

## بررسی کارآئی صافی بی هوازی در تصفیه فاضلاب شهری و کشتارگاهها

دکتر علیرضا مصداقی نیا\* ، مهندس امیرحسین محوی\*

یازده های کلیدی: فاضلاب خانگی، فاضلاب کشتارگاه، تصفیه غیر هوازی، صافی بی هوازی

### چکیده

هدف این پژوهش این بوده است که کارآئی صافی غیر هوازی در تصفیه فاضلاب خانگی و فاضلاب کشتارگاه مشخص گردد. به این منظور، یک واحد کوچک آزمایشگاهی تصفیه کننده به همراه صافی های شیشه ای استفاده گردید. فاضلاب خانگی و فاضلاب کشتارگاه طبق برنامه زمان بندی شده به این واحد تغذیه گردید. برای کار سیستم زمان های ماند ۳، ۲، ۱ روز و ۱۶ ساعت در نظر گرفته شدند.

آزمایشات انجام شده نشان داد که سیستم با زمان ماند ۱ روز موجب کاهش COD به مقدار حداکثر ۸۷/۷% و کاهش TSS به مقدار حداکثر ۹۶/۵% شده است. در طول مدت زمان ۹ ماه که این تحقیق دنبال میشد مقدار لجن تولید شده بسیار ناچیز بود بطوری که نیازی به تخلیه آن مشاهده نگردید.

### سراغاز

گسترش روزافزون جوامع و پیشرفت در زمینه های صنعتی، هرچند که امتیازات

---

\* گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، صندوق پستی ۶۴۴۶-۱۴۱۵۵

ویژه‌ای به همراه داشته است، لیکن مشکلات چندی را نیز برای بشر به ارمغان آورده است. از آنجا که دفع غیر صحیح فاضلابهای خانگی و صنعتی اثرات نامطلوبی بر روی محیط زیست دارد، تصفیه هرچه کاملتر فاضلابها ضرورت دارد. فاضلابهای خانگی و از آن مهمتر فاضلابهای صنعتی بعلت داشتن مواد آلی و معدنی، در صورت دفع در محیط باعث آلوده شدن آبهای سطحی و زیرزمینی میگردد و در نتیجه استفاده مجدد از آب را برای بهترین کاربرد با مشکل روبرو میسازند. همچنین نیاز شدید به آب جهت استفاده برای مصارف مختلف در هر منطقه‌ای از ایران، ما را بر آن میدارد که از به هدر رفتن آنها به هر شکل جلوگیری کرده و با تصفیه فاضلابهای خانگی و صنعتی که بطور موضعی حجم زیادی را نیز تشکیل میدهند در تاءمین آب مورد نیاز کوشا باشیم.

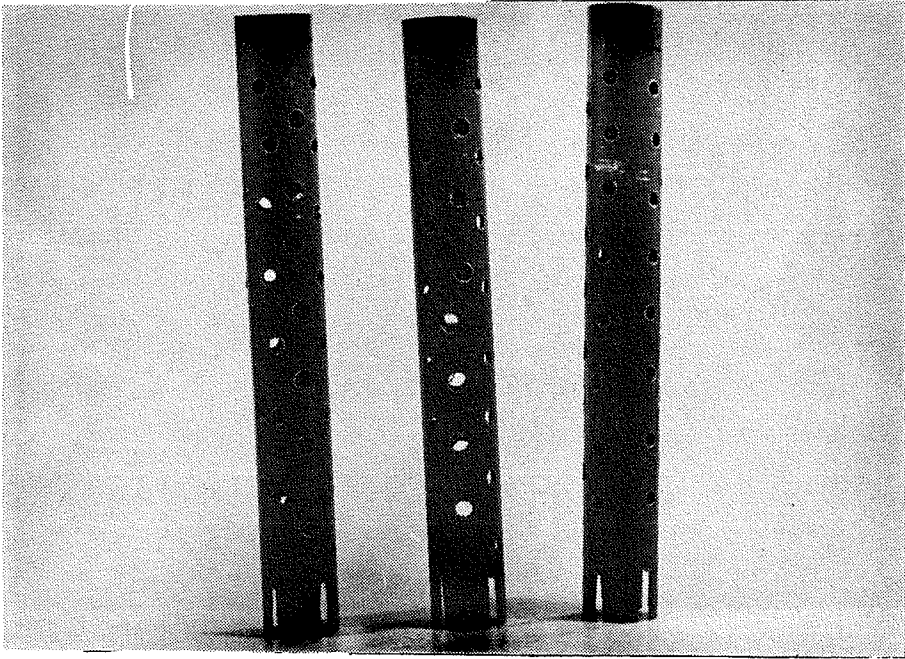
از واحدهای صنعتی که دارای فاضلاب با حجم نسبتاً "بالا و آلودگی بسیار شدید میباشند واحدهای کشتار گاو و گوسفند میباشند. فاضلاب این کشتارگاهها بیشتر به چاهها، رودخانه ها و قناتهای مترو که بدون کوچکترین عملیات تصفیه دفع میگرددند و در بهترین حالت پس از عبور از یک حوضچه به محیط زیست دفع میشوند و باعث آلوده شدن محیط میگرددند.

