

# The Economic Comparison of Various Wastewater Treatment Alternatives in Iran

*Shirzad, S., Managing Director, Sistan and Baluchestan Regional Water Authority.*

*Tajrishy, M., Assit. Prof., Department of Civil Eng., Sharif University of Technology*

## Abstract

In planning for wastewater treatment and disposal, the principle objective is to identify the most cost - effective method to discharge treated effluent to a receiving medium, while complying with specific regulatory criteria. Wastewater treatment system costs are developed in this article as a function of facility capacity, end - use option, treatment process ( activated sludge, trickling filter and oxidation pond ) for different climatic conditions in Iran. Costs are identified by estimating facility construction costs, equipment purchases, and operation and maintenance fees. Flow sheets have been selected and design criteria defined to represent a typical reclamation facility. At the end, sensitivity analysis were made for hydraulic loading rate, energy and land costs, as well as the opportunity cost of money and reuse options. Trickling filter systems are good candidates for cold and semi - cold regions in the country. For pond systems, land price is very important especially for higher interest rates. In all climatic regions of the country, activated sludge is very sensitive to energy price and has the highest price for all sizes.

## تحلیل حساسیت پارامترهای مؤثر در مقایسه اقتصادی روش‌های متداول تصفیه فاضلاب شهری در شرایط اقلیمی ایران

سیامک شیرزاد\*

مسعود تجریشی\*\*

### چکیده

با توجه به تنوع اقلیمی گسترده در ایران و نظر به این که پارامترهای زیادی در انتخاب یک سیستم تصفیه خانه دخیل می‌باشند، ارزیابی اقتصادی روش‌های تصفیه فاضلاب شهری در شرایط اقلیمی گوناگون یکی از مهمترین نیازها جهت انتخاب روش تصفیه می‌باشد. در این بررسی از سه فرایند عمده که در تصفیه فاضلاب‌های شهری مورد استفاده زیاد دارند، یعنی برکه هوازی، رشد - معلق هوازی و رشد - متصل هوازی، روش‌های برکه تثبیت، لجن فعال و صافی چکنده انتخاب و روش طراحی مناسب جهت هر یک از آنها معرفی گردیده است. پس از آن پهنه‌بندی اقلیمی مورد استفاده در این بررسی معرفی شده است و از میان اقلیم‌های مختلف سه اقلیم در مناطق گرم، معتدل و سرد جهت مقایسه اقتصادی معرفی گردیده‌اند. در ادامه جهت شهرهای با جمعیت ۲۰۰۰۰، ۱۰۰۰۰۰ و ۵۰۰۰۰۰ نفر، بر اساس روش‌های طراحی مورد اشاره، ابعاد هندسی تعیین و سپس بر مبنای مبانی در نظر گرفته شده متره و برآورد هزینه مورد نیاز ساخت صورت پذیرفته است. سپس شاخص اقتصادی هزینه معادل سالانه معرفی و هزینه‌های جاری بهره‌برداری و نگهداری تعیین و برای کلیه روش‌ها در جمعیت‌های مختلف و در اقلیم‌های مختلف هزینه معادل سالانه با دو نرخ کارمزد بانکی ۱۲ و ۱۹ درصد تعیین شده است. در پایان جهت مقایسه اقتصادی بین روش‌های مختلف حساسیت هزینه معادل سالانه هر یک از روش‌ها با دو نرخ کارمزد بانکی نسبت به قیمت زمین، قیمت انرژی، گرم خشک BOD<sub>5</sub> ورودی و میلی‌گرم در لیتر BOD<sub>5</sub> خروجی برای سه اقلیم مذکور انجام پذیرفته است.

\* مدیرعامل آب منطقه‌ای استان سیستان و بلوچستان

\*\* استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

### مقدمه

یکی از مهمترین مسائل و مشکلات تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری، روش انتخاب فرایند تصفیه می‌باشد. با مقایسه شرایط فعلی و آینده از لحاظ فرایندهای منتخب تصفیه فاضلاب [۱]، با آن که توجه به روش‌های ساده و روش‌هایی که انرژی مورد نیاز آنها کمتر می‌باشد بیشتر گردیده است، اما به نظر می‌رسد باز هم نیاز به تغییرات اساسی در انتخاب نوع فرایندها صورت پذیرفته است. با توجه به مبنای فوق، معیار و ضوابط انتخاب نوع فرایند یکی از مهمترین مسائل در ساخت و بهره‌برداری تصفیه‌خانه شهری می‌باشد. با این که بیش از سه دهه از ساخت و بهره‌برداری تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری در ایران می‌گذرد، به نظر می‌رسد انتخاب گزینه‌های برتر روش مناسب تصفیه، محدود به الگوی استفاده از فن آوری پیشرفته بوده و می‌باشد و این امر باعث عدم سازگاری با امکانات موجود در کشور گشته و باعث بروز مشکلاتی در زمینه نگهداری و نتایجاً افت کارایی آنها گردیده است [۲]. نگاهی به توصیه‌ها و روش‌های انتخاب فرایند، مشخص می‌نماید که معیارها و ضوابط مورد نیاز جهت انتخاب فرایند بیش از آن که با تجزیه و تحلیل مهندسی همراه باشد، بیشتر حالت کیفی دارد [۱]. لذا ضرورت بررسی‌ای که با ضوابط کاملاً مهندسی و اقتصادی بتواند ابزاری منطقی‌تر جهت انتخاب گزینه‌های برتر در شرایط مختلف آب و هوایی و اقلیمی ایران باشد و حساسیت عوامل مؤثر در این انتخاب را مشخص نماید، کاملاً محسوس می‌گردد. عوامل آلوده‌کننده در فاضلاب توسط فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک حذف می‌شوند. تصفیه فیزیکی معمولاً برای جداسازی مواد معلق در فاضلاب بوده و در اغلب روش‌های تصفیه فاضلاب یکسان می‌باشد. تصفیه شیمیایی عمدتاً به فرایندهایی اطلاق می‌گردد که در آنها واکنش‌ها، ایجادکننده تغییر باشند. این فرایند نیز در تصفیه فاضلاب شهری کاربرد کمتری داشته و صرفاً گندزدایی را شامل می‌شود که در کلیه روش‌های تصفیه یکسان می‌باشد. مبنای مقایسه روش‌های مختلف، مقایسه فرایندهای بیولوژیک آنها می‌باشد. در این بررسی از میان روش‌های بیولوژیک مطرح و کاربردی در تصفیه فاضلاب شهری سه نوع فرایند برکه‌ای، فرایند هوازی

و

رشد - معلق و فرایند هوازی رشد - متصل انتخاب گردیده‌اند [۹].

در مطالعه اقتصادی که بین روش‌های مختلف در جمعیت‌های مختلف توسط همین محققین صورت پذیرفت، نشان داده شده که به طور کلی روش‌های لجن فعال و صافی چکنده در مقایسه با برکه تثبیت نسبت به اقلیم و آب و هوا کمتر حساس بوده و برکه تثبیت در اقلیم‌های مختلف دارای تفاوت‌های بسیاری می‌باشد. در اقلیم‌های شدیداً سرد، خیلی سرد، سرد و نسبتاً سرد که دارای تابستان‌هایی مناسب، معتدل، نیمه گرم، نیمه خشک و مرطوب می‌باشند، روش صافی چکنده در جمعیت‌های مختلف با دو نرخ کارمزد بانکی مطرح شده نسبت به روش‌های لجن فعال و برکه تثبیت دارای برتری اقتصادی می‌باشد. در اقلیم‌های نسبتاً سرد که دارای تابستان‌های نیمه گرم، گرم و خشک، گرم، خیلی گرم، خیلی گرم و مرطوب، خیلی گرم و خشک و در اقلیم‌های نیمه سرد و خشک روش برکه تثبیت در اکثر جمعیت‌ها و با هر دو نرخ کارمزد بانکی مطرح شده نسبت به روش‌های لجن فعال و صافی چکنده دارای برتری اقتصادی می‌باشد [۳]. در این مقاله در ادامه مطالعات انجام شده، در رابطه با حساسیت روش‌های مختلف تصفیه فاضلاب شهری در سه جمعیت مختلف نسبت به قیمت زمین، قیمت انرژی، گرم خشک BOD<sub>5</sub> ورودی به تصفیه‌خانه و استاندارد BOD<sub>5</sub> خروجی در دو نرخ کارمزد بانکی متفاوت و در شرایط مختلف آب و هوایی نتایج به دست آمده ارائه خواهد شد.

### کلیات

انتخاب فرایند بیولوژیک مناسب عمده‌ترین فرایندهای کاربردی در تصفیه‌خانه فاضلاب شهری عبارتند از: فرایندهای برکه‌ای، فرایندهای رشد معلق و فرایندهای رشد - متصل. بر مبنای تحقیقات انجام یافته [۹] مناسب‌ترین روش طراحی فرایندهای برکه‌ای مدل‌های سینتیک و پراکنندگی می‌باشد که مبنای طراحی در آنها سرعت واکنش و پراکنندگی هیدرولیکی می‌باشد. معروفترین روش یعنی معادله جریان پراکنندگی ترومورتی جهت این بررسی



انتخاب شده است [۱۳]. در این روش با استفاده از نمودار از روی درصد حذف اکسیژن مورد نیاز پنج روزه برای تجزیه مواد آلی (BOD<sub>5</sub>) و میزان پراکنندگی هیدرولیکی، زمان ماند هیدرولیکی به دست می آید.

از فرایندهای رشد - معلق، لجن فعال با اختلاط کامل در این بررسی مورد استفاده قرار گرفته است. در تحقیقات انجام یافته مشخص گردیده است [۷] که روش قسیم [۱۱] مناسب ترین روش طراحی می باشد که در این بررسی نیز از این روش استفاده گردیده است. در این روش میزان F/M و همچنین میزان اکسیژن مورد نیاز محافظه کارانه تر از روش های دیگر در نظر گرفته شده است و از آن جا که در این روش نیاز به فن آوری بالا در هنگام بهره برداری می باشد، این روش طراحی برگزیده شده است.

از فرایندهای رشد - متصل، فرایند صافی چکنده دو مرحله ای انتخاب شده است. جهت طراحی صافی های چکنده تحقیقات و بررسی های زیادی انجام شده است که اکثر آنها در طراحی نیاز به پارامترهایی دارند که می بایستی از مطالعات واحد پیشاهنگ به دست آید و لذا از این روابط در این بررسی استفاده نشده است [۱۲]. روش معمول طراحی صافی های چکنده در حالتی که اطلاعات واحد پیشاهنگ موجود نباشد، روش شورای تحقیقات ملی [۱۰] می باشد که در این بررسی انتخاب گردیده است.

