علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره دوازدهم، شماره دو، تابستان ۸۹

دستورالعمل طراحی برکه‌های تبخیری به منظور دفع مواد زاید خطرناک مایع

امیر حسام حسنی[۱]
امیر حسین جاوید[۲]
فرامرز ناصری[۳]*
f.naseri@engineer.com

تاریخ دریافت:۸۴/۱۲/۲۰ تاریخ پذیرش:۸۵/۲/۱۵

چکیده

دفع مواد زاید خطرناک مایع یکی از مباحث جدی و عمدهٔ دانش و فن آوری محیط زیست است. که بایستی بر اساس قوانین، راهکارهای مهندسی و استانداردهای دقیق و روشن صورت پذیرد. از این رو بررسی روش های مختلف دفع با توجه به موقعیت جغرافیایی و اقلیمی و نیز شرایط اقتصادی جهت انتخاب روش مناسب و بهینه حایز اهمیت می باشد. در این تحقیق لاگون های تبخیری به عنوان یکی از راهکارهای فنی مهندسی دفع این مواد با توجه به شرایط آب و هوایی و اقتصادی ایران مورد بررسی فنی و اقتصادی قرار گرفته و در ادامه دستورالعمل طراحی آن ها ارایه گردید. سپس با توجه به آمار بارش و تبخیر ده ساله ورودی به مدل سیستم تبخیری که از سال ۱۹۹۱ لغایت ۲۰۰۰ میلادی درشهر اصفهان می باشد و حداکثر فاضلاب ورودی فرض شده ۱۴۳۰۰ متر مکعب در سال، طی دوره ده ساله طراحی توسط رایانه صورت گرفت. طبق نتایج حاصل از برنامه رایانه ای مدل به کار رفته، حوضچه تبخیری به ابعاد ۶۲×۱۲۴ متر و عمق ۲/۵ متر با شیب ۲: ۱ پیشنهاد گردید. لازم به ذکر است عمق مایع در لاگون طراحی شده پس از چک کردن حداکثر عمق فاضلاب در طول بهره‌برداری ۱۰ ساله ۱/۷۶ متر می باشد که این رقم بیانگر طراحی مناسب و بهینه حوضچه باتوجه به شرایط جوی و داده‌های مفروض است.

واژه های کلیدی: برکه‌های تبخیری، مواد زاید خطرناک مایع، دستورالعمل طراحی

۱- استادیار، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحدعلوم وتحقیقات تهران.
۲- دانشیار، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.
۳- دانشجو کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست (آب وفاضلاب) دانشگاه آزاد اسلامی واحدعلوم وتحقیقات *(مسئول مکاتبات)

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

تولید پسماند، پیامد ناگزیر و وجه مشترک تمامی فرآیندهای تولید، توزیع و مصرف مواد و انرژی در جوامع کنونی است. بخشی از این پسماندها به دلیل آثار و عوارض حاد و یا مزمنی که بر سلامت انسان و کیفیت محیط زیست بر جای می نهند، تحت عنوان پسماندهای زیانبار، پسماندهای خطرناک و یا پسماندهای ویژه تعریف و دسته‌بندی شده‌اند. بزرگ ترین بخش از این گونه پسماندها از تولید و مصرف میلیون ها ماده شیمیایی سرچشمه می‌گیرند که در قرن حاضر به جوامع و طبیعت معرفی شده‌اند و مکانیزم دفاعی طبیعی برای مقابله با آن ها وجود ندارد، این در حالی است که حل و فصل مشکلات ناشی از تولید پسماندهای خطرناک بسیار پرهزینه است و میزان هزینه‌هایی که در عرصه مدیریت پسماندهای خطرناک در کشورهای توسعه‌یافته به مصرف می‌رسد بین ۱ تا ۱۰ دلار به ازاء هر نفر در سال متغییر می باشد(۱).

از این رو راهکار و روش دفع این پسماندها به دلیل خطرناک بودنشان حایز اهمیت می باشد، لذا هر کدام از راهکارهای دفع پسماندهای خطرناک می‌بایست تمام مراحل دفع این مواد را در برگیرد و در این میان دفع به روش لاگون های تبخیری به عنوان یکی از روش های دفع در مناطق گرمسیر؛ به دلیل توجیه اقتصادی و سهولت عملیات ساخت و سادگی دفع از اهمیت ویژه برخوردار است.

حوضچه تبخیری

حوضچه تبخیری، حوضچه نگه داری موقتی می باشد که مواد زاید مایع ر ا در خود نگه داری می کند و در طی نگه داری مواد زاید عمل تبخیر و کاهش مواد فرار اتفاق می‌افتد. به طور کلی برتری‌های این سیستم استفاده از انرژی طبیعی خورشید و انتخاب امکان تصفیه طبیعی برای دفع فاضلاب می باشد. پس همواره می بایست این نکته را در نظر گرفت که این سیستم باید درآب وهوای مساعد به کار برده شود و محل هایی برای اجرای این سیستم مناسب است که دارای زمین کافی و ارزان باشد. نشت مواد زاید مایع از این حوضچه ها مهم ترین تهدید برای آب های زیرزمینی محسوب می شود. همچنین انتشار ترکیبات فرار از سطح این حوضچه ها می‌تواند باعث آلودگی هوای منطقه شود. سرریز مواد زاید از قسمت فوقانی حوضچه و دیواره‌های کناری آن نیز می‌تواند تهدیدی برای آب های سطحی باشد. برای جلوگیری از آلودگی‌های آب های زیرزمینی و سطحی توسط این مخازن استفاده از سیستم پوشش غیرقابل نفوذ در کف و جداره مخزن و همچنین استفاده از سیستم کشف، جمع‌آوری و حذف شیرابه در زیر لایه و پوشش غیر قابل نفوذ، ضروری است (۲).