تاکنون روشهای بیولوژیکی هوازی و یا غیر هوازی در رابطه با تصفیه فاضلابهای خانگی و صنعتی بکار گرفته شده است. هریک از این روشها از امتیازات و بعضاً "معایبی برخوردار میباشند. روش هوازی (لجن فعال) در تصفیه فاضلابها دارای کارآئی بالائی برای کاهش مواد آلی موجود در فاضلاب میباشد لیکن این روش نیاز به وسائل هوادهی داشته و از این مهمتر لجن زیادی را تولید مینماید که خود آغاز مشکل است. روش غیر هوازی تثبیت مواد آلی امتیازاتی از قبیل عدم نیاز به وسائل هوادهی، تولید گاز متان و تولید لجن کمتر دارا می باشد.

در این مطالعه، تعیین کارآئی روش غیر هوازی با صافی ثابت در تصفیه فاضلاب خانگی و کشتارگاه مدنظر بوده است. امکان دارد که بتوان با بکارگیری روش غیر هوازی در تصفیه فاضلابها، در جلوگیری از آلوده شدن محیط زیست و استفاده مجدد از آب قدمهای مثبتی برداشت.

شرح واحد تصفیه کننده غیر هوازی و روش کار: ابتدا یک بطری شیشه ای دهن گشاد به گنجایش حدود ۳ لیتر بعنوان مخزن اصلی تصفیه فاضلاب در نظر گرفته شد. سپس یک لوله از جنس پولیکابک قطر ۲/۵ سانتیمتر و بطول ۲۵ سانتی متر را کاملاً "سوراخ کرده

و بطور قائم در مرکز این ظرف قرار داده شد . شکل شماره (۱) لوله مرکزی مشبک را نشان میدهد. در داخل بطری و در اطراف لوله مشبک تعداد ۲۲۰ قطعه لوله شیشه‌ای به طول حدود ۲ سانتی متر و قطر داخلی حدود ۵/۵ سانتی متر ریخته شد . این قطعات شیشه‌ایی بعنوان بستر ثابت عمل میکردند و سطح لازم را برای رشد و نمو میکروارگانیسیمهای مولد اسید و مولد متان در اختیار آنها قرار میدادند شکل شماره (۲) .



شکل شماره (۱) لوله مرکزی مشبک شده .

مخزن تصفیه توسط یک در پلاستیکی کاملاً " بسته شده بود بطوریکه از ورود هوا به آن و یا خروج گازهای تولید شده به محیط خارج جلوگیری بعمل می‌آمد . سه لوله پلاستیکی از طریق درپوش پلاستیکی به داخل مخزن وارد میگرددیدند ، یکی از این لوله ها برای برداشت نمونه و خروج پساب در زمان معین در نظر گرفته شده بود . لوله دومی جهت تغذیه مخزن و سومی برای خروج گاز حاصله از فرآیندهای غیر هوازی تعبیه گردیده بود . برای سهولت امر تغذیه ، از یک قیف شیشه‌ائی که در قسمت فوقانی به لوله تغذیه متصل شده بود استفاده می‌گردید و بدین طریق فاضلاب خام وارد مخزن شده و بر روی سطح صافی ریخته می‌شد. برداشت نمونه و خروج پساب از وسط لوله مرکزی مشبک