۲-۲- انتخاب پهنه بندی اقلیمی مناسب

با توجه به گستردگی آب و هوایی کشور ایران، در این بررسی به مطالعات جامع اقلیمی کشور نگرشی داشته و پهنه اقلیمی مناسب این بررسی را برمی گزینیم. مطالعات جامع اقلیمی در ایران در مقیاس نقشه یک میلیونیم توسط دو سازمان در حال حاضر مطالعه شده است. شرکت مهندسی مشاور جاماب با دیدگاه تعیین استعدادهای منابع آب تقسیم بندی اقلیمی را بر مبنای روش دومارتن پیشرفته انجام داده است. در این مطالعه بر مبنای دو شاخص خشکی و میانگین حداقل روزانه در سردترین ماه سال، چهار گروه و هشت اشکوب اقلیمی، کلاً ۳۲ نوع اقلیم برای ایران معرفی شده است [۵].

مطالعات دیگر در این زمینه مربوط به پهنه بندی ایران، مسکن و محیط های مسکونی می باشد که توسط وزارت مسکن و شهرسازی انجام شده است. [۶]. در این مطالعه، هدف پهنه بندی اقلیمی کشور در ارتباط با شکل گیری محیط های مسکونی می باشد. بدین لحاظ با توجه به آسایش حرارتی و فراهم ساختن شرایط مناسب محیطی برای بهتر زیستن، ایجاد فضاهایی را در نظر می گیرد که بتوان با مصرف حداقل انرژی فسیلی، شرایط محیط مناسبی در آنها ایجاد نمود. در این روش تعریف آسایش انسان به عنوان مجموعه شرایطی است که حداقل برای ۸۰ درصد افراد مناسب باشد. در مقام مقایسه این دو روش از آن جا که هر دو مطالعه دارای ویژگی های مثبت و غنی بسیار زیادی می باشد، اما با توجه به این که در روش جاماب بیشتر اقلیم ها با توجه به شکل گیری منابع آب تقسیم بندی گردیده است و مطالعات وزارت مسکن و شهرسازی بیشتر توجه به استعداد مناطق و اقلیم ها در جهت شکل گیری شهرنشینی و مسائل مرتبط دارد، به این لحاظ در این بررسی از مطالعات وزارت مسکن و شهرسازی استفاده گردیده است. در این روش جمعاً ۳۶ گروه اقلیمی وجود دارد که از میان آنها ۳ اقلیم خیلی سرد - معتدل با کد اقلیمی (۲-۲) در روش اصلی به عنوان نماینده اقلیم های مناطق سردسیری، نسبتاً سرد - مرطوب با کد اقلیمی (۳-۲) به عنوان نماینده اقلیم های معتدل و اقلیم خنک - شدیداً گرم و خشک با کد اقلیمی (۷-۲) به عنوان نماینده اقلیم های گرمسیری در نظر گرفته شده اند. در اقلیم (۲-۲) شهرهای ماکو، خوی، اهر، اردبیل، اسکو، قره آغاج، فیروزآباد، زنجان، استور، مهرگرد، ولدآباد، قوچان، همدان، میمه، آشتیان و تفرش، در اقلیم (۳-۲) شهرهای رشت، دشت ناز، قائم شهر، شیرگاه، تعجن، نوشهر، خشکه داران و در اقلیم (۷-۲) شهرهای حاجی آباد، تابشکویه، آغاچاری، اهواز، مسجد سلیمان، شوش، هفت تپه، دزفول، اندیمشک و تنگ پنج وجود دارند.

با توجه به ویژگی های متفاوت فاضلاب شهری تولیدی در جمعیت های مختلف، در این بررسی مقایسه اقتصادی تصفیه بیولوژیک روش های مختلف برای سه جمعیت شهری ۲۰۰۰۰ نفری، ۱۰۰۰۰۰ نفری و ۵۰۰۰۰۰ نفری صورت

می پذیرد. با توجه به این که پیش بینی می شود روند تغییرات تعداد شهرها به صورتی باشد که در سال ۱۴۰۰ کشور ما دارای حدود ۳۷۰ شهر با جمعیت متوسط ۱۰۰۰۰۰ نفر باشد در این بررسی تعیین ابعاد هندسی طوری صورت پذیرفته است که برای جمعیت های متوسط دقیق تر بوده و کاربرد این بررسی در این جمعیت ها بیشتر توصیه می گردد [۷]. جهت جمعیت های ۲۰۰۰۰ نفری و ۵۰۰۰۰۰ نفری نیز این بررسی انجام شده است که عوامل طبیعی و جغرافیایی و محلی ممکن است در نتایج به دست آمده تأثیر مهمتری نسبت به نتایج به دست آمده از این بررسی داشته باشد.

تعیین هزینه های مورد نیاز ساخت بر مبنای روش های طراحی

جهت برآورد هزینه های مورد نیاز جهت احداث واحدهای بیولوژیک تصفیه خانه های فاضلاب شهری برای جمعیت های مختلف در اقلیم های متفاوت ابتدا بایستی متذکر شد که تصفیه اولیه و مراحل بعد از تصفیه ثانویه شامل: گندزدایی و دفع لجن تولیدی با توجه به این که در کلیه روش ها تقریباً یکسان می باشد در این بررسی مد نظر قرار نگرفته است. ضمن این که مثلاً هزینه دفع لجن در روش برکه تثبیت بسیار ارزان تر از دوروش دیگر بوده که این مسئله مؤید قوت اقتصادی روش برکه تثبیت در اقلیم های توصیه شده می باشد. جهت تعیین هزینه های مورد نیاز ساخت بر مبنای روش های طراحی ذکر شده ابتدا پارامترهای کلی جهت طراحی را از مراجع مشخص استخراج نموده، سپس مبنای طراحی را معرفی و بر مبنای آن و روش طراحی ابعاد هندسی روش های مختلف را مشخص می نماییم. بر مبنای قیمت های موجود، هزینه های مورد نیاز ساخت را تعیین می کنیم. پس از آن شاخص اقتصادی مقایسه گزینه ها را معرفی می نماییم. سپس هزینه های مربوط به سرویس و نگهداری در دوران بهره برداری را به طور سالانه محاسبه و مقایسه اقتصادی را انجام می دهیم.

پارامترهای طراحی روش های مختلف تصفیه فاضلاب عبارتند از: متوسط حداقل درجه حرارت، متوسط حداکثر درجه حرارت، میزان آب مصرفی سرانه، ضریب تبدیل آب به فاضلاب و ارتفاع از سطح دریا. متوسط حداقل درجه حرارت و

متوسط حداکثر درجه حرارت اقلیم های مختلف بر مبنای اطلاعات و آمار ایستگاه های هواشناسی و متوسط گیری از آمار ایستگاه های موجود در هر اقلیم به دست آمده است. ارتفاع از سطح دریا نیز بر اساس اطلاعات شهرهای موجود در هر اقلیم و متوسط گیری از شهرهای موجود در همان اقلیم به دست می آید. اطلاعات مربوط به میزان مصرف آب سرانه در هر اقلیم بر مبنای اطلاعات موجود در شناسنامه های آب ایران که توسط شرکت مهندسی مشاور جاماب تهیه گردیده و به روش متوسط گیری شهرهای هر اقلیم، به دست آمده است [۴]. در مورد اطلاعات لازم در مورد BOD<sub>5</sub> ورودی با توجه به این که در ضوابط فنی بررسی و تصویب طرح های تصفیه فاضلاب شهری منتشره از سوی سازمان برنامه و بودجه توصیه شده، مقدار آن ۵۰ گرم خشک برای هر نفر در نظر گرفته شده است [۷]، درجه تصفیه فاضلاب تابع منابع پذیرنده پساب تخلیه شده به آن هاست که در این بررسی بر اساس استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست و سپس به منظور تحلیل حساسیت به صورت یک متغیر در نظر گرفته شده است.

مبنای تعیین ابعاد هندسی، متره و برآورد هزینه

مبانی در نظر گرفته شده جهت طراحی و تعیین ابعاد هندسی با توجه به سهولت اجرا و کارایی هرچه بهتر و با فرض پیش تصفیه در کلیه روش ها به مقدار ۳۴ درصد عبارتند از:

مساحت برکه های تپ شهرهای ۲۰،۰۰۰ نفری	۴ هکتار
مساحت برکه های تپ شهرهای ۱۰۰،۰۰۰ نفری	۱۰ هکتار
مساحت برکه های تپ شهرهای ۵۰۰،۰۰۰ نفری	۲۰ هکتار
عمق متوسط آب در برکه ها	۱/۵ متر
درصد جریان برگشتی به صافی های دو مرحله ای	صفر [۸]
ارتفاع صافی	۲ متر
بار هیدرولیکی در متوسط جریان طراحی	
ته نشین ثانویه صافی ها	$24 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \text{ d}$ [۸]
عمق ته نشین ثانویه در صافی ها	۴ m [۸]
F/M در حوض هواده لجن فعال	۰/۲-۰/۶ [۱۰]
زمان ماند هیدرولیکی در جریان متوسط طراحی	
حوض هواده	۴-۸ ساعت [۱۰]



بار آلی حوض هوادهی در جریان

متوسط طراحی  $0.8-2 \text{ kg BOD}_5/\text{m}^2 \cdot \text{d}$

بار هیدرولیکی ته نشین ثانویه در جریان متوسط

طراحی لجن فعال  $10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$

بار هیدرولیکی ته نشین ثانویه در جریان حداکثر

طراحی لجن فعال  $10 < 40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$

بار مواد آلی جامد در جریان متوسط طراحی

$10 < 50 \text{ kg BOD}_5/\text{m}^2 \cdot \text{d}$

بار مواد آلی جامد در جریان حداکثر طراحی

$10 < 150 \text{ kg BOD}_5/\text{m}^2 \cdot \text{d}$

مبنای در نظر گرفته شده جهت متره و برآورد هزینه

احداث روش های مختلف عبارتند از [۸]:

- ارتفاع خاکریز در برکه های تثبیت ۲ متر
- عرض بالای خاکریز در برکه های تثبیت ۲ متر
- شیب سمت آب در برکه های تثبیت ۱:۳
- شیب سمت خشکی در برکه های تثبیت ۱:۲
- عمق پوشش سنگی در برکه های تثبیت ۳۰ سانتی متر

در ساخت صافی ها جهت هوادهی هر چه بهتر، یک صفحه بتنی سوراخ دار به ضخامت ۳۰ سانتی متر در نظر گرفته شده است که صافی بر روی آن بنا می گردد. جهت ساخت صافی ها بلوک های پیش ساخته بتنی به ابعاد ۴۰ سانتی متر و ضخامت ۱۰ سانتی متر در نظر گرفته شده است. دور بلوک های ساخته شده بتنی دو ردیف تسمه فولادی ۱۰ سانتی متری در نظر گرفته شده است. جهت تقسیم آب بر روی صافی ها یک خرپا با لوله فولادی در نظر گرفته شده که به وسیله نیروی هیدرولیکی با چرخیدن، تقسیم آب بر روی صافی به صورت یکنواخت را به عهده دارد.