فرضیات طرح

نیازهای حوضچه تبخیر شامل یک سلول با ظرفیت کافی جهت رسوب گیری و انتقال مستقیم آب ورودی اضافی و آب باران به حوضچه می باشد. در ضمن حوضچه می بایست طوری طراحی شود که حد اکثر آب ورودی مورد نیاز را در زمانی که ناحیه سطحی حوضچه به حداقل می رسد پذیرا باشد و همچنین باید توجه داشت که گل ولای می بایست همیشه در ته حوض باقی بماند. سایز بندی صحیح حوضچه به وضوح بیشترین کاهش عمق را در سطح آب نشان می دهد بدون این که حوضچه خشک شود.ودر صورت نیاز برای حفظ گل ولای موجود در کف حوض از آب توازن اضافی استفاده خواهد شد. محاسبه آب توازن مورد نیاز با توجه به شرایط گوناگون طرح، در فایل مهندسی پیش بینی می شود. بنابراین تنوع پذیری وحفاظت ،از عناصر بسیار مهم درسایزبندی حوضچه های تبخیرمی باشد.دقت نظر در سایز بندی حوضچه ها امکان ذخیره سازی منابع عظیم فاضلاب ورودی و نوسانات شدید سطح فاضلاب را در سال های پر باران فراهم می کند.کار طراحی حوضچه ها با محاسبه آب تنظیمی (بالانس) و سناریو مشخص ودوگانه از قبیل شرایط کاری متفاوت و ارزیابی آن به انجام می رسد سناریوی اول اندازه و سایزبندی لاگون با توجه به شرایط متوسط جوی شامل محاسبه رسوب ده سال کاری جهت ساختن فضای تبخیرلاگون برای حفظ تعادل آب ورودی وظرفیت تبخیر می باشد. و سناریوی دوم توجه به ارتفاع ذخیره

Archive of SID

www.SID.ir

فعال حوضچه با توجه به نسبت ذخیره سازی بیش از حد در سه سال متوالی پر باران را دارد. لذا طرح پیشنهاد شدهٔ حوضچه تبخیر، حساسیت فوق العاده ای به ضعف و نقصان این سیستم بر شرایط بالقوه بحرانی دارد که در موردعمق آزاد و مقدار آن آزمایش شده است. میزان ومقدار آب در لاگون در یک سال آبی متوسط چک می شود و همچنین عمق آزاد نیز می بایست جهت تحمل امواج حاصل از حد اکثر سرعت باد چک شود(۳).

فرمول ها و توابع

میزان تبخیراز رابطه (۱) قابل محاسبه می باشد:

(۱) (تبخیر درتشطک تبخیر) K_1K_2 = تبخیر درحوضچه

K_1 ضریب تشطک است که در تبدیل اطلاعات تشطک تبخیر به برآورد تبخیردر لاگون به کار می رود و K_2 ضریب اصلاح شوری آب می باشد.

سطح تبخیرازرابطه(۲) قابل محاسبه می باشد:

$$A = \frac{Q}{E - P} \qquad (۲)$$

Qفاضلاب ورودی،E تبخیرخروجی،P باران ورودی،Aسطح تبخیر می باشد

حجم حوض ازرابطه(۳) قابل محاسبه می باشد:

$$V = \frac{1}{3}h\left(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 * A}\right) \qquad (۳)$$

h عمق حوض،A_1سطح بالایی حوض، A_2مساحت کف حوض می باشد.

ذخیره حوضچه ازرابطه(۴) قابل محاسبه می باشد:

=ذخیره حوضچه

(نشت خروجی+ تبخیرخروجی)- (فاضلاب ورودی+باران ورودی)

$$V=(P+Q)-(E+i) \qquad (۴)$$

سطح کفِ حوض باتوجه به داشتن نسبت شیب دیواره حوض(۲به ۱) و ابعاد سطح حوض از رابطه(۵)قابل محاسبه می باشد:

$$A_2 = (b-4h)(2b-4h) \qquad (۵)$$

عمق حوض به صورت محاسبات آزمون وخطا از رابطه (۶) قابل محاسبه است:

$$V = \frac{1}{3}h\left[(b*2b)+((b-4h)(2b-4h))\right]+\sqrt{\left[(b*2b)((b-4h)(2b-4h))\right]} \Rightarrow \qquad (۶)$$

(۴ و ۵)

سطح تبخیر ماهانه از رابطه (۷) قابل محاسبه می باشد:

$$\text{سطح تبخیرماهانه} = \left[\left(b'+\left(\frac{Q_1}{A'}\right)*4\right)\left(2b'+\left(\frac{Q_1}{A'}\right)*4\right)\right] \qquad (۷)$$

$$A' = \frac{1}{3}\left(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1A_2}\right)$$

(A_1) مساحت سطح حوض و (A_2) مساحت کف حوض، (Q_1) دبی فاضلاب ورودی درماه بهره برداری و(b') عرض کف حوض می باشد.

دستور العمل طراحی

اطلاعات اجرایی

-**شرایط کاری** :جهت حصول به حداکثر آب فرایند ورودی و فرو شسته این گونه درنظر گرفته شد که حد اکثر آب فرایند سالانه درسلول تبخیر، زمانی حاصل می گردد که یک بار حوضچه لایروبی شده باشد. به عبارت دیگر هر چه گل ولای بیشتر باشد آب تصفیه شده خروبی بیشتر کاهش می یابد.

- **شکل هندسی لاگون:** برکه تبخیر مورد نظر به شکل مستطیل با نسبت طول به عرض ۲ به ۱ می باشد وشیب خاکریز کناره ۲به ۱می بایست در نظر گرفته شود تاسطح تبخیر بالایی حاصل شود.

- **درجه بندی حوضچه:** کف حوضچه با درجه بندی ۱تا ۲ درصد مدرج می گردد ودلیل این کار تغییرسطح تبخیرحوض به واسطه بروز رسوب گل ولای در کف حوض می باشد. وجود بارش فراوان موجب پر شدن فضای درجه بندی شدهٔ کم عمق حوض و در نتیجه افزایش سطح تبخیر می شود. در حالی که ممکن است خشک سالی بلندمدت سبب کاهش این سطح بشود، لذا نقطه آغاز ین برای هرگونه تغییر در سطح آب

Archive of SID

www.SID.ir

اختیاری است. بنابراین فقدان دلیل قانع کننده جهت بروز چنین احتمالی باعث شده است که فضای درجه بندی حوضچه از چاهک تا ارتفاع بالای فضای شیب دار کف حوض را به عنوان ذخیره راکد قلمداد کرد. شایان ذکر است که فاصله بین شیب ته حوض تا شیب کنار حوض بخش ذخیره فعال است و این قسمت تعیین کننده میزان تبخیر حوضچه می باشد. درضمن ارتفاع این فضا از بالای شیب ته حوض محاسبه می گردد. در حقیقت کف حوض که در این جا تشریع، شده است از این نقطه آغاز و با شیب جانبی ۲ به ۱ به سمت بالا ادامه می یابد. لازم به ذکر است که این شیب سبب نوسان سطح آب می گردد(۴).

- **باران پذیری وسطح تبخیر** : نوسانات سطح بر اساس شیب ۲ به ۱ ذخیره فعال حوض می باشد که این نوسان را می توان با نسبت کف استخر به بالای استخر محاسبه کرد ویا می توان با توجه به تغییرات عمق، سطح تبخیر را محاسبه نمود. اما باید توجه داشت که در مرحله آغازین کنترل طرح، سطح تبخیر برابر سطح حوض می باشد که از طریق روابط هرم ناقص به دست می آید. در مراحل بعدی کنترل، سطح تبخیر از روی عمق فاضلاب موجود در مرحلهٔ قبل (منظور ماه قبل) با توجه به شیب حوض محاسبه می گردد. اما درتمامی مراحل کنترل، چه در آغاز وچه در مراحل بعدی سطح باران گیر، همان سطح بالایی حوض می باشد.