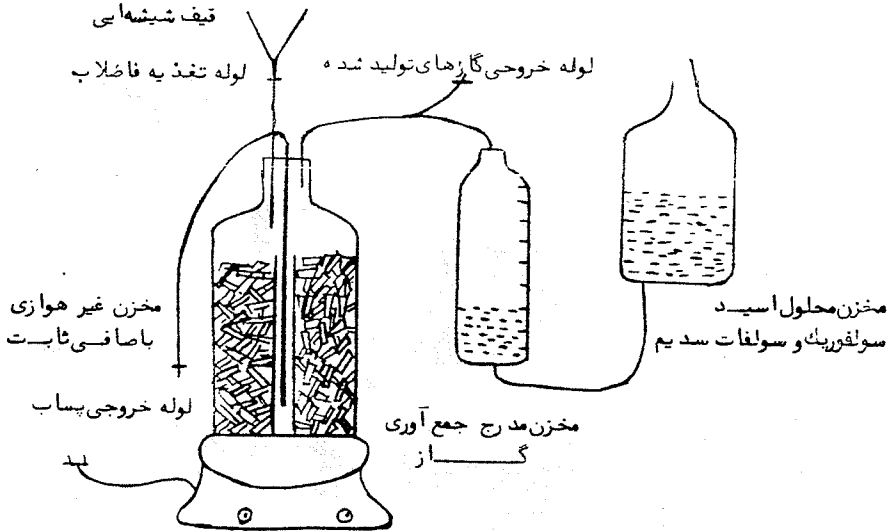
توسط یکی از لوله های لاستیکی انجام می شد . شکل شماره (۳) .



شکل شماره (۲) لوله های شیشه ای بعنوان صافی ثابت

لوله خروجی گاز تولید شده را به مخزن جمع آوری گاز هدایت میکرد . جمع آوری گاز توسط دو ظرف که بوسیله یک لوله پلاستیکی به هم مرتبط بودند و در آنها مایع مخصوص ریخته شده بود استفاده میشد . یکی از این ظروف که مخصوص نگهداری گاز بود دارای ۱/۵ لیتر حجم بوده و مدرج بود . این مخزن مدرج جهت اندازه گیری گاز تولیدی در هر مرحله بکار می آمد . مایع مخصوص در ظرف جمع آوری گاز از ترکیب اسید سولفوریک غلیظ ، سولفات سدیم و آب مقطر مطابق دستورالعمل موجود در روشهای استاندارد (۱) تهیه شده بود و این خاصیت را داشت که  $\text{CO}_2$  تولید شده از فرآیند غیر هوازی را در خود

حل نمی‌کرد و امکان اندازه‌گیری حجم گاز وجود داشت . با افزایش حجم گاز تولید شده در مخزن تصفیه ، مایع داخل ظرف جمع‌آوری گاز به ظرف دوم رانده می‌شد . ظرف دوم از قسمت فوقانی به هوای آزاد ارتباط داشت .