قیمت هر متر مربع خرید زمین برای کلیه روش ها معادل ۲۵۰ ریال، فاصله حمل مصالح ۶/۵ کیلومتر و هزینه های در نظر گرفته شده جهت احداث در مورد کارهای خاکی در برکه های تثبیت، گودبرداری در صافی ها و لجن فعال مطابق فهرست بهای سازمان برنامه و بودجه و هزینه کارهای بتنی شامل قالب بندی، آرماتوربندی، بتن ریزی و حمل مصالح مطابق قیمت های روز در سه ماه دوم سال ۱۳۷۶ پیمانکاران خصوصی

و دولتی و در انتها هزینه تجهیزات مختلف مورد نیاز در صافی چکنده و لجن فعال مطابق قیمت های روز تجهیزات موجود در بازار در سه ماه دوم سال ۱۳۷۶ در نظر گرفته شده است.

تعیین شاخص اقتصادی جهت مقایسه گزینه ها

با توجه به روش های متداول مطرح در متون اقتصاد مهندسی بهترین شاخص اقتصادی جهت مقایسه گزینه ها، هزینه معادل سالانه<sup>۱</sup> (EAC) می باشد. هزینه معادل سالانه را می توان به صورت سرمایه ای تصور نمود که در صورت سرمایه گذاری با یک بهره خاص در زمان حال دقیقاً بودجه مورد نیاز کلیه مخارج لازم در مدت برنامه ریزی را بتواند فراهم کند. هزینه معادل سالانه شامل هزینه های برگشت مورد نیاز ساخت و هزینه های جاری بهره برداری و نگهداری از تأسیسات می شود. جهت تعیین هزینه برگشت مورد نیاز ساخت ابتدا می بایستی ضریب هزینه برگشت سرمایه<sup>۲</sup> (CRF) را از رابطه زیر که ضریب باز یافت سرمایه است، به دست آورد:

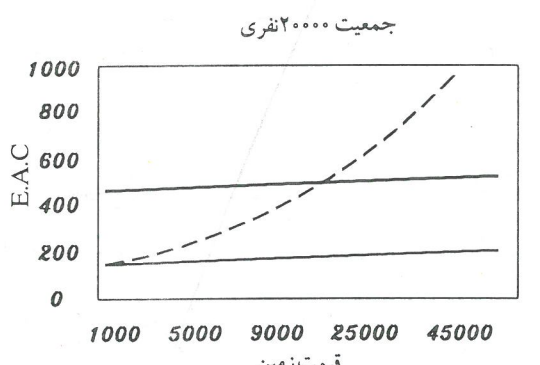
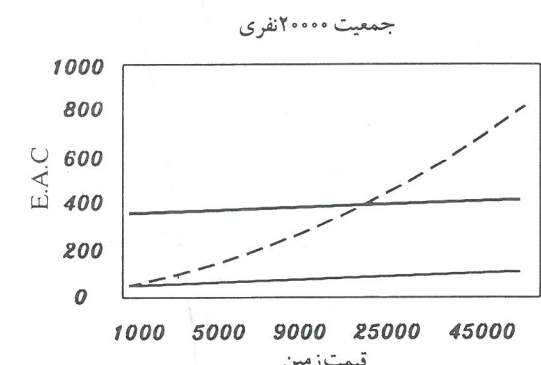
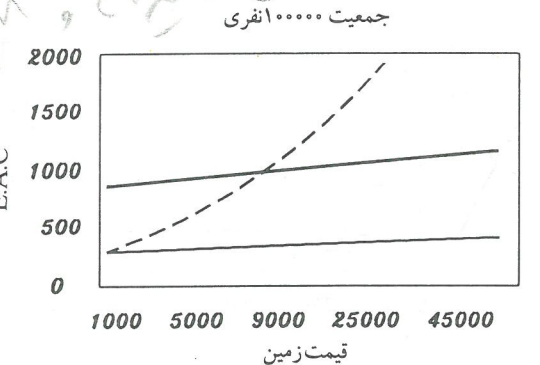
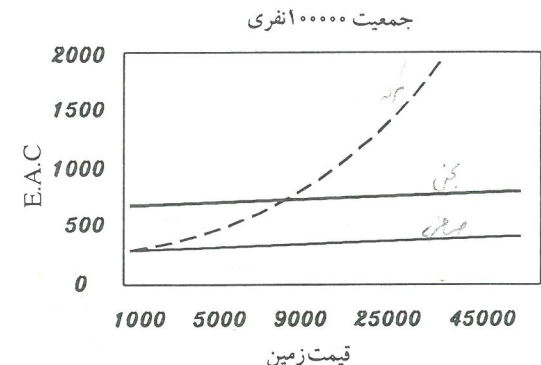
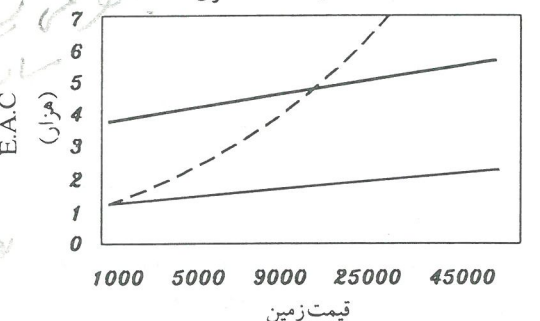
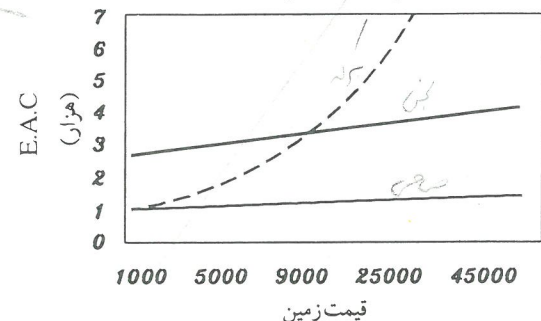
$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (1) \quad n=30 \quad i=0.12$$

که در آن:  $n=30$  سال عمر تأسیسات  
 $i=0.12$  نرخ تنزیل و یا هزینه فرصت از دست رفته سرمایه  
 $CRF=0.12$  ضریب برگشت سرمایه گذاری اولیه

عمر مفید ساختمان ها و تجهیزات تصفیه خانه به جهت این که در برآورد تجهیزات مورد نیاز از تجهیزاتی که دوام و عمر مفید بیشتری دارند استفاده گردیده ۳۰ سال در نظر گرفته شده است. نرخ کارمزد سرمایه گذاری با توجه به مصوبه شورای اقتصاد جهت طرح های عمرانی ۱۲ درصد و با توجه به پیشنهاد کمیته فنی پیمانکاران، مشاورین و دفتر فنی سازمان برنامه و بودجه به شورای اقتصاد ۱۹ درصد در نظر گرفته شده است که به این ترتیب ضریب برگشت سرمایه گذاری اولیه به ترتیب عبارت از ۱/۱۲۴ و ۱/۱۹۱ می باشد. بدین ترتیب جهت تعیین هزینه برگشت مورد نیاز ساخت ابتدا هزینه های ساخت را تعیین نموده و سپس در ضرایب برگشت سرمایه گذاری اولیه ضرب می نمایم.

1- Equivalent Annual Cost 2- Capital Recovery Factor

نرخ کارمزد بانکی ۱۲ درصد  
 جمعیت ۵۰۰۰۰ نفری



برکه تثبیت --- صافی چکنده — لجن فعال —

E.A.C. هزینه معادل سالانه به میلیون ریال

شکل ۱- حساسیت روش های مختلف نسبت به قیمت زمین (بر حسب ریال) در اقلیم های خیلی سرد - معتدل (۲-۲).



طوری که برای رابطه آن با میلیون ریال هزینه معادل سالانه، رابطه لگاریتمی متصور می‌گردد. روش‌های لجن فعال و صافی چکنده خیلی نسبت به قیمت زمین حساس نبوده و تقریباً در تمامی مناطق، صافی چکنده با قیمت زمینی در حدود ۱۰۰۰ ریال قابل رقابت با برکه تثبیت بوده و قیمت هزینه معادل سالانه برکه تثبیت از این قیمت زمین بیشتر، قابل رقابت با صافی چکنده نمی‌باشد. در این مورد نرخ کارمزد بانکی تأثیر چندانی را نشان نمی‌دهد. در مورد مقایسه روش لجن فعال و برکه تثبیت، کاملاً مشهود است که نرخ کارمزد بانکی در نقطه تقاطع قیمت زمین برای این دو روش اثر قابل ملاحظه‌ای دارد و در این مورد می‌توان اشاره نمود که به طور کلی کنترل نرخ کارمزد بانکی و نهادینه نمودن آن یکی از راه‌های اشاعه و غلبه روش برکه تثبیت نسبت به روش لجن فعال می‌باشد. نکته قابل ذکر دیگر تفاوت این نقطه تقاطع در جمعیت‌های مختلف می‌باشد. هر چه جمعیت تحت پوشش تصفیه‌خانه بیشتر گردد، این نقطه تقاطع کمتر می‌شود. این مسئله را چنین می‌توان تعبیر نمود که روش لجن فعال برای جمعیت‌های بیشتر، قابلیت رقابت بیشتری نسبت به جمعیت‌های کمتر دارد و به طور کلی برای جمعیت‌های کم این روش، بسیار ضعیف و در جمعیت‌های متوسط، ضعیف به نظر می‌رسد. در اقلیم‌های معتدل و گرم این نقطه تقاطع چه در مورد صافی چکنده و چه در مورد روش لجن به جلوتر منتقل شده و این نکته را کاملاً مشهود می‌سازد که روش برکه تثبیت در اقلیم‌های معتدل و گرم قابل رقابت با هر دو روش می‌باشد و نسبت به هر دو آنها در قیمت‌های متعارف زمین رجحان دارد.

