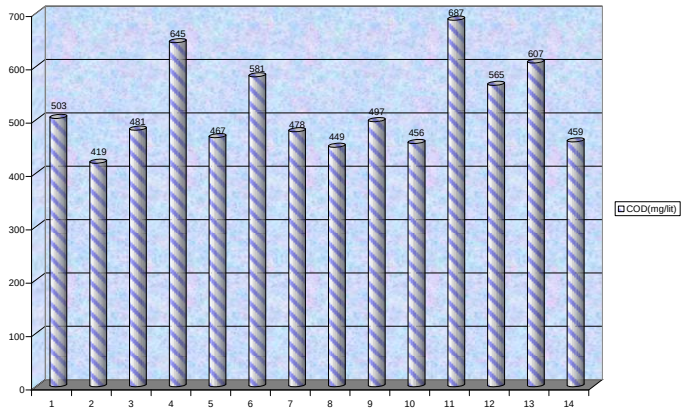
نمودار ۷- نمودار مقایسه ای TSS فاضلاب تصفیه شده در نمونه برداری مرکب



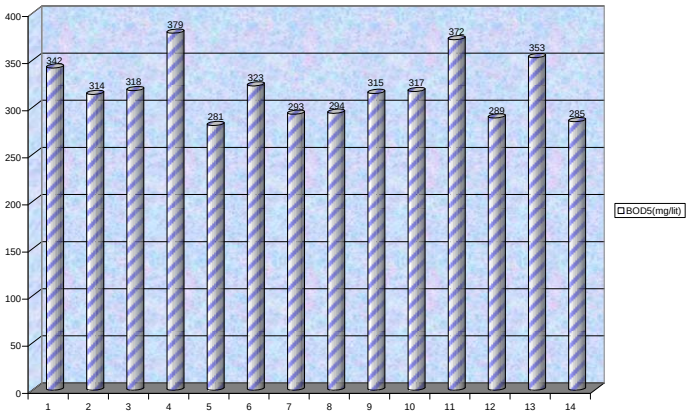
نمودار ۸- نمودار مقایسه ای pH فاضلاب تصفیه شده در نمونه برداری مرکب

با توجه به مقایسه نمونه برداری لحظه ای و مرکب کاملاً مشهود است که برای استناد به اعداد به دست آمده، می‌باید نمونه برداری به شکل مرکب انجام شود و بالاخص برای فاضلاب های بیمارستانی و صنایع نمونه برداری لحظه‌ای پاسخگو نمی باشد. میزان BOD_5 فاضلاب تصفیه شده مرکب در قسمت خروجی تصفیه خانه همان گونه که در نمودار شکل ۶ مشخص گردیده است، حداقل ۲۵ و حداکثر ۶۸ و میانگین آن ۴۲میلی گرم در لیتر می باشد. در این میان فقط ۴ واحد از جامعه پژوهشی BOD_5 پساب خود را در حد استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران وارد محیط می‌کنند(۳). میزان COD فاضلاب تصفیه شده در قسمت خروجی تصفیه خانه همان گونه که در نمودار ۵ مشخص گردیده است، حداقل ۳۷ و حداکثر ۱۱۳ و میانگین آن ۶۶ میلی گرم در لیتر می باشد. در این میان فقط ۵ واحد از جامعه پژوهشی COD پساب خود را در حد استاندارد (۳) وارد محیط می کنند. میزان TSS فاضلاب تصفیه شده در قسمت خروجی تصفیه خانه همان گونه که در نمودار ۷ مشخص گردیده است، حداقل ۲۸ و حداکثر ۸۲ و میانگین آن ۵۴ میلی گرم در لیتر می باشد. در این میان فقط ۳ واحد از جامعه پژوهشی TSS پساب خود را در حد استاندارد وارد محیط می کنند. میزان pH فاضلاب تصفیه شده در قسمت خروجی تصفیه خانه همان گونه که در نمودار ۸ مشخص گردیده است، حداقل ۶/۵ و حداکثر ۷/۸ و میانگین آن ۷/۱ می باشد در این میان تمام واحدهای جامعه پژوهشی pH پساب خود را در حد استاندارد وارد محیط می کنند.