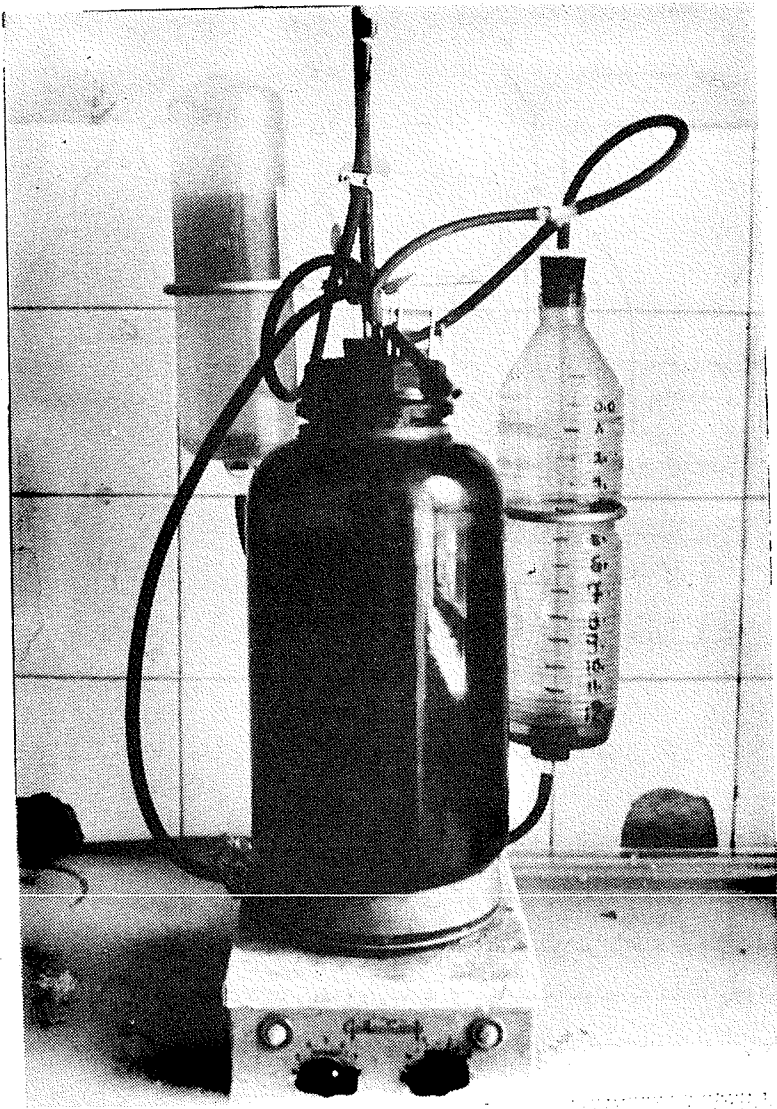


دستگاه همزن و گرم‌کننده واحد تصفیه

شکل شماره (۳) مخزن تصفیه کننده غیر هوازی همراه با مخزن گاز .

با جابجائی مخزن مدرج جمع‌آوری گاز و به علت ارتباط مخزن دوم با هوای آزاد ، امکان ایجاد شرایط معمولی ( از لحاظ فشار) برای گاز تولید شده در مخزن مدرج فراهم میگردد و با توجه به اختلاف ارتفاع مایع در مخزن مدرج در هر مرحله حجم گاز تولید شده در آن مرحله محاسبه میگردد . خروج پساب و برداشت نمونه به علت وجود فشار گازهای تولید شده در مخزن تصفیه به راحتی از طریق لوله برداشت نمونه امکان پذیر بود . پس از خروج پساب تصفیه شده به مقدار تعیین شده در هر زمان ، تغذیه فاضلاب خام از قیف فوقانی و لوله ورودی انجام میگردد . در ضمن یک عدد مغناطیس ، در کف مخزن تصفیه کننده و در داخل لوله مرکزی مشبک قرار داده شده بود که توسط یک دستگاه

همزن عمل اختلاط صورت می‌گرفت. همچنین این دستگاه برای گرم کردن مخزن تصفیه کننده تا درجه حرارت مناسب مورد استفاده قرار می‌گرفت.



شکل شماره (۴) واحد تصفیه کننده غیر هوازی.

هرسه لوله لاستیکی ورود فاضلاب خام، خروج پساب تصفیه شده و جمع آوری گاز تولید شده بوسیله گیره کاملاً بسته شده بودند تا از ورود احتمالی هوا بداخل مخزن تصفیه کننده جلوگیری بعمل آید.

### نمونه گیری و روش بررسی

این مطالعه در ۶ مرحله مختلف و در مدت بیش از ۸ ماه انجام گردید. پارامترهای متغیر در مراحل مختلف، زمان ماند و نوع فاضلاب ورودی بودند. جدول شماره (۱) مراحل مختلف را با نوع فاضلاب ورودی و زمان ماند سیستم نشان میدهد. عمل اختلاط در مرحله اول انجام نگردید ولی در مراحل بعدی از اختلاط به کمک دستگاه همزن که عمل گرم کردن رانیز انجام میداد استفاده میشد. فاضلاب خانگی و کشتارگاه بصورت هفتگی و از تصفیه خانه شهرک شوش و کشتارگاه تهران تهیه میگردد. نگهداری فاضلابها در یخچال آزمایشگاه و در دمای کمتر از ۴° صورت میگرفت.