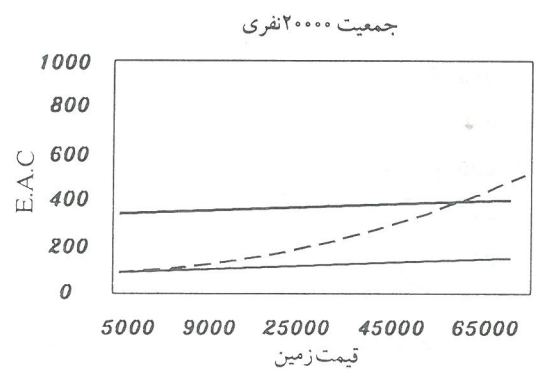
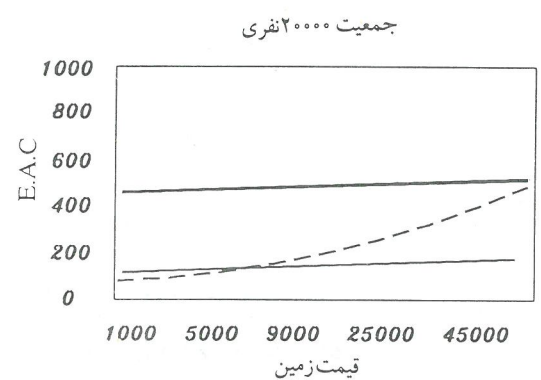
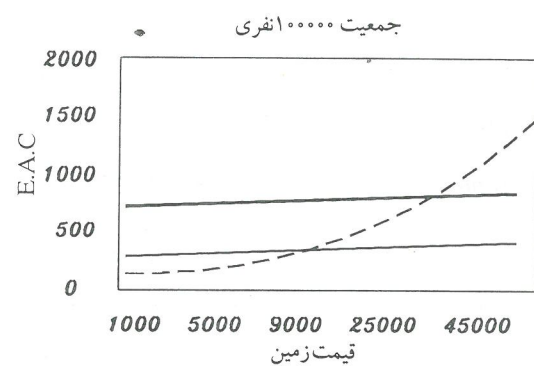
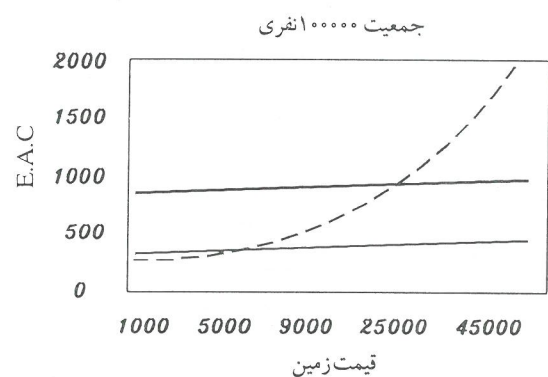
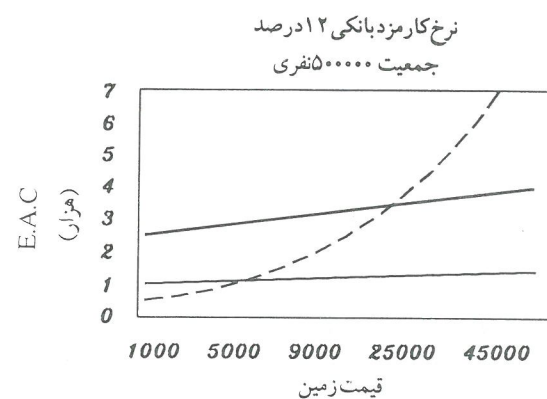
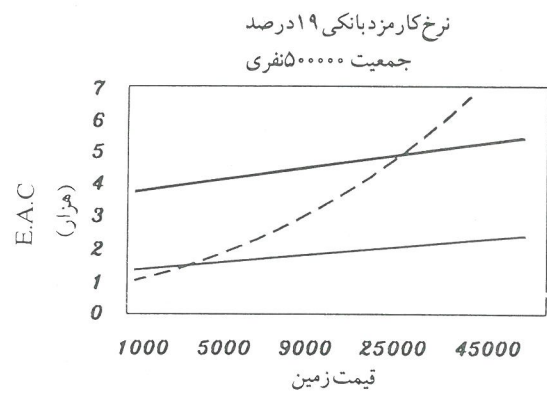
شکل ۳ حساسیت هزینه معادل سالانه نسبت به قیمت انرژی برای روش‌های مختلف تصفیه فاضلاب شهری را در اقلیم نسبتاً سرد - مرطوب برای جمعیت‌های متفاوت و بادو نرخ کارمزد بانکی ۱۲ و ۱۹ درصد نمایان می‌سازد. دیگر اقلیم‌های مورد مطالعه قرار گرفته نیز دارای همین روند می‌باشند. تولید انرژی هم اکنون به عنوان یکی از شاخص‌های مهم توسعه اقتصادی در دنیا مطرح می‌باشد. مصرف بهینه این محصول با ارزش نه تنها از جنبه‌های اقتصادی، که بیشتر از جنبه‌های زیست‌محیطی به عنوان یک راه کار بسیار مهم و اساسی بوده و روش‌هایی که مصرف انرژی کمتری دارند بدین لحاظ رجحان

هزینه‌های جاری بهره‌برداری و نگهداری از تأسیسات و ساختمان‌ها شامل: هزینه‌های نگهداری از تجهیزات، هزینه‌های نگهداری از ساختمان‌ها، هزینه برق مصرفی و هزینه نیروی انسانی می‌باشد. جهت تعیین هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری، هزینه‌های نگهداری از تجهیزات ۳ درصد و هزینه نگهداری از ساختمان‌ها ۲ درصد هزینه مورد نیاز ساخت در نظر گرفته شده است. هزینه برق مصرفی تصفیه‌خانه با اطلاعاتی که از شرکت برق منطقه‌ای کسب شده است، تحت تعرفه شماره ۵۰۰۴ مصارف سنگین ارزشیابی می‌شود و به طور متوسط از چنین سازمان‌هایی به ازاء هر کیلووات ساعت مصرف، ۱۵ ریال و بابت آب‌ونمان و حق اشتراک نیز مبلغی دریافت می‌شود که به طور کلی رقم ۲۰ ریال در این بررسی در نظر گرفته شده است. هزینه‌های نیروی انسانی مورد نیاز نیز مطابق معمول چند تصفیه‌خانه در حال بهره‌برداری و نقطه نظرات مراجع تعیین گردیده است.

### دستاوردها و نتایج

بر مبنای روش ارائه شده در کلیات، هزینه‌های ساخت روش‌های مختلف تعیین و در جدول ۱ ارائه شده است. هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری روش‌های مختلف در جمعیت‌های متفاوت و در اقلیم‌های ۳۶ گانه در جدول ۲ ارائه گردیده است. مقایسه هزینه معادل سالانه روش‌های مختلف در جمعیت‌های متفاوت با نرخ کارمزد بانکی ۱۹ و ۱۲ درصد در مطالعات قبلی نشان داده شده است [۳]. در ادامه، جهت مقایسه اقتصادی بین روش‌های مختلف، حساسیت هزینه معادل سالانه هر یک از روش‌ها با دو نرخ کارمزد بانکی نسبت به قیمت زمین، قیمت انرژی، گرم خشک BOD<sub>5</sub> ورودی و میلی‌گرم در لیتر BOD<sub>5</sub> خروجی برای سه اقلیم مذکور انجام گرفت که نتایج آن بدین قرار است.

شکل‌های ۱ و ۲ حساسیت هزینه معادل سالانه نسبت به قیمت زمین برای روش‌های مختلف تصفیه فاضلاب شهری در اقلیم‌های مختلف برای جمعیت‌های متفاوت و بادو نرخ کارمزد بانکی ۱۲ و ۱۹ درصد را نمایان می‌سازد. در مناطق سردسیر روش برکه تثبیت به شدت نسبت به قیمت زمین حساس بوده به



برکه تثبیت - - - صافی چکنده - - لجن فعال

E.A.C هزینه معادل سالانه به میلیون ریال

شکل ۲- حساسیت روش‌های مختلف نسبت به قیمت زمین (بر حسب ریال) در اقلیم خنک - شدیداً گرم و خشک (۲-۷).



