بررسی اثر تغییر کیفیت فیزیکی فاضلاب بر نتایج گندزدایی با پرتوفرابنفش

دکتر فروغ واعظی [۱] ، دکترعلیرضامصداقی نیا [۱] ، دکترکرامت اله ایماندل [۱] ، بنفشه گلستان [۲]

واژه های کلیدی : *گندزدایی فاضلاب ، پرتوفرابنفش ، عبور فرابنفش ، کلیفرم ها*

چکیده

دراین پژوهش نتایج عملکرد یک نمونه راکتور فرابنفش طراحی شده از نوع غوطه ور در پساب در تصفیه نمونه هایی از پساب مرحله ثانویه تصفیه خانه فاضلاب صاحبقرانیه تهران مورد بررسی قرار گرفت جذب نور فرابنفش و کدورت پساب به عنوان مهمترین پارامترهای فیزیکی موثر بر قابلیت عبور نور انتخاب و اثر تغییرات آنها بر کارایی گندزدایی ارزیابی شد.

نتایج نشان داد که کارایی گندزدایی (نسبت بقا برای کلیفرم ها) ارتباط چشمگیری با جذب نور و میزان مواد معلق پساب دارد. در شرایط معمول عملکرد تصفیه خانه ها که رنگ و کدورت پساب مرحله ثانویه از حدود معینی فراتر نمی رود ، راکتور غوطه ور فرابنفش دارای کارایی کافی در گندزدایی پساب می باشد. قابلیت روش همچنین برای گندزدایی نمونه های با میزان مواد معلق تا دو برابر میزان مجاز برای تخلیه پساب به محیط زیست تحت زمان ماند ۱۰۲ ثانیه و با گذر ۲۷ میلی لیتر بر ثانیه مشخص شد و با بالابردن زمان ماند در راکتور شرایط گندزدایی برای نمونه های با قابلیت عبور نور کمتر نیز فراهم گردید. دامنه متوسط پیمانه پرتو بکار رفته بین ۲۳۰ تا ۵۸۰ میلی وات ثانیه بر سانتی متر مربع بود.

۱- گروه بهداشت محیط ، دانشکده بهداشت وانستیتو تحقیقات بهداشتی ، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران، صندوق پستی ۶۴۴۶- ۱۴۱۵۵.

۲- گروه اپیدمیولوژی و آمار حیاتی ، دانشکده بهداشت وانستیتو تحقیقات بهداشتی ، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران، صندوق پستی ۶۴۴۶- ۱۴۱۵۵.

سرآغاز

استفاده از پرتو فرابنفش (UVR)[1] به عنوان یکی از مناسب ترین روش های پیشنهادی برای گندزدایی آب و فاضلاب معرفی شده است. مهمترین مزایای این روش در برابر روش مرسوم کلرزنی قابلیت بهتر در از بین بردن ویروس ها ، عدم ایجاد فرآورده های جانبی خطرناک و عدم وابستگی به pH و درجه حرارت آب و فاضلاب می باشد. تاکنون گزارش مستندی در خصوص اثر سوء پساب های پرتودهی شده برفون و فلور آب های پذیرنده ارائه نشده است. به این ترتیب با کاربری این پرتو در تصفیه خانه های فاضلاب ، استفاده مجدد از آب به طور بهداشتی امکان پذیر می گردد (۴).

درحال حاضر بهترین روش تامین پرتو جهت مقاصد گندزدایی استفاده از لامپ های بخار جیوه با فشار کم [2] و کاربری آن به صورت غوطه ور یا بدون تماس با پساب می باشد. حالت اول متداول تر بوده و می توان جهت جریان را به طور موازی و یا عمود بر محور لامپ در یک کانال روباز یا مسدود برقرار نمود. ولی در حالت دوم لامپ ها مابین لوله های تفلونی حاوی پساب قرار دارند و یا در فاصله اندک از سطح پساب در محل سرریزها تعبیه می شوند (۳ و ۵).

هدف اصلی از اجرای این پژوهش راه اندازی یک واحد گندزدایی از نوع غوطه ور در پساب و بررسی عملکرد آن در تصفیه پساب مرحله ثانویه تصفیه خانه صاحبقرانیه تهران وهمچنین بررسی اثر تغییر کیفیت پساب از نقطه نظر رنگ و کدورت بر نتایج عمل گندزدایی بوده است.