برای شروع کار واحد تصفیه کننده غیر هوازی از عمل باروری بالجن تهیه شده از سیستم بیوگاز واقع در دانشگاه صنعتی شریف، استفاده گردید. تغذیه واحد غیرهوازی، به تناسب زمان ماند لازم و بصورت منقطع انجام میپذیرفت. سه روز پس از شروع کار واحد تصفیه کننده گاز تولید گردید. لیکن مدت زمانی جهت یکنواخت شدن سیستم و عادی شدن شرایط جدید برای باکتریهای موجود لازم بود پس از آن نمونه برداری و ثبت آزمایشات مربوط انجام گرفت. همین طریقه برای اعمال مرحله جدید در سیستم حفظ گردید.

تعیین کارآئی سیستم مورد مطالعه، از طریق اندازه گیری حجم گاز تولید شده و کاهش COD فاضلاب ورودی مشخص میگردید که در روزهای مختلف هر مرحله صورت می گرفت. سایر آزمایشات همچون pH، فلئایتیت، مواد معلق و اسیدیته نیز در هر مرحله انجام می شد. کلیه آزمایشات بر طبق روشهای استاندارد (۱) دنبال شده است.

در مراحل ۲، ۳، ۴ مطالعه همراه با فاضلاب خانگی محلول گلوکز نیز جهت تغذیه سیستم استفاده گردید. در ضمن برای اینکه ظرفیت بافری مطمئن در مخزن وجود داشته باشد از بی کربنات سدیم متناسب با وضع فاضلاب ورودی استفاده می شد.

جدول شماره (۱) فاضلاب خام ورودی و زمان ماند هر مرحله

فاز مطالعه	نوع فاضلاب ورودی	زمان ماند	ملاحظات
۱	خانگی	۳ روز	بدون اختلاط
۲	خانگی + گلوکز	" ۲	اختلاط کامل
۳	خانگی + گلوکز	" ۱	" "
۴	خانگی + گلوکز	۱۶ ساعت	" "
۵	گشتارگاه	۲ روز	" "
۶	گشتارگاه + خانگی	۱ روز	" "

در گشتارگاه تهران ، خون ، مواد داخل امعاء و احشاء و فاضلاب به حوضچه مجزا وارد میگردد . خون جهت تهیه مواد غذایی به واحد مربوطه فرستاده می شود . مواد داخل امعاء و احشاء نیز بدون توقف در حوضچه توسط تانکر حمل می شود تا بعنوان کود مورد استفاده قرار گیرد . خون آبه و فاضلاب حاصل از شستشوی سالن کشتار ، لاشه ، امعاء و احشاء ، پوست و . . . . به حوضچه سوم وارد میگردد که همان لحظه توسط پمپها به خارج از محل کشتارگاه به نهر فیروزآبادی انتقال می یافت . برداشت فاضلاب برای مطالعه از حوضچه سوم صورت می گرفت .

یافته ها

مرحله اول این مطالعه چنانکه انتظار میرفت کارآئی مطلوبی جهت تصفیه فاضلابهای خانگی ارائه نداده علت این امر در چند نکته نهفته است . اولاً " رشد و تکثیر باکتریهای غیر هوازی مسئول تشبیت مواد آلی موجود در فاضلاب بسیار به کندی صورت میگردد و در صورت هرگونه اختلال غیر مترقبه حیات این باکتریها به مخاطره می افتند . ثانیاً " هنوز چند هفتهای از شروع کار واحد غیر هوازی نگذشته بود که ثبت آزمایشات انجام گردید و در حالیکه احتمالاً " هنوز غلظت میکروبی بالایی در سیستم تامین نشده بود کارآئی در این مرحله پائین بود . از دلایل دیگر و بسیار مهم ، که قبلاً " نیز به آن اشارت رفت عدم وجود اختلاط جهت دسترسی باکتریها به مواد غذایی بود . در این



مرحله کاهش COD کل حداکثر ۲۳ درصد و حداقل ۱۰ درصد بود .

در مرحله بعدی با افزودن محلول گلوکز به فاضلاب خانگی ، غلظت مواد آلی موجودافزایش یافت . بدین صورت در کارآئی سیستم تصفیه کننده بسیار بهبود حاصل شد . کاهش در COD کل فاضلاب خام ، حداکثر ۹۷/۶ و ۹۴/۳ درصد برای زمانهای ماند ۲ روز و امروزه دست آمد . البته این دو مرحله رویهم زمانی بیش از ۷۰ روز انجام شد که خود باعث بالا رفتن غلظت میکروبی در سیستم بوده است . کاهش در کل مواد معلق حداقل و حداکثر ۷۳/۴ و ۹۲/۳ درصد بدست آمد بطوری که پساب خروجی رنگ روشن داشته و مواد معلق در آن بسیار ناچیز بود .