- **حداقل وحداکثر عمق آب** : سایز بندی اصولی و صحیح حوضچه بیانگر بیشترین کاهش سطح آب بدون خشک شدن حوضچه می باشد. اما گاهی اوقات با توجه به شرایط متغیر آب و هوایی ممکن است حوضچه خشک شود. برای جلوگیری از این عمل از آب تعادل استفاده شد تا حد اقل عمق حوض به ۴۰ سانتی متر برسد واین آب با استفاده ازاختلاف عمق آب کمتر از ۴۰ سانتی متر از رقم ۴۰ در مساحت کف حوضچه به دست می آید که باید در طول ماه به صورت شبانه روز (لیتر بر ساعت) توسط اپراتور به حوض اضافه شود تا از خشک شدن آن جلوگیری نماید(۵).

- **رسوب سازی** : به دلیل این که حوضچه متناوباً در فصل های بی بارش که سطح آب بسیار پایین است تمیز می گردد لذا میزان رسوب سازی در محاسبات لحاظ نمی گردد.

- **عمق آزاد حوضچه** : عمق آزاد درحوضچه ۴۰ تا ۵۰ سانتی متر و حداکثر عمق حوضچه به همراه عمق آزاد ۳/۵ متر می باشد این عمق جهت شرایط بحرانی در نظر گرفته می شود.

- **نشت خطی** : دراین مدل میزان نشت با توجه به استفاده از پوشش های مختلف متغییر بوده و ضرایب هر کدام می تواند درمدل اعمال شود و مقدار این نشت در محاسبات مربوط به تعادل آب لحاظ می گردد.

- **تصعید:** تصعید همان تبخیر آب به سوی جو است و این مورد به علت مشکل بودن پیش بینی دقیق شرایط جمع آوری و زمان دوام برف بر روی زمین و همچنین درصد ذوب برف درمدل فوق و محاسبات مربوط به آن لحاظ نمی شود. در نتیجه بر آورد محافظه کارانه از آب باقی مانده در حوض خواهیم داشت(۶).

-**معادله تعادل آب** : طرح حوضچه تبخیر از مراحل ماهیانه برداشت آب بر اساس ورودی طرح ایجاد شده است و مقدار آب در هرمرحله مطابق رابطه (۴) محاسبه می شود.

معیارهای طرح

آب باران در آبگیری حوضچه

مقدار باران ورودی در بر دارندهٔ تعادل آب در پر آب ترین سال و سال متوسط در طول ۱۰ سال متوالی می باشد. این ارقام در ادارهٔ هواشناسی ملی برداشته می شود. با توجه به این ارقام و اطلاعات مشخص می گردد که درپرآب ترین سال این دوره، ماه خشک هم می تواند وجود داشته باشد. درضمن بررسی ظرفیت ذخیره سازی وتبخیر حوضچه را بر پایه سالانه مورد آزمایش قرار می دهند وآب باقی مانده در پایان ماه قبل به آب ماه بعد اضافه می شود و بدین ترتیب ماه کم آب به وسیله ماه های پر آب تر، قبل از پایان سال تنظیم می گردد(۷).

Archive of SID

www.SID.ir

آب حاصل ازفرآیند ورودی

طبق مختصات اجرایی، کل آب فرآیند تولیدی از تجهیزات و سیستم ها، شامل فاضلاب قسمت های طبقه بندی، ذخیره سازی وسایز بندی وتجهیزات تصفیه وآب قابل بهره برداری از چاه ها می باشد. به علاوه مقداری آب نیز در ابتدای کار، در حوضچه تخلیه می شود که این آب تنها بخشی از ذخیره راکد را پر می کند و چون این مقدار آب به عنوان آب بالانس وارد ذخیره فعال نمی شود، پس در زمره آب ذخیره فعال قرار نمی گیرد(۸).

تولید فاضلاب

به علت زیاد بودن فاضلاب وتولید زیاد آن درسلول تبخیر، این روش در سایز بندی لاگون تبخیری مورد استفاده قرار می گیرد. برای تعیین مساحت، سطح تبخیر، میانگین فاضلاب تولیدی در طول یک دورهٔ ده ساله منظور می گردد و برای تعیین عمق فاضلاب، بالاترین تولید فاضلاب سالانه در یک دورهٔ ده ساله محاسبه خواهد شد. چنین به نظر می رسد که برای تعیین ارتفاع وعمق لاگون نیاز است تا ذخیره فعال آن قابلیت ورودی تا ۳ سال بدین گونه را داشته باشد.

تبخیر

درلاگون تبخیری از اطلاعات و برآوردهای تبخیر طبق رابطه(۱) استفاده می شود. در این رابطه ضریب تشطک در محاسبات لحاظ نمی گردد زیرا داده های تبخیر ازسازمان هواشناسی کشور گرفته می شود و قبلا توسط آن سازمان اعمال گردیده است، K_2 ضریب اصلاح شوری آب می باشد. میزان تبخیر به دلیل وجود املاح ونمک در آب تقلیل می یابد. فاضلاب ذخیره شده درلاگون به علت تبخیر نمک بیشتری را دارد. کلرید سدیم تا غلظت ۲۶٪ از لحاظ وزن درآب قابل حل است. هر چند به دلیل وجود آب باران وفاضلاب ورودی تازه غلظت نمک درسطح حوضچه به حد اشباع نخواهد بود.حداکثر غلظت عملی ترکیبات نمکی ارایه شده ۱۷٪ می باشد. البته این غلظت در فاضلاب های مختلف متفاوت است. این میزان تبخیر آب را حدود ده درصد کم می کند که برابر با کاهش نرخ تبخیر می باشد. بنابراین ضریب اصلاحی شوری آب دراین کاربری ۰/۹ با توجه به تاثیر نمک موجود در فاضلاب بر روی تبخیر انتخاب شده است.دراین کار بری فرض شده است که فاضلاب فاقد کف ویا روغن که باعث تقلیل میزان تبخیر می گردد باشد(۹).[EPA,1980]

چرخش موجی دراثر باد مداوم

آنالیز سرریز شدن خاکریز حوضچه تبخیر نیروی بالقوه ای را برای سرریز شدن حوضچه تبخیر بر اثر باد ارزیابی می کند. تحلیل ترکیبی موج (تغییر درارتفاع سطح آب بر اثر فشار باد) ارتفاع موج ومدت آن وحرکت عمودی موج برای تعیین حداکثر حرکت عمودی موج و برخورد با شیب خاکریز انجام گردید. طرح ۵۰ سانتی متری آبخور حوضچه دربرابر بادی با سرعت ۱۱۲ کیلومتر درساعت و تداوم کافی برای لبریز شدن خاکریز آزمایش شد. نتایج این تحلیل در قسمت سایز بندی لاگون تبخیری آمده است(۴).