نمونه گیری و روش بررسی

لامپ جرمیسیدال [3] مورد استفاده دراین بررسی از نوع لامپ های بخار جیوه با فشار کم انتخاب شده است. شدت تشعشع لامپ در ابتدای بررسی در حد ۲ میلی وات بر سانتی متر مربع در فاصله ۶ سانتی متری از مرکز لامپ از طریق اندازه گیری با دستگاه رادیومتر مشخص گردید.

واحد گندزدایی ساخته شده از نوع غوطه ور در پساب [4] و به شکل سیلندر بوده و امکان گندزدایی پساب را تحت دودبی مختلف ۲۷ و ۴۵ میلی لیتر بر ثانیه فراهم نمود. زمان ماند گندزدایی برای دبی های ذکر شده به ترتیب مساوی ۱۰۲ و ۳۷ ثانیه و حجم مفید واحد غوطه ور ۲/۷ لیتر و قطر آن ۷/۳ سانتی متر بوده است. رژیم جریان برقرار شده در راکتور از نوع پیستونی و طول در دسترس از لامپ برای گندزدایی هر لیتر از پساب ۰/۲۷ متر بوده است. جهت بهره برداری از پایلوت گندزدایی نحوه ورود پساب به صورت ثقلی بوده و تامین فشار لازم با قراردادن مخزن حاوی پساب در بالادست راکتور امکان پذیر گردید ، حداقل فشار مفید باین ترتیب حدود ۳۰ سانتی متربوده است.

1- Ultraviolet radiation
2- Low - pressure mercury vapor lamps
3- Germicidal lamp
4- Submerged reactor

تمامی نمونه ها از جریان خروجی از تصفیه خانه صاحبقرانیه برداشت شده است. مراحل تصفیه دراین تصفیه خانه شامل اولیه و ثانویه بوده ونوع تصفیه بیولوژیکی روش لجن فعال با اختلاط کامل و هوادهی ممتد می باشد. پساب مرحله ثانویه گندزدایی نشده و به چاه های جذبی اطراف تخلیه می گردد. نمونه برداری از این پساب به روش ساده از مرداد ماه ۷۳ الی فروردین ۷۴ ، هر ماه حداقل یک بار انجام شد و بلافاصله بعد از ارسال به آزمایشگاه مورد آزمایش قرار گرفت. افزایش مواد معلق از طریق افزودن مقادیر مختلف از لجن فعال برگشتی و افزایش رنگ با استفاده از محلول چایی صورت گرفت. عوامل انتخاب شده برای تغییر رنگ و کدورت قبل از افزایش استریل شد.

میزان یا قابلیت عبور نور یک نمونه فاضلاب پارامتر متداولی برای توصیف UV مورد نیاز[1] برای گندزدایی آن فاضلاب می باشد. این رقم با سنجش جذب نور در واحد سانتی متر نمونه ها در طول موج ۲۵۴ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر UV/VIS و کووت های از جنس کوارتز با طول مسیر نوری یک سانتی متر اندازه گیری شده است. به عنوان شاهد از آب مقطر دی یونیزه استفاده شد. سنجش کدورت پساب به کمک دستگاه نفلومتر صورت گرفت و میزان مواد معلق نیز از طریق فیلتراسیون با صافی فایبرگلاس ۰/۴۵ میکرون اندازه گیری گردید.

گروه کلیفرم ها در نمونه های پساب موردآزمایش با استفاده از تکنیک تخمیر چند لوله ای [2] مورد شمارش قرار گرفت و محتمل ترین تعداد موجود (MPN) بدست آمد. تمامی نمونه های گندزدایی شده تا پیش از شروع آنالیز در تاریکی نگهداشته شده است (۱).

آنالیز و تفسیر آماری نتایج بررسی با استفاده از آزمون همبستگی و رگریسون صورت گرفته است.