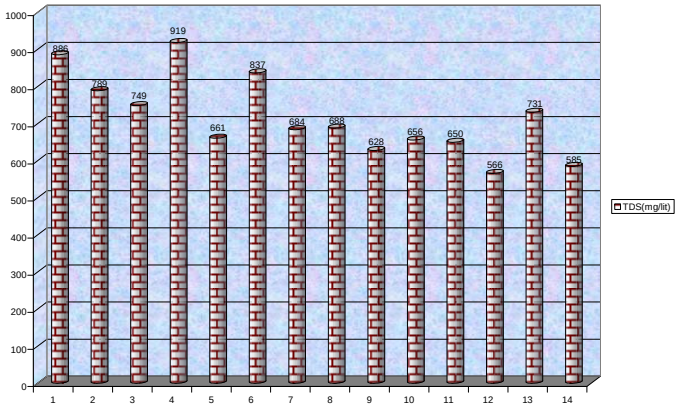
پس از بررسی پارامترهای کیفی تصفیه شده به بررسی پارامترهای‌کیفی خام می‌پردازیم نمودارهای ۹ تا ۱۴ نمودارهای pH , EC , TDS , TSS , COD , BOD_5 فاضلاب خام بیمارستانی جامعه پژوهشی، در نمونه برداری مرکب را نشان می دهد که با مشاهده این نمودار ها میزان نوسان هر یک از پارامترها (کمینه و بیشینه) مشخص می شود.



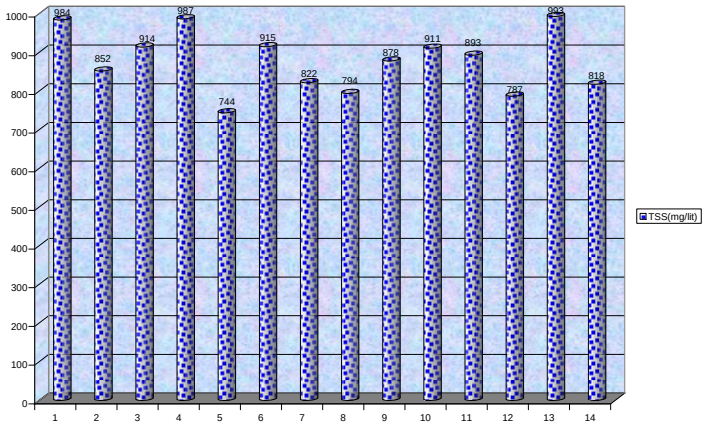
نمودار ۹- محدوده نوسان COD فاضلاب خام در نمونه برداری مرکب



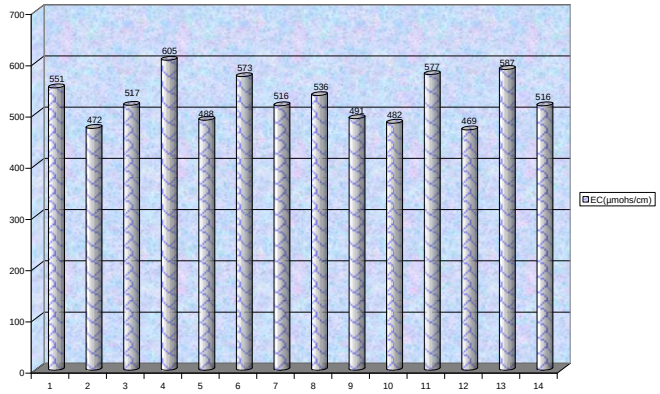
نمودار ۱۰- محدوده نوسان BOD_5 فاضلاب خام در نمونه برداری مرکب



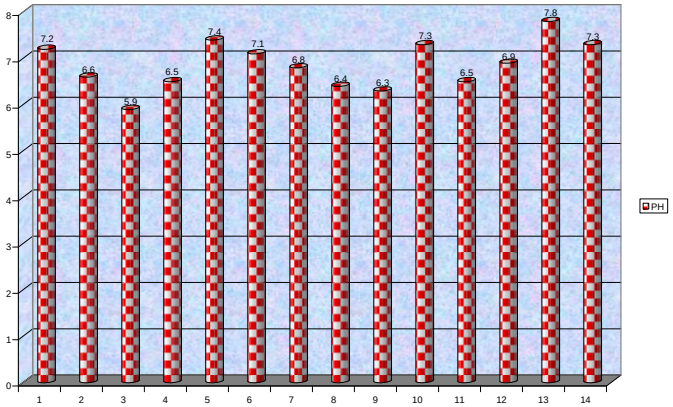
نمودار ۱۱- محدوده TDS فاضلاب خام در نمونه برداری مرکب



نمودار ۱۲- محدوده نوسان TSS فاضلاب خام در نمونه برداری مرکب



نمودار ۱۳- محدوده نوسان EC فاضلاب خام در نمونه برداری مرکب



نمودار ۱۴- محدوده نوسان pH فاضلاب خام در نمونه برداری مرکب

نتایجی که در نتیجه بررسی فاضلاب های خام در نمونه برداری مرکب و لحظه ای به دست آمده است به شرح زیر می باشد:

میزان BOD_5 فاضلاب خام (تصفیه نشده) در قسمت ورودی تصفیه خانه از ۲۸۰ تا ۳۸۰ میلی گرم در لیتر متغیر می باشد. میزان COD فاضلاب خام (تصفیه نشده) از ۴۸۰ تا ۶۹۰ میلی گرم در لیتر متغیر می‌باشد. میزان TSS فاضلاب خام (تصفیه نشده) از ۷۴۰ تا ۹۹۰ میلی گرم در لیتر متغیر می‌باشد. میزان pH فاضلاب خام (تصفیه نشده) از ۵/۹ تا ۷/۸ متغیر می باشد .