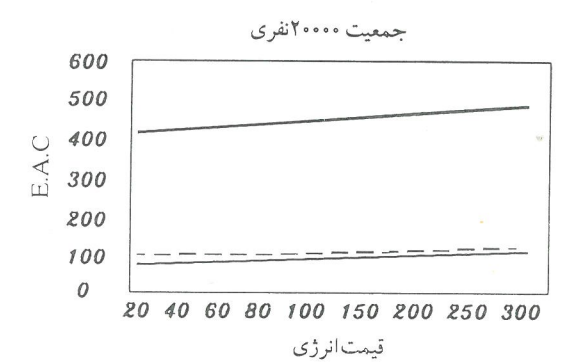
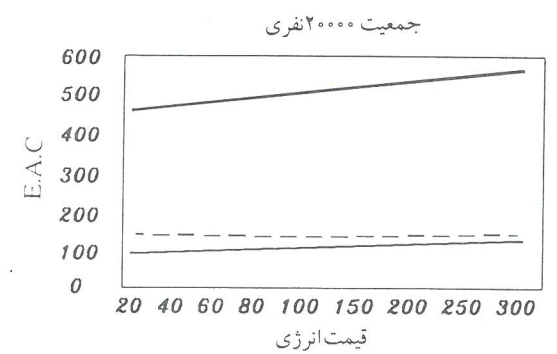
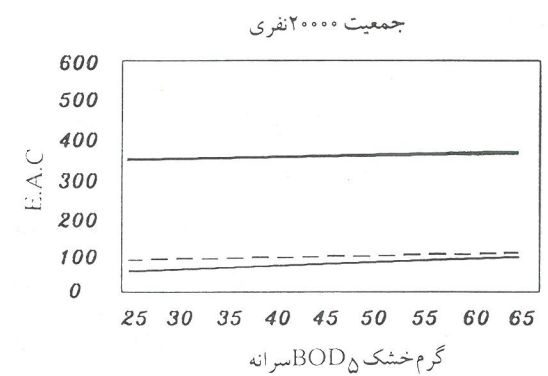
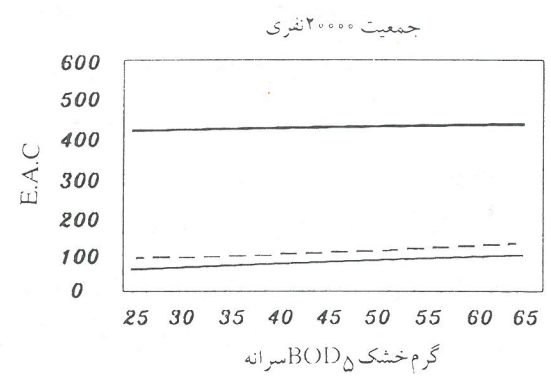
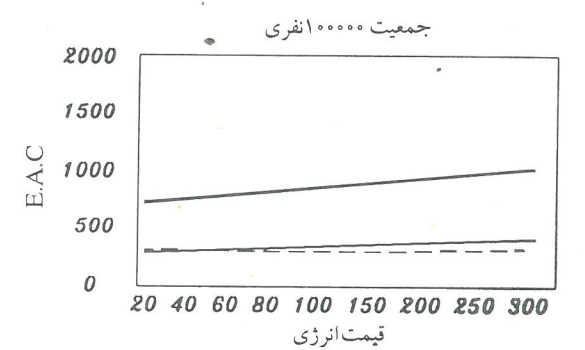
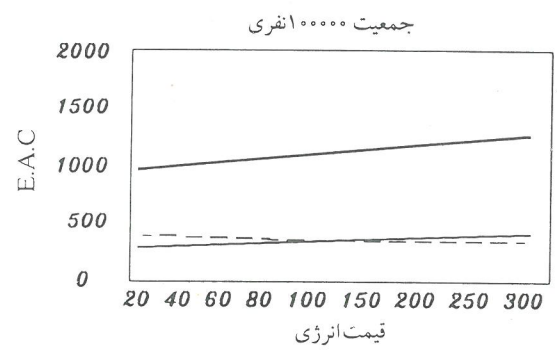
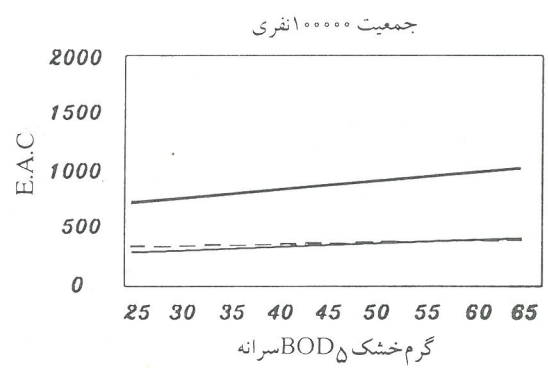
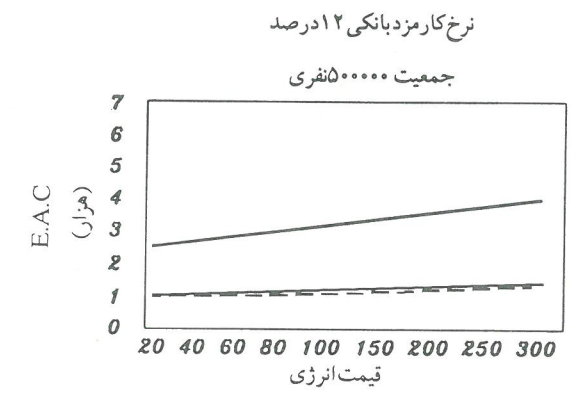
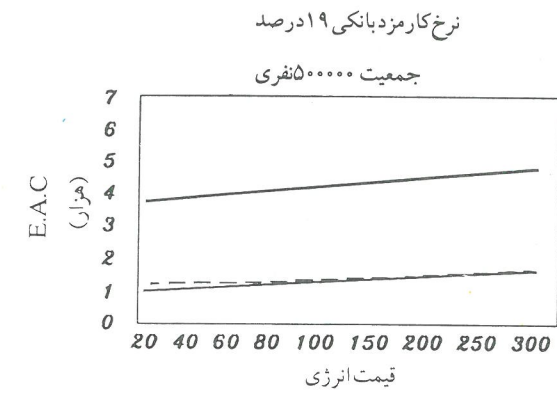
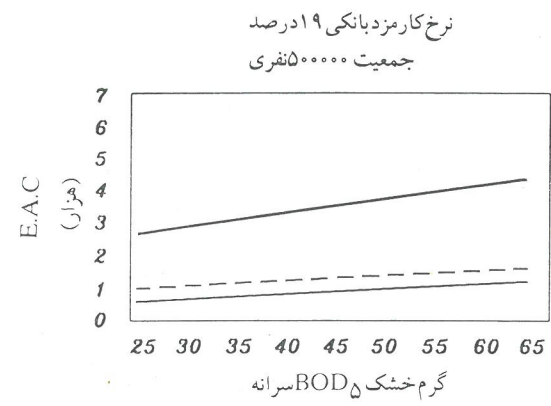
جدول ۲: هزینه‌های جاری سالانه بهره‌برداری و نگهداری روش‌های مختلف در جمعیت‌های متفاوت

کد اقلیم	هزینه ۲۰۰۰۰ نفری (میلیون ریال)			هزینه ۱۰۰۰۰۰ نفری (میلیون ریال)			هزینه ۵۰۰۰۰۰ نفری (میلیون ریال)		
	برکه تثبیت	صافی چکنده	لجن فعال	برکه تثبیت	صافی چکنده	لجن فعال	برکه تثبیت	صافی چکنده	لجن فعال
۱-۱	۴۷	۵۰	۱۰۲	۱۴۵	۱۷۰	۲۸۶	۲۸۱	۳۷۸	۸۳۱
۲-۱	۴۶	۵۰	۱۰۲	۱۴۳	۱۷۰	۲۸۶	۲۷۳	۳۷۸	۸۳۱
۲-۲	۴۵	۵۰	۱۰۳	۱۴۱	۱۷۰	۲۸۸	۲۶۴	۳۷۹	۸۳۸
۲-۳	۴۵	۵۰	۱۰۲	۱۴۱	۱۷۰	۲۸۷	۲۶۳	۳۷۶	۸۸۴
۲-۴	۴۵	۵۰	۱۰۲	۱۳۹	۱۷۰	۲۸۶	۲۵۹	۳۷۸	۸۳۲
۲-۵	۴۵	۵۰	۱۰۱	۱۳۹	۱۷۱	۲۸۶	۲۵۶	۳۸۰	۸۷۲
۲-۶	۴۵	۴۹	۱۰۲	۱۳۹	۱۶۵	۲۸۷	۲۵۹	۳۶۰	۸۰۰
۲-۷	۴۵	۵۰	۱۰۱	۱۳۹	۱۷۰	۲۸۴	۲۵۵	۳۸۰	۸۲۱
۲-۸	۴۵	۵۰	۱۰۲	۱۳۹	۱۷۱	۲۸۶	۲۵۱	۳۸۰	۸۷۱
۳-۱	۴۶	۵۰	۱۰۲	۱۴۲	۱۷۱	۲۸۶	۲۶۸	۳۷۹	۸۷۱
۳-۲	۴۵	۴۹	۱۰۳	۱۴۰	۱۶۷	۲۸۹	۲۴۶	۳۴۶	۷۶۸
۳-۳	۴۵	۵۰	۱۰۳	۱۳۹	۱۷۱	۲۸۹	۲۴۲	۳۷۴	۷۶۹
۴-۱	۴۵	۵۰	۱۰۳	۱۴۲	۱۷۱	۲۸۹	۲۶۸	۳۷۴	۷۶۹
۴-۲	۴۵	۵۰	۱۰۱	۱۳۸	۱۷۱	۲۸۴	۲۵۱	۳۷۹	۷۸۰
۴-۳	۴۵	۵۰	۱۰۲	۱۳۹	۱۷۰	۲۸۶	۲۴۲	۳۸۰	۷۵۴
۵-۱	۴۵	۵۱	۱۰۰	۱۳۶	۱۷۲	۲۷۹	۲۴۶	۳۹۱	۸۳۵
۵-۲	۴۵	۵۰	۱۰۲	۱۳۸	۱۷۰	۲۸۶	۲۵۱	۳۸۱	۸۳۰
۵-۳	۴۴	۵۰	۹۹	۱۳۶	۱۷۲	۲۷۹	۲۴۵	۳۹۱	۷۹۸
۵-۴	۴۴	۵۰	۱۰۱	۱۳۶	۱۷۱	۲۸۶	۲۴۶	۳۸۲	۸۷۲
۵-۵	۴۵	۵۰	۱۰۱	۱۳۸	۱۷۱	۲۸۶	۲۴۹	۳۸۰	۷۸۷
۵-۶	۴۴	۵۰	۱۰۰	۱۳۶	۱۷۰	۲۸۲	۲۴۲	۳۸۴	۸۵۷
۵-۷	۴۵	۵۰	۱۰۰	۱۳۸	۱۷۰	۲۸۲	۲۵۱	۳۸۴	۸۵۷
۶-۱	۴۳	۵۰	۱۰۰	۱۳۶	۱۷۳	۲۸۰	۲۴۲	۳۸۵	۸۰۵
۶-۲	۴۵	۵۰	۱۰۰	۱۳۸	۱۷۰	۲۸۲	۲۴۱	۳۸۴	۸۵۷
۶-۳	۴۴	۵۱	۹۹	۱۳۶	۱۷۳	۲۷۷	۲۳۷	۳۹۵	۸۲۸
۶-۴	۴۴	۵۰	۱۰۰	۱۳۶	۱۷۳	۲۸۰	۲۴۰	۳۸۵	۸۰۵
۶-۵	۴۳	۵۱	۹۹	۱۳۵	۱۷۶	۲۷۵	۲۳۶	۴۰۰	۷۳۶
۶-۶	۴۳	۵۱	۱۰۱	۱۳۵	۱۷۲	۲۸۶	۲۳۶	۳۸۸	۸۷۲
۷-۱	۴۳	۵۰	۱۰۰	۱۳۵	۱۷۰	۲۸۲	۲۳۷	۳۸۴	۸۵۷
۷-۲	۴۳	۵۰	۱۰۲	۱۳۵	۱۷۰	۲۸۷	۲۳۶	۳۷۶	۷۹۹
۷-۳	۴۳	۵۰	۱۰۱	۱۳۵	۱۷۱	۲۸۶	۲۳۳	۳۸۲	۷۸۷
۷-۴	۴۳	۵۰	۱۰۳	۱۳۳	۱۷۱	۲۸۹	۲۳۲	۳۷۴	۷۷۱
۷-۵	۴۳	۵۰	۱۰۳	۱۳۵	۱۷۱	۲۸۹	۲۳۲	۳۷۴	۷۷۱
۸-۱	۴۴	۵۰	۱۰۲	۱۳۵	۱۷۰	۲۸۸	۲۳۶	۳۷۷	۷۹۷
۸-۲	۴۴	۵۰	۱۰۳	۱۳۵	۱۷۰	۲۸۸	۲۲۹	۳۷۸	۷۶۰
۸-۳	۴۳	۵۴	۹۶	۱۳۳	۱۸۲	۲۷۰	۲۲۶	۴۳۱	۷۱۱