محاسبات

پارامترهای سایز بندی یک لاگون مطلوب تبخیری و عمق ذخیره فاضلاب آن در دو مرحله مشخص گردید. دراولین مرحله یعنی سایز بندی حوضچه تعیین مساحت سطح لاگون به نحو مطلوب است. مساحت سطح تبخیری جهت تبخیر میانگین فاضلاب وآب باران وآب فرایند ورودی محاسبه گردید وعمقی برای لاگون انتخاب شد که اجازه ذخیره فاضلاب اضافی وگل ولای انباشته احتمالی درصورت بدی آب و هوا در طول ۳ سال متوالی را بدهد.

حصول مساحت سطحی دلخواه حوضچه با تکرار آزمایش

جهت تعیین سطح تبخیری ومیانگین رسوب وفاضلاب تولیدی برکه تبخیری از دورهٔ ده ساله کمک گرفته شد و اندازهٔ حوضچه را از راه آزمون وخطا و با تنظیم مقدار مساحت سطحی کف حوضچه به متر مربع دریک سال آبی متوسط تعیین گردید

Archive of SID

www.SID.ir

تا هیچ گونه آب سطحی درانبارهٔ فعال باقی نماند. برای مشخص کردن آب مازاد از یک سال به سال بعد آب باقی مانده درآخرین ماه سال را بر پایه این آب باقی مانده مشخص نموده و مجموع آب آخرین ماه سال به آب اولین ماه سال جدید کـه مبـین آب بالانس است افزوده گردید. این چرخه و تکرار ایـن عمـل ادامـه یافت تا سطحی به دست آمد که هیچ آب بالانسی دریک نقطـه از سال با جمع آب آخرین و اولین ماه سال جدید ایجاد نگـردد. این فضا اینک به طور مداوم قادر است تا تمـام آب دریـافتی در یک شرایط متوسط را تبخیر نماید. بنابراین مساحت سـطح بـه نحوه دلخواهی تنظیم گردیـد تـا هـیچ سـطح تبخیرمـازادی از مقدار مورد نیاز در یک دوره متوسط ایجاد ننماید. مرحله بعدی ایجاد عمق لازم جهت ذخیرهٔ آب می باشد تا با نوسان بیشتر از حد متوسط برابری نماید.تعیین عمق ذخیرهٔ فاضـلاب در انبـارهٔ فعال حوضچه در زیر تشریح شده است.

تنظیم عمق لاگون برای ورودی بیش از حد متوسط

برای تعیین عمق فعال لاگون انباره ای مورد اسـتفاده قرار گرفت که قابلیت جابه جایی باران و فاضلاب تولیـدی را در بد ترین حالت سه سال متوالی داشته باشد. اطلاعات ورودی سه سال بحرانی و متعاقب آن یک سال متوسط در برنامه ای تنظیم گردید تا میـزان بـاران سـالانه در یـک دورهٔ ده سـاله مـنعکس گردد. عمق فاضلاب باقی مانده برای سه سال بـه همـراه عمـق فاضلاب مازاد سال اول به سال های دوم وسوم مورد آزمـایش و بررسی قرار گرفته و تعدیل سـایز بنـدی عمـق حوضـچه بـرای تطابق و برابری با مقدار آب اضافی انجام گردید. عمـق و سـطح لاگون با استفاده از سناریویی مشابه بـرای اطمینـان از تناسـب سایز بندی آزمایش شد. آب بـالانس بـرای یـک دوره ۲۵ سـاله محاسبه و آب باقی مانده به لاگون تبخیری پمپ شد.

سایز بندی لاگون تبخیری

الف: سطح مطلوب با کم وزیاد کردن هزار تا هـزار تـای سـطح حوض به دست آورده تا عمق سطح آب در تمام ماه های سـال در شرایط آب وهوایی متوسط بجز یکی بیش از صفر باشد و در ماه مرداد به صفر برسد.

ب: با محاسبه سیلاب هـــایی که در یـک سـال متـــوسط رخ می دهد حـداکثر عمـق حوضـچه بـرای قابلیـت جـذب چنـین حوادث حساب می شود و همچنین آبگیری لاگـون در دورهٔسـه ساله با شرایط بد منجر به تهیه حوضچه ای عمیق تـر از حالـت قبل می شود.

ج: طبق آنالیز لاگون تبخیری بر آورد عملیـاتی بـرای بـادی بـا سرعت ۱۱۲ کیلومتر در سـاعت وحـد اکثـر عمـق آب بـالاتر از سطح راکد آب حوضچه می باشد که برابر ۷۰ سـانتی متـر زیـر تاج خاکریز حوض است وچنین برآورد گردید که جریان بادی با سرعت بیش از۳۲۰ کیلومتر نیاز است تا ارتفـاع مـوج آب را بـه تاج خاکریز برساند. با این سرعت ارتفاع آب به یـک فـوتی زیـر خاکریز می رسد و مستدل ترین نتیجه این اسـت کـه مـوج آب تحت سرعت باد قابل تصور از تاج خاکریز سر ریز نخواهد کـرد .بنابراین ۵۰ سانتی متر آبخور برای جلوگیری از سـرریز کـردن کافی است(۴).

نتایج حاصل از اعمـال دسـتورالعمل بـرای یـک مـورد مطالعاتی نحوهٔ عملکرد برنامه

در ابتدای کار با داشـتن آمـار بـارش و تبخیردرطـی سال هـای ۱۹۹۱ تـا ۲۰۰۰ مـیلادی منطقـه مـورد نظـر(شـهر اصفهان) میانگین دوره های سه ساله متوالی آن ها محاسبه می گردد یعنی از سال ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۳ و۱۹۹۲ تا ۱۹۹۴ و۱۹۹۳ تا ۱۹۹۵ و ... لازم به ذکراست که با توجه به وجود این احتمال که ممکن است آمار دادهای تبخیر در برخی از ماه های سـال داده نشده باشد، لذا از دادهای موجود میانگین گرفته می شود وخـلأ ناشی ازآن با استناد به سال های دوره های دیگـر برطـرف مـی گـردد کـه درجـدول ۲ آمـار بـارش و تبخیـر ۱۰ سـاله شـهر مفـــروض (اصـفهان) نشـان داده شـده اسـت. از روی جـدول محاسبات و طراحی جدول ۳ حداقل اختلاف بین بارش و تبخیر سه ساله در طی دوره ۱۰ ساله جهـت انجـام محاسـبات سـطح تبخیر انتخاب می شود که ۱۶۴۲/۵۳۷ میلی متر در سـال مـی

Archive of SID

www.SID.ir

باشد. لازم به ذکر است که با توجه بـه رابطـه(۲) سـطح تبخیـر حوض محاسبه می گردد. همان طورکه مشاهده می کنیم زمانی به سطح تبخیر بالایی دست پیدا می کنیم کـه اخـتلاف بـینE که بیانگر تبخیر و P که بیانگر بارش است حداقل باشد درضمن Q که همان دبی فاضلاب ورودی به سیستم مـی باشـد معـادل میانگین سالیانه فاضلاب ورودی در طـی دوره۱۰ سـاله اسـت و ۱۱۵۲۰ مترمکعب در سال است که با مراجعه به جدول ۱ آمـار فاضلاب فرضی ورودی به سیستم را مشاهده خواهیم کرد. پـس از انجام محاسبات سطح تبخیر با توجه به داشـتن نسـبت ابعـاد حوض که در این جا نسبت طول به عـرض ۲ بـه ۱ مـی باشـد، ابعاد سطح بالایی حوض محاسبه می شود.