یافته ها

در مرحله تعیین کارایی واحد غوطه ور UV ، ۱۱ نمونه از پساب مرحله ثانویه تصفیه خانه فاضلاب صاحبقرانیه تهران طی دو زمان ماند مختلف مورد گندزدایی قرار گرفت. میانگین غلظت مواد معلق این نمونه ها ۵۰ میلی گرم در لیتر و حداقل و حداکثر رقم معادل ۲۲ و ۲۱۰ میلی گرم در لیتر می باشد. کدورت این نمونه ها برحسب NTU[3] از حداقل ۳ تا حداکثر ۵۳ و جذب نور برحسب cm^{-1} از حداقل ۰/۱ تا حداکثر ۰/۶ بوده است. مقادیر MPN/100 ml نمونه های فاضلاب ورودی به راکتور گندزدا به ترتیب از حداقل ۴۳۰۰۰ تا حداکثر ۲,۴۰۰,۰۰۰ و برای پساب خروجی از حداقل ۳ و کمتر تا حداکثر ۲۴۰۰ می باشد. در مورد کلیفرم های مدفوعی

1- UV demand

2- Multiple - tube - fermentation technique for member of coliform group

3- nephelometric turbidity unit

(E.coli/100ml) ورودی بـــه راکتور از حداکثر ۲,۴۰۰,۰۰۰ تا حداقل ۱۵,۰۰۰ و برای نمونه های خروجی از حداکثر ۴۶۰ تا حداقل ۳ و کمتر بوده است. به این ترتیب قابلیت روش برای گندزدایی نمونه های با میزان مواد معلق تا دو برابر میزان مجاز برای تخلیه پساب به محیط زیست تحت زمان ۱۰۲ ثانیه و با گذر ۲۷ میلی لیتر بر ثانیه مشخص شد.

در مرحله تعیین اثر قابلیت عبور نور بر نتایج گندزدایی در مجموع ۳۲ نمونه پساب دارای خصوصیات مشابه ولی مقادیر جذب نور متفاوت (از ۰/۰۲۶ تا ۱/۶۹۸) طی دو زمان ماند مختلف در واحد غوطه ور مورد گندزدایی قرار گرفت. تدارک نمونه های با کیفیت مشابه ولی قابلیت عبور نور مختلف از فاضلاب از طریق افزایش مقادیر مختلف چایی جوشیده بعد از سردشدن به نمونه های دارای کدورت معین (از ۰/۶ تا NTU ۲/۵) صورت گرفته است ، انتخاب چای دراین مرحله از بررسی دارای دو علت می باشد : جذب شدید نور UV به وسیله رنگ حاصله و ورود اجتناب ناپذیر مقادیر متنابهی از این مایع در مسیر فاضلاب خانگی. نتایج حاصل از گندزدایی این نمونه ها درنمودار (a و b) قابل ملاحظه است. این نمودار نمایش دهنده ارتباط مستقیم تعداد کلیفرم ها و کلیفرم های مدفوعی پساب های گندزدایی شده با جذب نور نمونه ها می باشد.

اثر تغییرات میزان مواد معلق پساب بر نتایج عمل گندزدایی تحت زمان ماند ۱۰۲ ثانیه با انجام ۱۶ آزمایش و در زمان ماند ۳۷ ثانیه با ۱۱ آزمایش بر روی نمونه های دارای جذب نور معین (مقدار اولیه ۰/۰۵) و دیگر خصوصیات فیزیکو شیمیایی نسبتاً ثابت انجام گرفت. تدارک نمونه های با کیفیت مشابه ولی کدورت مختلف از فاضلاب از طریق افزایش مقادیر مختلف از جامدات لجن برگشتی به نمونه های دارای قابلیت عبور نور معین صورت گرفته است ، انتخاب این مواد دراین مرحله از بررسی دارای چند علت و امتیاز بود. طبیعی مشابه با مواد کدورت ساز فاضلاب و عدم ترسیب طی زمان های انتخاب شده جهت گندزدایی ، به این ترتیب ۱۶ نمونه پساب دارای مواد معلق از حداقل ۳ تا حداکثر ۲۴۶ میلی گرم در لیتر تهیه گردید که نتایج حاصل از گندزدایی آنها در نمودار ۲ قابل ملاحظه است. نمودارها نمایش دهنده ارتباط مستقیم تعداد کلیفرم ها و کلیفرم های مدفوعی پساب های گندزدایی شده با میزان مواد معلق نمونه های ورودی به راکتور می باشد.

گفتگو و بهره گیری پایانی

کارایی واحد غوطه ور در گندزدایی نمونه های اصلی پساب ثانویه تصفیه خانه صاحبقرانیه به جز در یک مورد که میزان مواد معلق پساب به علت توقف کار واحد هوادهی لجن فعال ۲۱۰ میلی گرم در لیتر بود تحت زمان تماس ۱۰۲ ثانیه مشخص گردید. معیار گندزدایی پساب رسیدن به MPN ۱۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی لیتر یا کمتر درنظر گرفته شده است (۲).