جدول ۱: هزینه‌های مورد نیاز ساخت تصفیه‌خانه به روش‌های مختلف در جمعیت‌های متفاوت

کد اقلیم	هزینه ۲۰۰۰۰ نفری (میلیون ریال)			هزینه ۱۰۰۰۰۰ نفری (میلیون ریال)			هزینه ۵۰۰۰۰۰ نفری (میلیون ریال)		
	برکه تثبیت	صافی چکنده	لجن فعال	برکه تثبیت	صافی چکنده	لجن فعال	برکه تثبیت	صافی چکنده	لجن فعال
۱-۱	۶۵۷	۳۴۴	۱۱۷۷	۲۲۱۹	۱۳۳۲	۳۴۶۹	۱۱۶۳۸	۵۳۰۶	۱۶۸۷۶
۲-۱	۵۲۷	۳۴۴	۱۱۷۷	۱۹۸۱	۱۳۳۲	۳۴۶۹	۱۰۴۸۰	۵۳۰۶	۱۶۸۷۶
۲-۲	۵۱۰	۳۳۹	۱۱۹۶	۱۷۶۵	۱۳۱۸	۳۵۶۸	۹۰۵۷	۵۳۴۷	۱۷۱۵۰
۲-۳	۴۸۲	۳۳۵	۱۱۹۲	۱۷۱۵	۱۳۱۶	۳۵۴۳	۸۸۰۴	۵۲۲۱	۱۸۳۸۴
۲-۴	۴۵۷	۳۴۴	۱۱۷۷	۱۵۷۳	۱۳۱۸	۳۴۶۹	۸۲۵۳	۵۳۰۶	۱۶۹۱۲
۲-۵	۴۶۴	۳۳۶	۱۱۳۵	۱۵۰۷	۱۳۴۷	۳۴۶۹	۷۸۱۵	۵۴۱۴	۱۷۸۴۳
۲-۶	۴۲۵	۲۸۹	۱۱۹۲	۱۵۷۰	۱۱۶۸	۳۵۴۳	۸۲۵۳	۴۶۷۴	۱۷۱۷۷
۲-۷	۴۴۳	۳۴۵	۱۱۲۴	۱۴۸۰	۱۳۳۸	۳۴۰۳	۷۶۸۴	۵۴۴۸	۱۶۴۱۸
۲-۸	۴۶۹	۳۳۶	۱۱۷۵	۱۵۲۳	۱۳۴۹	۳۴۶۹	۷۰۸۹	۵۳۸۶	۱۷۸۱۴
۳-۱	۵۷۵	۳۳۶	۱۱۷۵	۱۸۴۴	۱۳۴۷	۳۴۶۹	۹۵۳۳	۵۳۷۸	۱۷۸۱۴
۳-۲	۵۰۵	۳۰۲	۱۲۱۶	۱۶۴۲	۱۲۱۱	۳۶۲۲	۶۱۵۹	۴۲۰۷	۱۶۳۴۲
۳-۳	۴۷۷	۳۴۱	۱۲۱۶	۱۵۴۳	۱۳۳۹	۳۶۲۲	۵۶۱۹	۵۱۱۱	۱۶۳۷۸
۴-۱	۴۹۰	۳۴۱	۱۲۱۶	۱۸۳۰	۱۳۳۹	۳۶۲۲	۹۴۹۷	۵۱۱۱	۱۶۳۷۸
۴-۲	۴۲۷	۳۴۱	۱۱۲۴	۱۳۹۲	۱۳۶۴	۳۴۰۳	۷۰۹۴	۵۳۹۳	۱۶۳۵۶
۴-۳	۴۴۴	۳۴۴	۱۱۷۷	۱۴۲۸	۱۳۳۵	۳۴۶۹	۵۶۱۹	۵۳۶۶	۱۵۷۵۹
۵-۱	۳۹۹	۳۶۷	۱۰۷۵	۱۲۲۲	۱۴۵۶	۳۲۰۲	۶۱۸۲	۵۸۸۱	۱۶۳۰۰
۵-۲	۴۲۵	۳۳۶	۱۱۷۵	۱۳۷۶	۱۳۳۹	۳۴۶۹	۶۹۷۷	۵۴۷۵	۱۶۸۱۴
۵-۳	۳۷۲	۳۶۲	۱۰۷۱	۱۱۵۲	۱۴۴۹	۳۱۷۷	۶۰۳۸	۵۸۸۱	۱۵۴۵۶
۵-۴	۳۹۲	۳۳۶	۱۱۴۱	۱۲۰۷	۱۳۴۷	۳۴۶۹	۶۳۰۴	۵۴۷۵	۱۷۸۴۳
۵-۵	۳۹۸	۳۳۶	۱۱۴۱	۱۳۱۰	۱۳۴۷	۳۴۶۹	۶۶۳۹	۵۴۱۴	۱۶۶۱۴
۵-۶	۳۷۲	۳۵۰	۱۱۱۰	۱۱۲۲	۱۳۶۵	۳۳۱۱	۵۶۰۷	۵۵۸۹	۱۷۲۵۹
۵-۷	۴۱۷	۳۵۰	۱۱۱۰	۱۴۰۳	۱۳۶۵	۳۳۱۱	۷۱۵۶	۵۵۸۹	۱۷۲۵۹
۶-۱	۳۱۳	۳۵۲	۱۰۹۰	۱۰۸۷	۱۴۵۳	۳۲۴۲	۵۵۷۵	۵۶۳۰	۱۵۷۷۹
۶-۲	۴۴۰	۳۵۰	۱۱۱۰	۱۴۱۹	۱۳۶۵	۳۳۱۱	۵۴۳۹	۵۵۸۹	۱۷۲۵۹
۶-۳	۳۷۲	۳۷۲	۱۰۶۰	۱۱۲۹	۱۵۰۴	۳۱۲۰	۴۸۴۲	۶۱۱۱	۱۵۹۹۳
۶-۴	۳۷۹	۳۵۲	۱۰۹۷	۱۱۴۶	۱۴۵۳	۳۲۴۲	۵۲۱۹	۵۶۳۰	۱۵۷۷۹
۶-۵	۲۸۳	۲۸۴	۱۰۴۱	۹۱۸	۱۶۱۴	۳۰۲۲	۴۵۸۲	۶۳۰۰	۱۴۵۰۱
۶-۶	۳۱۵	۳۵۵	۱۱۳۵	۱۰۰۷	۱۴۰۰	۳۴۶۹	۴۴۷۸	۵۶۹۵	۱۷۸۴۳
۷-۱	۳۰۷	۳۵۰	۱۱۱۰	۹۸۳	۱۳۴۰	۳۳۱۱	۴۶۹۷	۵۵۸۹	۱۷۲۵۹
۷-۲	۲۸۸	۳۳۹	۱۱۹۲	۹۰۹	۱۳۱۶	۳۵۴۳	۴۴۵۰	۵۲۲۱	۱۷۱۵۵
۷-۳	۳۰۴	۳۳۶	۱۱۳۹	۹۷۰	۱۳۴۷	۳۴۹۷	۴۱۸۲	۵۴۷۵	۱۶۶۱۴
۷-۴	۲۸۰	۳۴۱	۱۲۱۸	۸۳۶	۱۳۲۷	۳۶۲۲	۳۹۸۸	۵۰۹۰	۱۶۴۶۸
۷-۵	۳۰۲	۳۴۱	۱۲۱۸	۹۵۹	۱۳۲۷	۳۶۲۲	۳۹۷۰	۵۰۹۰	۱۶۴۶۸
۸-۱	۳۲۵	۳۳۹	۱۱۹۰	۱۰۴۱	۱۳۳۱	۳۵۶۸	۴۶۱۵	۵۲۶۳	۱۷۰۵۲
۸-۲	۳۲۰	۳۴۴	۱۱۹۶	۱۰۲۶	۱۳۱۸	۳۵۶۸	۳۵۳۷	۵۳۰۶	۱۵۹۷۳
۸-۳	۲۷۳	۴۸۹	۹۴۳	۸۲۶	۱۸۶۲	۲۸۴۷	۳۰۲۸	۷۳۲۱	۱۳۵۲۵





برکه تثبیت --- صافی چکنده — لجن فعال

E.A.C هزینه معادل سالیانه به میلیون ریال

برکه تثبیت --- صافی چکنده — لجن فعال

E.A.C هزینه معادل سالیانه به میلیون ریال

شکل ۴- حساسیت روش های مختلف نسبت به گرم خشک BOD<sub>5</sub> سرانه در اقلیم خیلی سرد - معتدل (۲-۲).

شکل ۳- حساسیت روش های مختلف نسبت به قیمت انرژی (بر حسب ریال) در اقلیم نسبتاً سرد - مرطوب (۲-۳).



قابل ملاحظه‌ای نسبت به روش‌های دیگر دارند. حساسیت نسبتاً زیاد روش لجن فعال نسبت به قیمت انرژی که در حقیقت بیانگر مصرف بالای انرژی این روش نسبت به روش‌های دیگر می‌باشد در شکل‌های یاد شده کاملاً مشهود می‌باشد. از آنجاکه این محصول با ارزش هم اکنون با یارانه در اختیار این بخش قرار می‌گیرد، ابعاد مسئله روشن‌تر شده و در حقیقت می‌توان چنین بیان نمود که حذف یا ارائه قیمت انرژی واقعی یکی از عوامل بسیار مهم در بهینه نمودن مصرف انرژی در این بخش بوده و با توجه به سیاست مهار مصرف انرژی در بخش‌های مختلف این امر کاملاً ضروری به نظر می‌رسد. لازم به تذکر است که هم اکنون قیمت حدود ۲۰ ریال کیلووات ساعت مطرح در این بخش با قیمت‌های جهانی حدود ۱۰ سنت آمریکا و قیمت تمام شده انرژی در کشور خودمان فاصله بسیار داشته و از نظر جمعیت تحت پوشش و برخوردار از این یارانه، این سیاست منطقی به نظر نمی‌رسد. چراکه جمعیت استفاده‌کننده از این سیاست نسبت به جمعیت کل کشور بسیار محدود می‌باشد. تحلیل اقتصادی و خصوصاً زیست محیطی در مورد تعیین قیمت انرژی در این مورد کاملاً ضروری به نظر می‌رسد.