لازم به ذکر است که ابعاد محاسبه شده بـا توجـه بـه دید فنی و شرایط کارگاهی و اجرایی در مهندسی عمـران گِـرد می شود و ابعاد جدید و سطح تبخیر جدید که اختلاف اندکی با ابعادو سـطح تبخیرمحاسـبه شـده دارد بـه عنـوان ابعـاد طـرح انتخاب می گرددکه برابر ۶۲ متر عرض و۱۲۴ طول می باشـد . درمرحله بعد جهت محاسـبه عمـق حـوض ازحـداکثر فاضـلاب ورودی سالانه درطی دوره۱۰ ساله استفاده می شود و بـا توجـه به داشتن این رقم و سطح محاسبه شده حوض در مرحلـه قبـل عمق حوض از دو روش محاسبه می شود .روش اول : از تقسـیم مستقیم حداکثر فاضلاب ورودی سالانه به سطح تبخیر محاسبه شده روش دوم : با فرض این کـه حجـم حـوض برابـر حـداکثر فاضلاب ورودی سالانه در طی دوره ۱۰ ساله است و با اسـتفاده از رابطه(۳) قابل محاسبه اسـت. دراین رابطـه A_2 سـطح کـف حوض است که با توجه به داشتن نسـبت شـیب دیـواره حـوض (۲به ۱) و ابعاد سطح حوض از رابطـه(۵) محاسـبه مـی گـردد . لازم به ذکر است که h همان عمق حوض است و بـا جاگـذاری A_1 و A_2 و V در فرمول محاسبه حجم هرم ناقص بـه صـورت محاسبات آزمون و خطا به راحتی محاسبه می شود(رابطه (۶)). باتوجه به این که این روش جهت محاسبه عمق حوض اسـتفاده می شود و دراین جا عمق حوض ۲/۰۵۹ متر می باشد، در گـام بعدی عمق آزاد برای شرایط بحرانـی بـه عمـق محاسـبه شـده اضافه می گردد که ۰/۵ متر می باشد. در مرحله بعـدی باتوجـه به دید فنی وشرایط مهندسی و اجرایـی در مهندسـی،عمـق بـه دست آمده گِرد می شود که تفاوت زیادی با عمق محاسبه شده نخواهد داشت. با داشتن عمـق جدیـد و ابعـاد سـطح حـوض و نسبت ابعاد و شیب دیواره های حوض، ابعـاد جدیـد بـرای کـف حوض محاسبه می شود که برای عمق ۲/۵ متری ۵۲ متر عرض و ۱۰۴ متر طول می باشد، لذا حجم جدید لاگون بـا توجـه بـه داشتن رابطه حجـم هـرم نـاقص و ابعـاد سـطح و کـف لاگـون محاسبه می گردد که ۱۶۲۸۶/۶۶ مترمکعب می باشد.

پس از طی این مراحـل عمـق حوضـچه فـوق در طـی دوره ۱۰ ساله طبق مراحل زیر ماه به ماه چک و کنترل مـی گـردد.گـام اول : با ضرب کردن تبخیر ماهانه که به صورت متر در ماه است به سطح تبخیر حـــوض، میزان تبخیر در حـــوض بـه دسـت می آید. لازم به ذکر است که سطح تبخیر حوض در اولین مـاه بهره برداری برابر است با مقدار سطحی که از فاضلاب ورودی به سیستم در این ماه حاصل می شود که بـا داشـتن ابعـاد کـف و شیب کناره حوض با استفاده از رابطه (۷) قابل محاسبه اسـت . سطح تبخیر در ماه اول بهره برداری رقم ۶۰۹۶۹۶ حاصـل مـی شود. با محاسبه سطح تبخیر و ضرب کردن آن در میزان تبخیر ماهانه، تبخیر ماهیانه حوض بـه صـورت مترمکعـب در مـاه بـه دست مـی آیـد ۵۸/۱۶۵=۰/۰۰۹۵۴ × ۶۰۹۶/۹۶ گـام دوم : بـا توجه به داشتن آمار بارندگی ماهانه و سطح بالای حـوض،میزان بارش ورودی ماهانه به حوض محاسبه می شودکه برابر است بـا ۱۳۸/۳۸۴=۷۶۶۸×۰/۰۱۸ بـا داشـتن فاضـلاب ورودی و بـارش ورودی و تبخیر خروجی و میزان نشت و نفوذ خروجی احتمـالی حجم فاضلاب ماهانه موجود در لاگون بـا اسـتفاده از رابطـه(۴) محاسبه می شود که در این جا میـزان نشـت صـفردرنظرگرفته شده است.

$$V=(P+Q)-(E+i)=$$

(۱۳۸/۳۸۴ +۷۰۰۰)-(۵۸/۱۶۵+۰)=۷۰۸۰

با توجه به داشتن حجم فاضلاب و سطح لاگون، عمق فاضـــلاب موجـــود در لاگـــون محاسبـــه می گردد $h=\frac{V}{A}=\frac{7080}{6515}=1.087$ درصورتی که عمق فاضلاب موجود در لاگون کمتر از ۴۰ سانتی متر بود این عمق توسط آب تعادل

Archive of SID

www.SID.ir

جبران خواهد شد، به این ترتیب با ضرب کردن اختلاف بین عمق موجود و حداقل عمق (۴۰ سانتی متر) در مساحت کف (گون، حجم آب اضافه شده به سیستم جهت جلوگیری از خشک شدن به صورت متر مکعب در ماه محاسبه شود. درماه بعدی برای کنترل سطح تبخیرازعمق فاضلاب موجود در ماه قبل استفاده می گردد و تمامـــی این مراحل ماه به ماه تکرار می گردد و در جدول (۴) کنترل عملکرد ۱۰ ساله نشان داده شده است