به این ترتیب نمونه های پساب تصفیه خانه که میزان موادمعلق آنها کمتر از ۴۴ میلی گرم در لیتر و با کدورت کمتر از NTU ۵ بوده اند تحت زمان ماند ۱۰۲ ثانیه در واحد غوطه ور UV به خوبی گندزدایی شده اند ، رقم MPN تعدادی از این نمونه ها قبل از پرتوتابی بیشتر از ۲,۴۰۰,۰۰۰ بوده و به این ترتیب تقلیل تعداد کلیفرم ها بیش از ۲۴ هزار برابر صورت پذیر بوده اســـت. اما در شرایطی که زمان ماند به ۳۷ ثانیه تقلیل یافت موارد موفق گندزدایی فقط برای نمونه هایی ملاحظه شد که کدورت آنها کمتر از NTU ۴ بود.

آزمایشات انجام شده جهت گندزدایی ۳۲ نمونه پساب دارای خصوصیات مشابه ولی با رنگ (جذب نور) متفاوت نشان داد که همبستگی معنی داری بین نتایج گندزدایی (رقم MPN پساب خروجی) و مقادیر جذب نور پساب های ورودی به راکتور غوطه ور UV تحت زمان تماس ۱۰۲ ثانیه وجود دارد (R = ۰/۸) و برای زمان تماس کوتاه تر (۳۷ ثانیه) نیز مجدداً همبستگی مشابه ملاحظه می شود. برای زمان ماند ۱۰۲ ثانیه حداکثر مجاز جذب نور نمونه های ورودی ۰/۵۲ و برای زمان ماند ۳۷ ثانیه ۰/۲۲ بوده است. باتوجه به این مطلب که در شرایط معمول کار تصفیه خانه ها ، پساب ثانویه دارای قابلیت عبور نور بیشتراز ۶۰ درصد (معادل جذب نور ۰/۲۲) است (۴) ، می توان انتظار داشت که از لحاظ بهره برداری از واحد غوطه ور تحت زمان ماند ۳۷ ثانیه (معادل با دبی ۴۵ میلی لیتر در ثانیه) مشکلی وجود نداشته باشد.