نتایج این مرحله از مطالعه با آنچه که از بررسی های دیگر (۳) در رابطه با کاهش کل مواد معلق در فاضلاب خانگی ارائه شده بود مشابهت دارد . در گزارش فوق برای زمان ماند ۱/۴ تا ۲/۵ روز با استفاده از صافی های غیر هوازی حدود ۹۵ درصد کاهش در مواد معلق گزارش شده است . با زمان ماند ۲ روز کاهش در COD کل بیش از ۹۷ درصد بدست آمد که از نتایج بررسیهای دیگر (۴) با شرایط یکسان به مراتب بهتر بوده است و کاهش در COD حدود ۷۶ درصد گزارش شده است . نتایج این مطالعه با نتایج دیگران (۶) که با شرایط مشابه انجام داده و حدود ۹۰ درصد حذف COD بدست آورده بودند تقریباً " یکسان میباشد ، همچنین نتایج این مرحله از کار ، از آنچه که توسط دیگران (۹) در رابطه با تصفیه فاضلابهای غلیظ به روش صافی ها گزارش شده بود بهتر میباشد .

با توجه به کارآئی سیستم در COD بالانحوه کارآئی این روش در ارتباط با تصفیه فاضلاب کشتارگاهها که خود حاوی غلظتهای بالائی از مواد آلی هستند مد نظر قرار گرفت . در تصفیه فاضلاب کشتارگاه ، حداکثر کاهش در COD حدود ۹۰ درصد بدست آمد . همچنین کاهش در کل مواد معلق بیش از ۹۶ درصد بوده است . در این مرحله از کار نیز نتایج بدست آمده قابل مقایسه با کار دیگران میباشد . طبق گزارش دیگر (۲) تصفیه فاضلاب کشتارگاه با روش صافی های غیر هوازی با زمان ماند ۲ روز کاهش در کل مواد معلق بین ۵۲ تا ۹۰ درصد بوده است که تقریباً " با نتایج حاصله در این مرحله مشابهت دارد . طبق گزارش محققان دیگر (۷) کاهش در BOD فاضلاب کشتارگاه به روش غیر هوازی و با زمان ماند ۳۰ ساعت حدود ۵۸ درصد بود که کمتر از نتایج این مطالعه بوده است . گزارشات دیگر (۵ و ۸) در مورد کاهش BOD فاضلاب کشتارگاه به ترتیب ۹۰ و ۹۵ درصد با نتایج این مطالعه در مرحله آخر مشابهت دارد .

در رابطه با متناسب سازی فاضلاب خانگی و فاضلاب کشتارگاه نیز نتایج خوب بوده‌اند. اختلاط فاضلاب خانگی و فاضلاب کشتارگاه بصورت ۵۰ درصد از هر کدام در زمان ماند ۱ روز توانست حداکثر کاهش در COD حدود ۸۸ درصد در این مرحله ارائه نماید. گاز متان تولیدی در کلیه مراحل تصفیه فاضلاب ترکیبی و یا فاضلاب کشتارگاه قابل جمع آوری بوده است.

### گفتگو:

بطور کلی نتایج حاصله از این مطالعه مشخص می‌سازد که صافی غیر هوازی جهت تصفیه فاضلابهای خانگی، بعلت پائین بودن غلظت مواد آلی، کارآئی مناسبی ندارند. لیکن برای فاضلابهای صنعتی مانند فاضلاب کشتارگاهها بعلت بالا بودن غلظت مواد آلی، کارآئی خوبی دارند. در مدتی که مطالعه انجام شد هیچ گونه گرفتگی در سیستم بوجود نیامد و مقدار لجن تولید شده در حدی نبود که نیاز به دفع داشته باشد که خود یک امتیاز عالی برای این روش بود.