جدول ۱-آمار فاضلاب فرضی ورودی به سیستم

زمان	متر مکعب	زمان	متر مکعب	زمان	متر مکعب
از موقع شروع	۷۰۰۰	بعد از۴۴ ماه	۵۰۰۰	بعد از۸۴ماه	۱۱۰۰
بعد از ۶ ماه	۷۳۰۰	بعد از ۵۰ ماه	۳۵۰۰	بعد از۸۹ ماه	۱۵۰۰
بعد از ۱۴ ماه	۷۰۰۰	بعد از۵۸ماه	۷۵۰۰	بعد از۹۴ماه	۷۵۰۰
بعد از ۲۰ ماه	۷۳۰۰	بعد از۶۴ماه	۴۰۰۰	بعد از۱۰۱ماه	۴۸۰۰
بعد از ۲۶ ماه	۶۰۰۰	بعد از ۷۰ ماه	۵۰۰۰	بعد از۱۰۵ ماه	۵۰۰۰
بعد از ۳۲ ماه	۸۳۰۰	بعد از۷۴ماه	۳۰۰۰	بعد از۱۱۱ ماه	۲۰۰۰
بعد از ۴۰ ماه	۵۵۰۰	بعد از ۸۰ ماه	۷۲۰۰	بعد از۱۱۵ماه	۷۰۰۰
				بعد از۱۱۹ماه	۲۷۰۰
				میانگین ۱۰ ساله	۱۱۵۲۰

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۲- آمار بارش و تبخیر ۱۰ ساله شهر مفروض (اصفهان)

بارش ماهیانه (میلی متر/ماه)	۱۹۹۱	۱۹۹۲	۱۹۹۳	۱۹۹۴	۱۹۹۵	۱۹۹۶	۱۹۹۷	۱۹۹۸	۱۹۹۹	۲۰۰۰	میانگین ۱۰ ساله	۱۹۹۱ تا ۲۰۰۰ میانگین	۱۹۹۲ تا ۲۰۰۱ میانگین	۱۹۹۳ تا ۲۰۰۲ میانگین	۱۹۹۴ تا ۲۰۰۳ میانگین	۱۹۹۵ تا ۲۰۰۴ میانگین	۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ میانگین	۱۹۹۷ تا ۲۰۰۶ میانگین	۱۹۹۸ تا ۲۰۰۶ میانگین	۱۹۹۱ تا ۲۰۰۶ میانگین
ژانویه	۱۸	۳۴	۴۱	۰/۷	۱/۹	۲۱	۲/۷	۲۱	۲۰	۲۱	۱۸/۴	۲۳	۲۷/۹	۱۴/۷	۷/۹	۸/۱۷	۱۵/۱	۱۷/۹	۲۱/۶	۲۴/۷
فوریه	۵/۴	۱۶	۴۱	۹/۴	۰	۲۱	۰	۴۸	۱۷	۶/۴	۱۶/۵	۲۱	۲۱	۱۶/۹	۱۰/۳	۱۰/۲	۲۳	۲۱/۸	۲۳/۸	
مارس	۴۵	۲۵	۴۰	۷	۰	۵۶	۳۱	۵۵	۵۷	۲/۱	۳۱/۸	۳۶/۶	۲۱/۷	۱۵/۶	۲۱	۳۱/۴	۴۷/۵	۴۷/۷	۳۸	
اوریل	۹	۹/۱	۲۱	۲۶	۲	۱۱	۴۲	۲	۰/۹	۰	۱۲/۳	۱۲/۲	۱۰/۸	۱۶/۶	۱۳	۲۶/۱	۱۸	۱۴/۸	۰/۹۷	
می	۰/۶	۲۳	۱۰	۲۵	۰	۱۹	۵/۴	۶/۸	۰	۰	۸/۹۹	۱۱/۱	۱۰/۹	۱۱/۸	۱۶/۶	۱۰/۴	۴/۰۷	۲/۳۷		
ژوئن	۰	۸/۴	۰	۱۱	۰/۲	۰/۲	۷/۵	۰/۵	۰	۰	۲/۷۵	۲/۸	۲/۸	۳/۶۳	۲/۷	۶/۳	۲/۷۳	۲/۶۷	۰/۱۷	
ژوئیه	۰	۱/۴	۰	۰	۰	۰/۳	۱	۱	۰/۶	۰/۷	۰/۵	۰/۴۷	۰/۴۷	۰	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۷۷	۰/۵۳	۰/۷۷	
اوت	۰	۴	۰/۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰/۵۱	۱/۳۷	۱/۳۷	۰/۰۳	۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳	
سپتامبر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
اکتبر	۹/۱	۰	۰/۲	۲/۱	۲۳	۰	۰/۱	۰	۱/۱	۱۹	۵/۵۵	۱/۹	۳/۱	۰	۰/۴۳	۸/۲	۶/۵۷	۲/۳۷	۱۲/۸	۱۲۰
نوامبر	۷/۳	۰	۴۵	۰	۴۳	۵/۴	۲/۶	۰	۴/۲	۲۶	۱۲/۳	۱۷/۳	۲۹/۳	۱۶/۳	۱۶/۳	۲/۶۷	۲/۳۷	۱۰/۱	۱۱/۹	
دسامبر	۲۸	۱۱	۰	۴۱	۶/۲	۱۳	۳۱	۲/۴	۵/۱۵	۲۸	۱۶/۶	۱۳/۱	۵/۸	۱۵/۸	۱۳۳	۱۳۱	۱۴۲	۱۳۱	۱۳۱	
جمع کل											۱۲۷	۱۴۸	۱۳۲	۱۳۳	۱۱۶	۱۳۱	۱۴۲	۱۳۱	۱۳۱	

ادامه جدول ۲- میزان تبخیر در شهر اصفهان(میلی متر/سال)