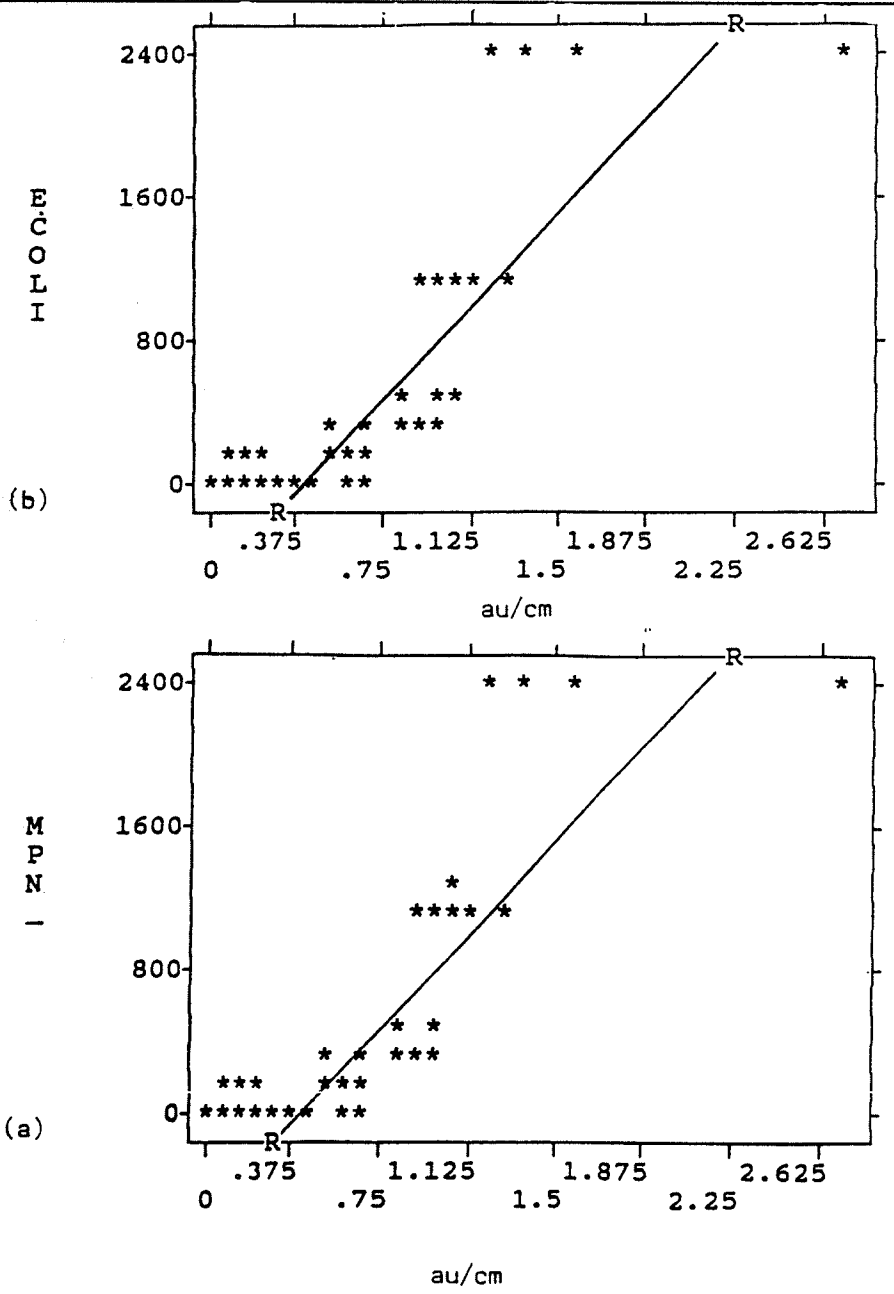
مجدداً در آزمایشات گنـــدزدایـــی ۱۶ نمونه پساب دارای خصوصیات مشابه ولی کـــدورت های مختلف بین نتایـــج گندزدایی و مقادیر کدورت نمونه های ورودی به راکتور غوطه ور همبستگی معنی دار (R = ۰/۷۵) ملاحظه شده است و برای زمان تماس کوتاه تر نیز مجدداً نتایج کار نمایش دهنده یک ارتباط خطی معنی دار (R = 0.88) می باشد. باتوجه به نتایج حاصله از این بخش از تحقیق می توان گفت حداکثر مقدار مجاز کدورت پساب های ورودی چنانچه زمان تماس ۱۰۲ ثانیه باشد ۴۰ و برای زمان ۳۷ ثانیه NTU ۴ بوده است.

در حالی که نیاز به آب رو به افزایش است ، استفاده از پساب ها به علت آلوده بودن به انواع میکروب های پاتوژن و آلاینده های شیمیایی نیز مسئله آفرین شده است. کاربرد پرتو فرابنفش یک روش ایده آل جهت دستیابی به رهنمودهای توصیه شده استفاده از پساب های خروجی تصفیه خانه ها محسوب می شود. نتایج زیر از بررسی اثر تغییر کیفیت پساب بر کارآیی گندزدایی با این پرتو بدست آمده است.

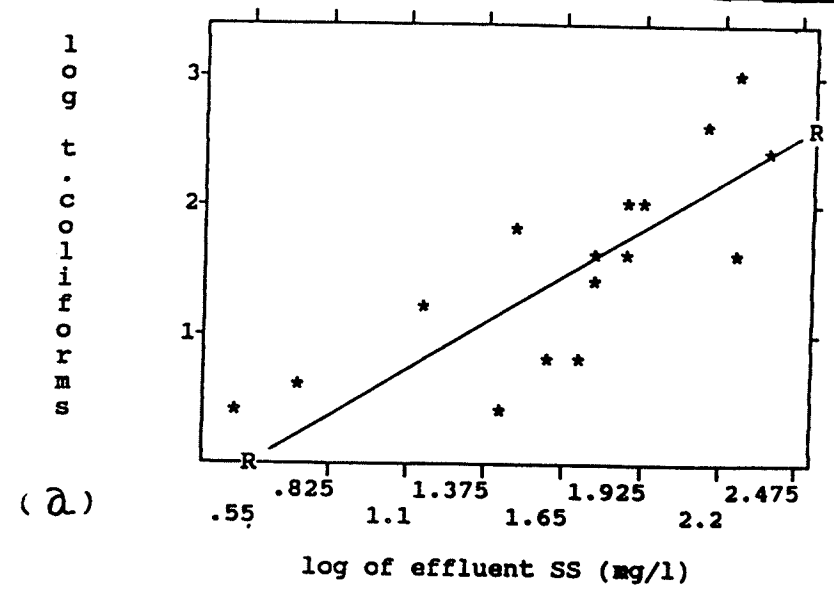
۱- مـــیزان مواد معلق و قابلیت عبور نور فرابنفش پساب مورد گندزدایی با پرتو ، ارتباط خطی معنی دار با مقادیر کلیفرم ها و کلیفرم های مدفوعی پساب خروجی از راکتور گندزدا نشان داده است. به این ترتیب پیش بینی نتیجه گندزدایی با لامپ فرابنفش از طریق تعیین میزان مواد معلق و جذب نور فرابنفش امکان پذیر می باشد.