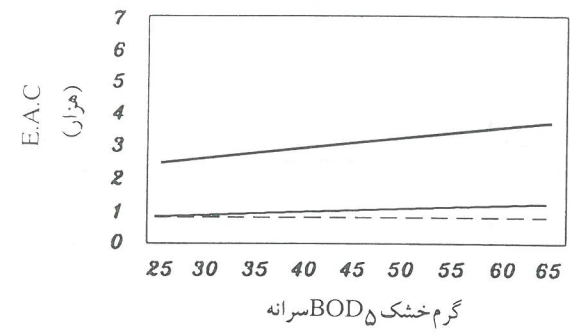
شکل‌های ۴ و ۵ حساسیت هزینه معادل سالانه نسبت به BOD<sub>5</sub> ورودی برای روش‌های مختلف تصفیه فاضلاب شهری را در اقلیم‌های مختلف برای جمعیت‌های متفاوت و با دو نرخ کارمزد بانکی ۱۲ و ۱۹ درصد نمایش می‌دهند. BOD<sub>5</sub> ورودی به تصفیه‌خانه به عنوان یکی از پارامترهای مهم طراحی بوده که اکثر مشاورین در این رابطه به جای تحلیل دقیق و روش‌های اندازه‌گیری، به توصیه‌ها اکتفا نموده و همان‌گونه که در شکل‌های مورد اشاره فوق مشهود می‌باشد این مسئله نمی‌تواند از نظر مهندسی و اقتصاد مهندسی دقیق باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود روش‌های برکه تثبیت و صافی چکنده در جمعیت‌های مختلف و با نرخ کارمزدهای بانکی مختلف دارای حساسیت یکسانی می‌باشند و شیب تغییرات آنها تقریباً یکسان می‌باشد. اما روش لجن فعال در جمعیت‌های مختلف نسبت به این پارامتر حساسیت‌های مختلف از خود نشان می‌دهد. به طوری که در جمعیت کم حساسیت آن بسیار کمتر از جمعیت متوسط بوده و در جمعیت زیاد از خود حساسیت بسیار زیادی

نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان توصیه نمود که عمل به توصیه‌های مراجع مختلف جهت طراحی تصفیه‌خانه‌های کوچک چندان اشکال عمده‌ای نداشته، ولی عمل به این توصیه در جمعیت‌های متوسط توصیه نمی‌شود و در جمعیت‌های زیاد می‌بایستی از این توصیه‌ها دوری جست و با دقت بالا این پارامتر را تعیین نمود.

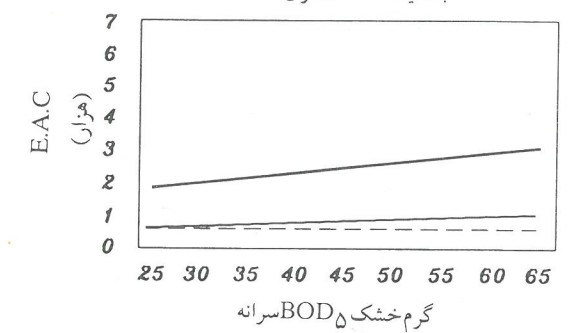
شکل‌های ۶ و ۷ حساسیت هزینه معادل سالانه نسبت به BOD<sub>5</sub> خروجی برای روش‌های مختلف تصفیه فاضلاب شهری را در دو اقلیم مختلف برای جمعیت‌های متفاوت و با دو نرخ کارمزد بانکی ۱۲ و ۱۹ درصد به نمایش گذاشته‌اند. BOD<sub>5</sub> خروجی از تصفیه‌خانه به عنوان مهمترین استاندارد خروجی از تصفیه‌خانه‌ها، همواره ملاک عمل مهندسین طراح واقع شده است. نقش این پارامتر از نظر اقتصادی و به طور کلی نقش استانداردها در مسائل اقتصادی و قدرت سرمایه‌گذاری ملی و تعیین سطح بهداشت عمومی در دوران مختلف از مسائل بسیار مهم و اساسی هر نظام می‌باشد. تعیین سطح استاندارد در جوامع مختلف به عوامل زیادی از جمله عوامل اقتصادی و رشد و توسعه بستگی دارد. تعیین استانداردها همواره می‌بایستی با تحلیل‌های دقیق از جنبه‌های مختلف همراه باشد. در این تحقیق به این مسئله صرفاً از دیدگاه اقتصادی و هزینه معادل سالانه روش‌های مختلف نگریسته شده است. قابل ذکر است که این تحلیل صرفاً از این جنبه دارای ارزش بوده و جهت تصمیم‌گیری نهایی بایستی از دیدگاه‌های دیگر نیز به این مسئله مهم و اساسی پرداخته شود.

همان‌گونه که در شکل‌های فوق‌الذکر مشاهده می‌شود، روش لجن فعال در جمعیت‌ها، اقلیم‌ها و نرخ‌های کارمزد بانکی مختلف، چندان حساسیت خاصی از خود نسبت به محدوده در نظر گرفته شده در این تحقیق که مابین ۲۰ تا ۴۵ میلی‌گرم در لیتر BOD<sub>5</sub> خروجی می‌باشد، نشان نمی‌دهد. برکه تثبیت در این محدوده دارای حساسیت بوده و شیب این حساسیت از اقلیم‌های سردتر تا اقلیم‌های گرمتر، کمتر شده و به عبارتی در اقلیم‌های گرم‌تر حساسیت کمتری از خود نشان می‌دهد. در مورد روش صافی چکنده این حساسیت نسبت به میلیون ریال هزینه معادل سالانه به صورت لگاریتمی می‌باشد. به طوری که

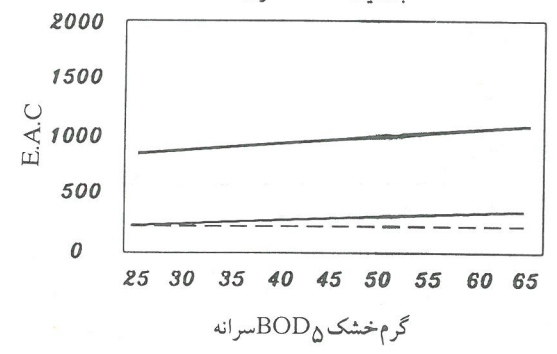
نرخ کارمزد بانکی ۱۹ درصد  
جمعیت ۵۰۰۰۰۰ نفری



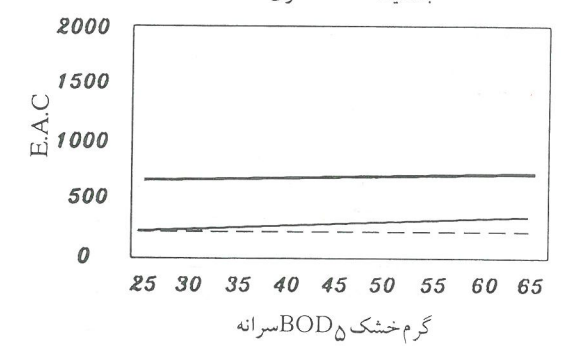
نرخ کارمزد بانکی ۱۲ درصد  
جمعیت ۵۰۰۰۰۰ نفری



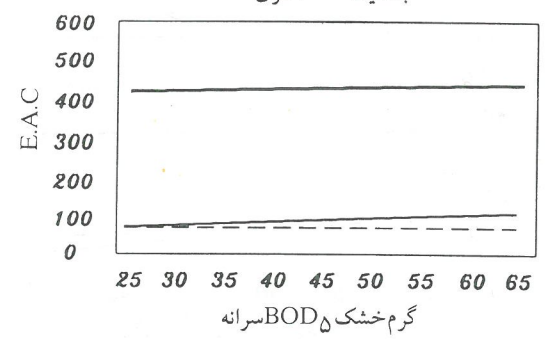
جمعیت ۱۰۰۰۰۰ نفری



جمعیت ۱۰۰۰۰۰ نفری



جمعیت ۲۰۰۰۰ نفری



جمعیت ۲۰۰۰۰ نفری

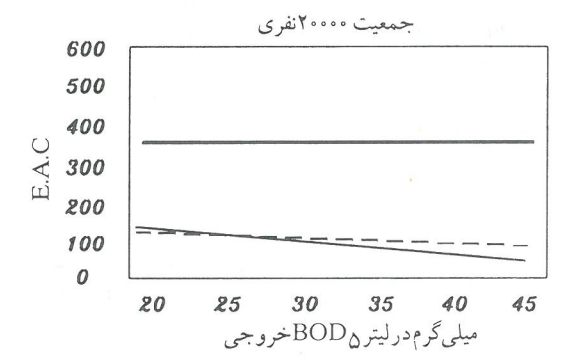
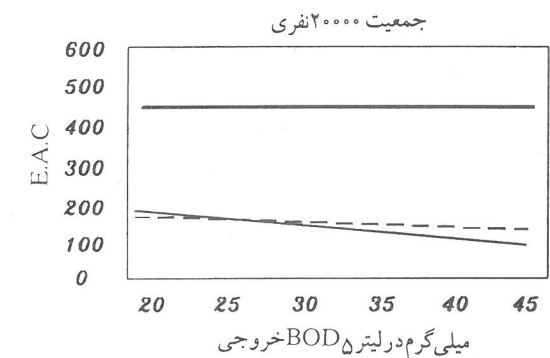
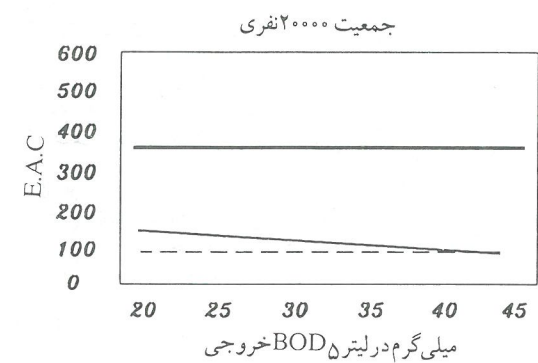
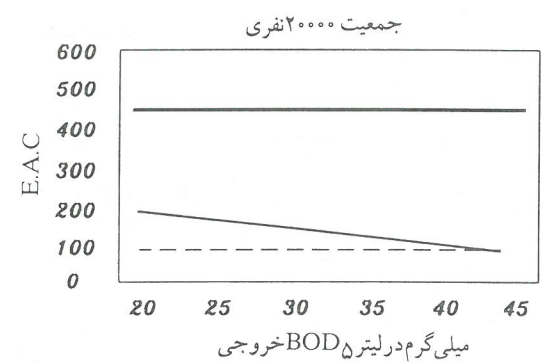
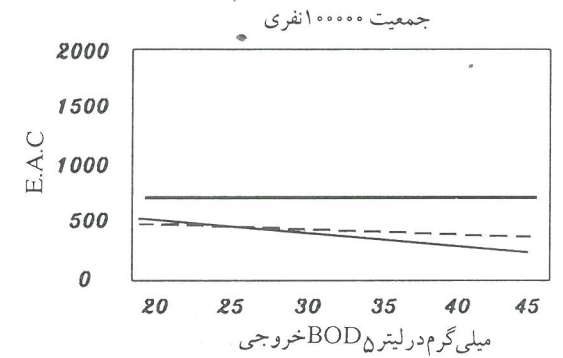
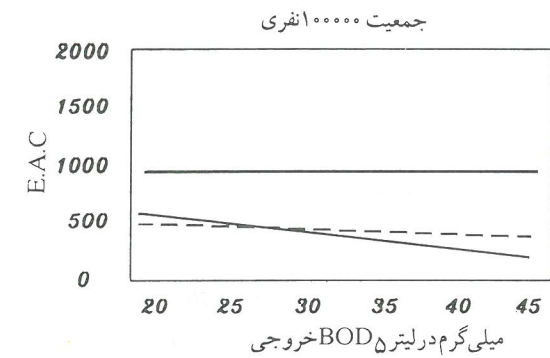
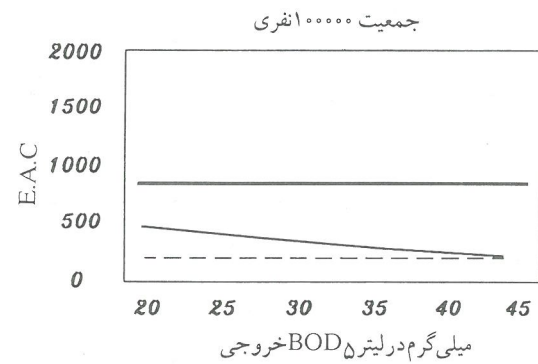