تبخیر ماهیانه (میلی متر/ماه)	۱۹۹۱	۱۹۹۲	۱۹۹۳	۱۹۹۴	۱۹۹۵	۱۹۹۶	۱۹۹۷	۱۹۹۸	۱۹۹۹	۲۰۰۰	میانگین ۱۰ ساله	۱۹۹۱ تا ۲۰۰۰ میانگین	۱۹۹۲ تا ۲۰۰۱ میانگین	۱۹۹۳ تا ۲۰۰۲ میانگین	۱۹۹۴ تا ۲۰۰۳ میانگین	۱۹۹۵ تا ۲۰۰۴ میانگین	۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ میانگین	۱۹۹۷ تا ۲۰۰۶ میانگین	۱۹۹۸ تا ۲۰۰۶ میانگین	۱۹۹۱ تا ۲۰۰۶ میانگین
ژانویه			۱۱								۱۱									
فوریه				۱۱																
مارس	۱۴۸			۵۴			۴۷			۲۰										
اوریل	۲۶۸		۲۰۲				۱۹۰	۱۹۱	۲۰۰	۲۸۶										
می	۳۶۳		۲۶۲				۲۳۹	۲۹۸	۲۴۹	۲۷۸										
ژوئن	۳۸۷	۳۲۸	۳۵۳	۲۹۶	۲۴۵	۲۹۵	۳۱۲	۳۶۹	۳۷۱	۳۴۳										
ژوئیه	۴۴۵	۴۳۹	۴۰۵	۳۹۳	۳۱۸	۳۲۶	۳۷۹	۳۳۶	۳۴۴	۳۸۱										
اوت	۳۹۲	۳۹۶	۳۶۰	۴۱۸	۳۳۰	۲۸۱	۳۱۶	۲۴۸	۳۱۴	۳۴۴										
سپتامبر	۲۹۸	۲۸۷	۲۷۹	۲۴۳	۲۷۱	۲۵۴	۲۴۷	۲۲۳	۲۲۳	۲۵۷										
اکتبر	۱۶۲	۱۸۱	۱۸۹	۱۸۹	۱۵۱	۱۶۶	۱۶۹	۱۷۴	۱۵۳	۱۶۶										
نوامبر	۱۱۹	۱۲۹	۹۵	۱۲۱	۷۰	۶۳	۵۶	۱۰۱	۱۱۳	۹۱/۹										
دسامبر		۳۹	۴۶		۸/۵	۳/۱	۱۷	۳۵	۸/۲	۸/۴										
جمع کل																				

www.SID.ir

جدول۳- محاسبات و طراحی

میانگین ۳ ساله	P= میزان بارندگی در شهر اصفهان (میلی متر/سال)	E= میزان تبخیر در شهر اصفهان (میلی متر/سال)	K = ضریب اصلاح شوری	E*k= میزان تبخیر در شهر اصفهان (میلی متر/سال)	E-P= تفاضل بارندگی و تبخیر (میلی متر/سال)
از ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۳	۱۴۷/۹۳۳۳	۲۴۵۵/۵۱۶۷	۰/۹	۲۲۰۹/۹۶۵	۲۰۶۲/۰۳۱۶۶۷
از ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۴	۱۳۲/۴۳۳۳	۲۰۵۵/۰۸۳	۰/۹	۲۰۲۹/۵۷۵	۱۸۹۷/۱۴۱۶۶۷
از ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۵	۱۳۲/۵۶۶۷	۲۱۹۵	۰/۹	۱۹۷۵/۵	۱۸۴۲/۹۳۳۳۳۳
از ۱۹۹۴ تا ۱۹۹۶	۱۱۵/۶	۲۰۸۹	۰/۹	۱۸۸۰/۱	۱۷۶۴/۵
از ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۷	۱۳۰/۸	۲۰۰۷/۹	۰/۹	۱۸۰۷/۱۱	۱۶۷۶/۳۱
از ۱۹۹۶ تا ۱۹۹۸	۱۴۲/۱۳۳۳	۱۹۸۲/۹۶۶	۰/۹	۱۷۸۴/۶۷	۱۶۴۲/۵۳۶۶۶۷
از ۱۹۹۷ تا ۱۹۹۹	۱۳۱/۲۶۶۷	۱۹۹۲/۰۱۶	۰/۹	۱۷۹۲/۸۱۵	۱۶۶۱/۵۴۸۳۳۳
از ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۰	۱۲۰/۱۳۳۳	۲۰۵۹/۳	۰/۹	۱۸۵۳/۳۷	۱۷۳۳/۲۳۶۶۶۷

واحد	محاسبات	فرمول ها	واحد	محاسبات	فرمول ها
(m)	۰/۵	Freeboard=			A=Q/(E-P)
	۱ :۲	Lagoon Slope=	(mm/yer)	۱۶۴۲/۵۳۶۶۷	E-P=
(m)	۲/۵	Take (Depth)=	(m^۳)	۱۴۳۰۰	Q=
(m)	۵۲	Bottom width=	(m^۲)	۷۰۱۳/۵۴۲۰۶	A (Evaporation area)=
(m)	۱۰۴	Bottom Length=	(m^۲)		A=۲b*b
(m^۲)	۷۶۸۸	Top Area=	(m)	۶۱/۲۱۷۹۹۵۸	Width=
(m^۲)	۵۴۰۸	Bottom Area=	(m)	۱۲۲/۴۳۵۹۹۱	Length=
(m^۲)	۶۵۱۴/۶۶۶۶۷	lagoon Area=	(m)	۶۲	New(Width)Tope=
(m^۳)	۱۶۲۸۶/۶۶۶۷	(Lagoon Volum) =	(m)	۱۲۴	New(Length)Tope=
(m)	۱/۷۶۸۳۷۵۵۲	Maximum Liquid Depth=	(m^۲)	۷۶۸۸	New (A)Tope =
(m)	۰/۴	Minimum Liquid Depth=	(m^۳)	۱۴۳۰۰	Solve: V۲=
(m/day)	۰	Seepage Rate in liner=	(m)	۲/۰۵۹۶۷۰۹۵	By changing Depth (method۱)=
(m^۳)/d	۰	Seepage Rate For Lagoon =	(m^۳)	۱۴۳۰۰	Equal To: V۱=
(m^۳)/mont	۰	Seepage Rate For Lagoon =	(m)	۱/۸۶۰۰۴۱۶۲	Depth(method ۲)=