بحث و نتیجه گیری

نتایج فوق بیانگر آن است که در فاضلاب های بیمارستانی برای طراحی بخش های مختلف یک تصفیه خانه و انتخاب نوع روش تصفیه، بخش های موجود در آن بیمارستان دارای نقش تعیین کننده‌ای است و فقط تعداد ظرفیت تخت های آن بیمارستان نیست که تعیین کننده می باشد. به عبارت دیگر شدت آلودگی فاضلاب یک بیمارستان با تعداد بخش های آن رابطه مستقیمی دارد. به طور مثال کم‌ترین میزان BOD_5 متعلق به بیمارستان های شماره ۱۲،۵و ۱۴ که کم ترین بخش‌ها را دارند، می باشد و در عین حال بیشترین میزان BOD_5 نیز متعلق به بیمارستان شماره۴ با بیشترین بخش‌های موجود در یک بیمارستان می باشد.

با افزایش تعداد تخت در بیمارستان، دبی طراحی تصفیه خانه ها تا تعداد ۴۰۰ تخت افزایش نسبی می یابد ولی از ۴۰۰ تخت به بالا این رابطه معکوس می شود، بدین معنی که با افزایش تخت بیمارستان دبی طراحی پایین می آید که البته این موضوع یعنی نوسان دبی در بیمارستان های کوچک و بزرگ در استانداردها و مراجع مختلف معتبر نظیر , Hammer Salvato , W.H.O و Metcalf لحاظ شده است، به عبارت دیگر یک دامنه برای طراحی اعلام شده است، نه فقط یک عدد. زیرا دبی طراحی برای یک بیمارستان ۱۰۰ تخت خوابی هیچ‌گاه با دبی یک بیمارستان ۱۰۰۰ تخت خوابی که نسبت ۱ به ۱۰ دارد، برابر نخواهد بود. این به آن معنی است که اگر برای یک بیمارستان ۱۰۰ تخت خوابی دبی طراحی را ۱۵۰ مترمکعب در روز در نظر گرفتند الزاماً نیاز نیست که در یک بیمارستان ۱۰۰۰ تخت خوابی دبی را ۱۵۰۰ متر مکعب در روز بگیرند، بلکه این مقدار تا ۸۰۰ متر مکعب در روز می تواند کاهش پیدا کند.

منابع

1. MetCalf and Eddy, 2005, Inc. “Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse” Second ed Mc Grow Hill
2. Jolibois, B. , M. Gugerbet, & S. Vassal, 2002. Glutaraldehyde in hospital wastewater, Arch. Environ. Contam. Toxical. 42, 137-144. New York
3. Tsai, C.T. & S.T.Lin, 1999. Disinfection of hospital waste using hypochlorite and chlorine dioxide. J: Applied Microbiology. No: 86. pp:827- 833
4. Kathryn, D.B. 2004. Pharmacertically Active Compounds in Residential and hospital effluent, municipal wastewater, and the Rio Grand in Albuquerue, water Resources Program, University of New Mexico .

۵. آصف زاده سعید، ۱۳۶۹، شناخت بیمارستان، انتشارات دانشگاه تهران

۶. تحقیقات پیشرفته زیست محیطی،۱۳۸۴ نشریه فنی، مهندسی، پژوهشی صنعت و محیط زیست، شماره اول

7. Kummerer, K., E. Helmers, 1996. Hospital effluents as a source for platinum in the enviroument. The science of the total Environment 193, 179-184. Germany

۸. ذبیح الله یوسفی و همکاران، ۱۳۸۴، بررسی کارایی تصفیه خانه های بیمارستان های آموزشی ساری در حذف کلی فرم

۹. زهره جوادی، ۱۳۷۶، بررسی نحوه تصفیه و دفع فاضلاب بیمارستان های وابسته به دانشگاه علوم پزشکی ایران و تعیین میزان سرانه فاضلاب

10. Standard Method for Examination of Water&Wastewater Treatment, by Arnold. Greenberg, Lenore S.Clesceri, Andrew D.Eaton. 1992

11. Hammer, Mark J. 1996, “Water and Wastewater Technology” / Mark J Hammer. Jr – 3rd.

12. Salvato, 1992, “Environmental Engineering and Sanitation” / Fourth edition – Wiley Interscience.

13. W.H.O, 1996, Fact sheet on environmental sanitation. Epidemic diarrhoeal diseases control. Geneva , W.H.O