جدول شماره (۲) کیفیت فاضلاب ورودی و کیفیت پساب تصفیه شده را نشان می‌دهد. جدول شماره (۳) نیز خلاصه مراحل مختلف این مطالعه را نشان می‌دهد. از روش غیر هوازی با صافی ثابت میتوان جهت تصفیه فاضلاب کشتارگاهها و در صورت امکان با متناسب سازی آن با فاضلاب خانگی بهره جست. از آنجا که در طول روز بیش از چندین ساعت (بسته به حجم کشتار و عملیات آن) فاضلاب تولید نمیگردد و بعلت این که بین حداقل و حداکثر غلظت مواد آلی و مواد معلق فاضلاب کشتارگاه اختلاف فاحش وجود دارد قبل از ورود فاضلاب به مخزن غیرهوازی نیاز به حوضچه یکنواخت سازی از جهت یکسان نمودن بار آلی در طول تغذیه و تنظیم دبی برای ساعات شبانه روز ضرورت دارد. در خاتمه پیشنهاد میگردد که پساب حاصل از واحد غیر هوازی بطریقه هوازی تصفیه گردد تا پساب خروجی قابل دفع به محیط باشد.

جدول شماره (۲) : متوسط COD و TSS فاضلاب ورودی و پساب خروجی .

TSS,mg/l		COD,mg/l		فاز مطالعه
خروجی	ورودی	خروجی	ورودی	
—	—	۳۷۱	۴۴۰	۱
۸۱/۵	۴۳۸	۲۱۵	۲۵۰۴	۲
۵۹	۵۴۸	۱۹۲	۲۷۵۸	۳
۵۸۰	۵۰۵	۷۴۸	۲۸۳۵	۴
۵۰	۱۳۴	۴۵۱	۴۲۵۰	۵
۵۹	۵۸۸	۲۹۶	۱۹۲۳	۶

جدول ۳: خلاصه نتایج مراحل مختلف مطالعه

گاز تولید شده $Cm^3$ حداکثر	درصد حذف				نحوه اختلاط	فاصلب تغذیه شده	زمان ماند	فاز مطالعه
	COD		مواد معلق					
	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل				
—	۲۳	۱۰	—	—	بدون اختلاط	خانگی	۳ روز	۱
۱۲۵۰	۹۷/۶	۸۷/۵	۸۹	۷۳/۴	اختلاط کامل	" + گلوکز	"	۲
۱۲۵۰	۹۴/۳	۹۲/۲	۹۲/۳	۷۹/۷	"	"	"	"
۱۴۵۰	۷۵/۶	۷۱/۴	—	—	"	"	۱۶ ساعت	۴
۱۲۰۰	۸۹/۹	۸۹	۸۶	۳۰/۴	"	کشترگاه	۲ روز	۵
۱۲۰۰	۸۷/۷	۸۰/۲	۹۶/۵	۸۶/۷	"	" + خانگی	"	۱

1. American Public Health Association (1976): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 14th Edition, Washington D.C.
2. Brumm, T.J., and Nye, J.C. (1981): Dilute Swine Waste Treatment in an Anaerobic Filter, Ind. Waste Conf. Purdue University.
3. Dupont, R.R. (1981): Fixed-Film Anaerobic Digestion, PhD Dissertation, University of Kansas.
4. Haug, R.T, Ruksit, S.K. and Wong G.G.(1977): Anaerobic Filter Treats Waste Activated Sludge, Water and Sewage Works, 2,40-45.
5. Hemens, J.and Shurben, D.G. (1959): Anaerobic Digestior of Wastewaters from Slaughter House, FD Trade Rev. 29, 2-7.
6. Muller, J.A., and Mancini, J.L. (1977): Anaerobic Filter Kinetics and Application, Proceeding of the 30th Ind. Waste Conf, Purdue University, 423-447.
7. Rollag, D.A., and Dornbush, J.N. (1965): Design and Performenc Evaluation of an Anaerobic Stabilization Pond System for Meat-Processing Wastes, 38th Annual Meeting of the State Water Pollution Control Association.
8. Silvester, D.K. (1962): The Treatment of Slaughter House Waste by Anaerobic Digestion, J.Inst. Publ. Hlth. Fngrs. 61, 266-270.
9. Witt, F.R, Humphrey, W.J. Roberts, T.F. (1979): Full-Scale Anaerobic Filter Treats High Strength Wastes, Proceeding of the 34th Ind. Waste Conf., Purdue University, 229-237.