برکه تثبیت - - - - -  
صافی چکنده - - - - -  
لجن فعال —————

E.A.C. هزینه معادل سالیانه به میلیون ریال

شکل ۵- حساسیت روش‌های مختلف نسبت گرم خشک BOD<sub>5</sub> سرانه در اقلیم خنک - شدیداً گرم و خشک (۲-۷).





برکه تثبیت - - - صافی چکنده - - - لیجن فعال

E.A.C هزینه معادل سالیانه به میلیون ریال

برکه تثبیت - - - صافی چکنده - - - لیجن فعال

E.A.C هزینه معادل سالیانه به میلیون ریال

شکل ۷- حساسیت روش های مختلف نسبت به BOD خروجی از تصفیه خانه در اقلیم خنک - شدیداً گرم و خشک (۲-۷).

شکل ۶- حساسیت روش های مختلف نسبت گرم خشک BOD خروجی از تصفیه خانه در اقلیم خیلی سرد - معتدل (۲-۲).

در محدوده ۲۰ تا ۳۰ میلی گرم در لیتر این شیب تندتر می باشد و سپس نرمتر می گردد. بایستی اشاره نمود که تعیین استاندارد BOD<sub>5</sub> خروجی نسبت به استفاده مجدد و کاربری در نظر گرفته شده جهت خروجی از تصفیه خانه می تواند تفاوت های بسیاری داشته باشد. با برنامه ریزی نسبت به مسائل اقتصادی که یکی از شاخص های مهم بوده، کاربری پساب خروجی و نحوه حساسیت روش های مختلف نسبت به استاندارد BOD<sub>5</sub> خروجی، می توان کاربری های بهینه را جهت ورود پساب تصفیه خانه ها به چرخه حیات بخش آب، تنظیم و برنامه ریزی نمود.

### بهره گیری پایانی

در رابطه با حساسیت روش های مختلف نسبت به قیمت زمین، برکه تثبیت حساسیت بسیار زیادی در کلیه اقلیم ها و در جمعیت های مختلف نسبت به این عامل دارد. این حساسیت باعث شده است که در نرخ کارمزد بانکی کمتر (۱۲ درصد) قدرت رقابت بیشتری نسبت به روش های دیگر پیدا کند.

در رابطه با حساسیت روش ها نسبت به قیمت انرژی، روش لجن فعال نسبت به قیمت انرژی بسیار حساس می باشد. این حساسیت در دو نرخ کارمزد بانکی متفاوت است. این حساسیت در جمعیت های متوسط، کمتر و در جمعیت های کم و زیاد، بیشتر می باشد. این حساسیت در شرایط آب و هوایی مختلف دارای رفتارهای متفاوت است. این مسئله مؤید این نکته است که مصرف انرژی در روش لجن فعال نسبت به دو روش دیگر بسیار بالاست.

در مورد حساسیت روش های مختلف نسبت به گرم خشک BOD<sub>5</sub> ورودی به تصفیه خانه، روش های مختلف دارای حساسیت های متفاوت می باشند. این حساسیت ها در

### منابع و مراجع

- ۱- شیرزاد، س. (۱۳۷۶). "مقایسه اقتصادی- فنی تصفیه فاضلاب شهری در ایران"، پایان نامه کارشناسی ارشد، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی.
- ۲- محمدزاد، ش. و تجریشی، م. (۱۳۷۶). "بررسی امکان استفاده از پساب تصفیه خانه هادر کاهش بارهیدرولیکی جنوب تهران" چهارمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران، ص ۱۳۴ تا ۱۴۰.

جمعیت های مختلف نیز متفاوت ولی در شرایط آب و هوایی متفاوت، خیلی تفاوت ندارند. این حساسیت در دو نرخ کارمزد بانکی متفاوت نیز تفاوت عمده ای را نشان نمی دهد. روش لجن فعال در جمعیت های کم، دارای حساسیت بسیار کم، در جمعیت های متوسط، دارای حساسیت نسبتاً کم، ولی در جمعیت های زیاد، دارای حساسیت شدید می باشد. روش برکه تثبیت و صافی چکنده در جمعیت های کم و متوسط، دارای حساسیت نسبتاً کم و در جمعیت های زیاد، دارای حساسیت نسبتاً زیاد به گرم خشک BOD<sub>5</sub> ورودی به تصفیه خانه می باشند. در مورد حساسیت روش های مختلف نسبت به استاندارد BOD<sub>5</sub> خروجی، روش لجن فعال در جمعیت های کم و متوسط تقریباً نسبت به استاندارد در محدوده مطالعاتی (۲۰-۴۵ میلی گرم در لیتر) حساس نبوده و در جمعیت های زیاد دارای حساسیت کم می باشد. روش برکه تثبیت در جمعیت های کم و متوسط، دارای حساسیت کم و در جمعیت های زیاد، دارای حساسیت متوسط، می باشد. روش صافی چکنده در جمعیت های کم و متوسط، دارای حساسیت متوسط ولی در جمعیت های زیاد، دارای حساسیت زیاد می باشد. این حساسیت نسبت به دو نرخ کارمزد بانکی متفاوت و در شرایط آب و هوایی مختلف، چندان تفاوت عمده ای نشان نمی دهد. با توجه به نتایج حاصله، ضرورت توجه دقیق تر به مسائل و مشکلات ساخت صافی های چکنده در مناطق سرد و معتدل و مقایسه دقیق تر آنها در شرایط میدانی کاملاً روشن می گردد. تثبیت قیمت زمین خصوصاً در مناطق گرمسیری می تواند به اشاعه روش برکه تثبیت کمک شایان توجهی نماید. ضرورت تحقیقی جهت مقایسه اقتصادی با توجه به کاربری های مختلف کاملاً مشهود گشته و پیشنهاد می گردد بر مبنای آن تعیین سطح استاندارد خروجی های تصفیه خانه مشخص شود.

- ۳- مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، (پاییز ۱۳۷۲). "پهنه بندی اقلیمی ایران، مسکن و محیط های مسکونی"، نشریه شماره ۱۵۱.
- ۴- وزارت نیرو، (آبان ۱۳۷۳). "پیش نویس استاندارد راهنمای انتخاب فرایند تصفیه فاضلاب های شهری"، ۱۳۲-الف، تهران.
- ۵- وزارت نیرو، (۱۳۷۰). "طرح جامع آب کشور"، شناخت اقلیمی ایران، تقسیمات آب و هوا.
- ۶- وزارت نیرو، (۱۳۶۵). "طرح جامع کشور شناسنامه آب شهرهای استان کشور"، ۲۶ جلد.
- ۷- وزارت نیرو، معاونت امور آب و فاضلاب شهری، (۱۳۷۳-۱۳۷۲). "گزارش ملی دو سالانه صنعت آب و فاضلاب کشور".

- 8- Environmental Protection Agency ( 1983 ). " Municipal Wastewater Stabilization Ponds ", U.S. EPA, Washington DC.
- 9- MetCalf & Eddy Inc. ( 1990 ). " Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse ", 3th. ed. McGraw - Hill Co., Ltd, New York.
- 10- National Research Council, ( 1946 ). " Trickling Filter ( in Sewage Treatment at Military Installations )", Sewage Works J., Vol. 18, No. 5.
- 11- Qasim, S.R. ( 1985 ). " Wastewater Treatment Plants : Planning, Design and Operation ", CBS, Publishing Japan Ltd.
- 12- Randall, A., M. Sullivan, and J.Dietz ( 1997 ), " Industrial Pretreatment : Trickling Filter Performance and Design ", ASCE, J., Env., Eng., Vol. 123 ( 11 ), pp, 1072-1079.
- 13- Thirumurthi, D. ( 1969 ). " Design of Waste Stabilization Ponds ", J. San. Eng. Div., ASCE, Vol. 95, No. SA2.

### « تسلیت »

**جامعه متخصصین محیط زیست ایران یکی از همکاران عزیز خود را از دست داد**  
**با اندوه فراوان با خبر شدیم خانم دکتر نسرین گودرزی دارفانی**  
**را وداع گفت. ایشان از اساتید و متخصصان والای کشور در زمینه مسائل**  
**محیط زیست بود که با مجله آب و فاضلاب نیز همکاری صمیمانه ای**  
**داشت. بی شک فقدان این استاد فرزانه و محقق صدیق، ضایعه**  
**جبران ناپذیری برای جامعه محیط زیست ایران خواهد بود.**  
**روحش شاد و یادش گرامی باد.**