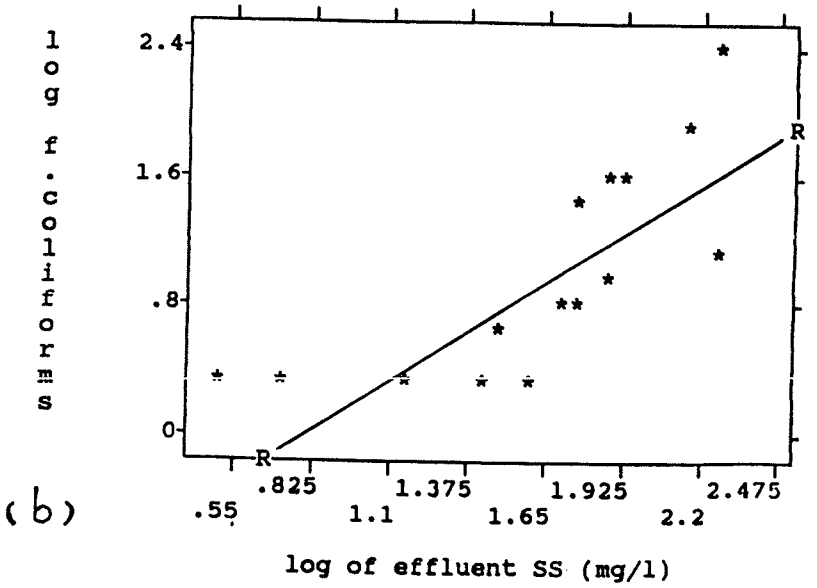
۲- گندزدایی موفق نمونه های پساب مرحله ثانویه با کدورت کمتر از NTU ۴۰ تحت زمان ماند ۱۰۲ ثانیه و NTU ۴ تحت زمان ماند ۳۷ ثانیه قابل اجرا می باشد.

۳- در شرایط معمول عملکرد تصفیه خانه های فاضلاب شهری که قابلیت عبور نور پساب از ۶۰٪ کمتر نمی شود ، از نقطه نظر گندزدایی با فرابنفش مشکلی وجود ندارد.



نمودار ۱ - نمودار تغییرات دانسیته کلیفرمی (a) و دانسیته کلیفرم مدفوعی باقیمانده (b) به عنوان تابعی از میزان جذب در واحد سانتی متر پساب مورد گندزدایی





نمودار ۲ - تغییرات دانسیته کلیفرمی (a) و دانسیته کلیفرم مدفوعی باقیمانده (b) به عنوان تابعی از میزان مواد معلق پساب مورد گندزدایی

کتابنامه

1- APHA , AWWA , WEF. (1992): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater , 18th Edition .

2- Degremont (1992): Water Treatment Handbook , Lavoisier Pub. , 6th Edition , Vol. 2 , P. 1297.

3- Metcalf and Eddy , Inc. (1991): Wastewater Engineering , Treatment , Disposal and Reuse. McGraw - Hill Inc. Third Edition , Chapter 7.

4- US. EPA. (1986): Municipal Wastewater Disinfection , Design Manual , EPA/625/1-86/921-chapter 7.

5- WPCF (1986): Wastewater Disinfection , Manual of Practice FD - 10 , chapter 10.