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- کنترل عملکرد ۱۰ ساله

سال	ماه	میزان نشت (میلیون متر مکعب/سال)	حجم نشت (متر مکعب)	سطح تحت فشار (متر مربع)	میزان برداشت (میلیون متر مکعب/سال)	حجم برداشت (متر مکعب)	سطح برداشت (متر مربع)	حجم آب ورودی (متر مکعب)	حجم کل (متر مکعب)	سطح کانون (متر مربع)	عمق متوسط آب زیرزمینی (متر)	عمق متوسط آب زیرزمینی (متر)
۱۹۹۱	ژانویه	۰/۰۱	۹/۵۴	۶۰۹۷	۱۸	۵۸/۱۶	۷۶۸۸	۷۰۰۰	۱۳۸/۴	۶۵۱۵	۱/۰۸۷	۰
۱۹۹۱	فوریه	۰/۰۱	۹/۹۹	۵۷۶۱	۵/۴	۵۷/۵۶	۷۶۸۸	۰	۴۱/۵۲	۶۵۱۵	۱/۰۸۴	۰
۱۹۹۱	مارس	۰/۱۳۳	۱۳۲/۹	۵۷۶۱	۴۴/۸	۷۶۵/۸	۷۶۸۸	۰	۳۴۴/۴	۶۵۱۵	۱/۰۲	۰
۱۹۹۱	اوریل	۰/۲۴۱	۲۴۱/۴	۵۷۴۵	۹	۱۳۸۷	۷۶۸۸	۰	۶۹/۱۹	۵۲۲۵	۰/۸۱۷	۰
۱۹۹۱	می	۰/۳۲۷	۳۲۷/۱	۵۶۹۶	۰/۶	۱۸۶۳	۷۶۸۸	۰	۴/۶۱۳	۳۴۶۷	۰/۵۳۲	۰
۱۹۹۱	ژوئن	۰/۳۴۸	۳۴۸/۳	۵۶۲۹	۰	۱۹۶۱	۷۶۸۸	۰	۰	۱۵۰۶	۰/۲۳۱	۰/۱۶۸۹
۱۹۹۱	ژوئیه	۰/۴۰۱	۴۰۰/۸	۵۵۹۹	۰	۲۲۴۴	۷۶۸۸	۷۳۰۰	۰	۶۵۶۳	۱/۰۰۷۲	۰
۱۹۹۱	اوت	۰/۴۵۲	۳۵۲/۴	۵۷۴۲	۰	۲۰۲۴	۷۶۸۸	۰	۰	۴۵۳۸	۰/۶۹۶۷	۰/۶۹۶۶
۱۹۹۱	سپتامبر	۰/۲۶۸	۲۶۸/۴	۵۶۶۷	۰	۱۵۲۱	۷۶۸۸	۰	۰	۳۰۱۷	۰/۴۶۳	۰/۴۶۳۱
۱۹۹۱	اکتبر	۰/۱۴۵	۱۴۵/۵	۵۶۱۴	۹/۱	۸۱۶/۵	۷۶۸۸	۰	۶۹/۹۶	۳۲۷۰	۰/۳۴۸	۰/۴
۱۹۹۱	نوامبر	۰/۱۰۷	۱۰۶/۷	۵۵۹۹	۷/۳	۵۹۷/۵	۷۶۸۸	۰	۵۶/۱۲	۱۷۲۹	۰/۲۶۵	۰/۴
۱۹۹۱	دسامبر	۰/۰۱۷	۱۷/۴۴	۵۵۹۹	۲۸/۲	۹۷/۶۴	۷۶۸۸	۰	۲۱۶/۸	۱۸۴۸	۰/۲۸۴	۰/۴
۱۹۹۲	ژانویه	۰/۰۱	۹/۹۹	۵۵۹۹	۲۴/۴	۵۵/۹۴	۷۶۸۸	۰	۱۸۷/۶	۱۹۸۰	۰/۳۰۴	۰/۴
۱۹۹۲	فوریه	۰/۰۵۵	۵۴/۷۸	۵۵۹۹	۱۶/۳	۳۰۶/۷	۷۶۸۸	۰	۱۲۵/۳	۱۷۹۸	۰/۲۷۶	۰/۴
۱۹۹۲	مارس	۰/۱۸	۱۸۰	۵۵۹۹	۲۵/۲	۱۰۰۸	۷۶۸۸	۷۰۰۰	۱۹۳/۷	۷۹۸۴	۱/۲۲۶	۱/۲۲۵۶
۱۹۹۲	اوریل	۰/۲۵۵	۲۵۴/۶	۵۷۹۶	۹/۱	۱۴۷۶	۷۶۸۸	۰	۶۹/۹۶	۶۵۷۹	۱/۰۱	۱/۰۰۹۸
۱۹۹۲	می	۰/۳۰۹	۳۰۸/۹	۵۷۴۲	۲۲/۶	۱۷۷۴	۷۶۸۸	۰	۱۷۴/۷	۴۹۷۸	۰/۷۶۴	۰/۷۶۴۲
۱۹۹۲	ژوئن	۰/۲۹۵	۲۹۵/۳	۵۶۸۳	۸/۴	۱۶۷۸	۷۶۸۸	۰	۶۴/۵۸	۳۳۶۵	۰/۵۱۶	۰/۵۱۶۵
۱۹۹۲	ژوئیه	۰/۳۹۵	۳۹۴/۷	۵۶۲۶	۱/۴	۲۲۲۰	۷۶۸۸	۰	۱۰/۷۶	۱۱۵۵	۰/۱۷	۰/۴
۱۹۹۲	اوت	۰/۳۵۶	۳۵۶/۵	۵۵۹۹	۴	۱۹۹۶	۷۶۸۸	۰	۳۰/۷۵	۰	۰/۴	۰/۴
۱۹۹۲	سپتامبر	۰/۲۵۹	۲۵۸/۷	۵۵۹۹	۰	۱۴۴۸	۷۶۸۸	۷۳۰۰	۰	۶۵۱۵	۰/۸۹۸۲	۰

www.SID.ir

عمق آب خروجی (متر)	حجم آب خروجی (متر مکعب)	عمق جاذب (متر)	سطح کلونی (متر مربع)	حجم کل (متر مکعب)	دبی جذب سطحی (متر مکعب)	حجم تاج (متر مکعب)	سطح تاج (متر مربع)	دبی جذب عمقی (متر/ثانیه)	حجم نیتروژن (متر مکعب)	سطح نیتروژن (متر مربع)	دبی جذب نیتروژن (متر/ثانیه)	ماه	سال
۰	۰	۰/۵۷۵	۶۵۱۵	۳۷۴۹/۲	۰	۰	۷۶۸۸	۰	۸۴۸/۷	۵۶۷۴	۰/۱۵	اکتبر	۱۹۹۶
۰	۰	۱/۳۰۱	۶۵۱۵	۸۴۷۳	۵۰۰۰	۴۱/۵۲	۷۶۸۸	۰/۰۱	۳۱۸	۵۶۴۴	۰/۰۵۶	نوامبر	۱۹۹۶
۰	۰	۱/۳۱۴	۶۵۱۵	۸۵۵۸/۳	۰	۱۰۱/۵	۷۶۸۸	۰/۰۱	۱۵/۷۲	۵۶۳۴	۰/۰۰۳	دسامبر	۱۹۹۶
۰	۰	۱/۳۰۸	۶۵۱۵	۸۵۲۳	۰	۲۰/۷۶	۷۶۸۸	۰/۰۰۳	۵۳/۷۸	۵۶۳۷	۰/۰۱	ژانویه	۱۹۹۷
۰	۰	۱/۲۹۹	۶۵۱۵	۸۴۶۵	۰	۰	۷۶۸۸	۰	۵۶/۳	۵۶۳۶	۰/۰۱	فوریه	۱۹۹۷
۰	۰	۱/۳۳۱	۶۵۱۵	۱۱۲۷۸	۳۰۰۰	۲۳۹/۱	۷۶۸۸	۰/۰۳۱	۴۱۳/۲	۵۶۳۴	۰/۰۷۳	مارس	۱۹۹۷
۰	۰	۱/۶۴	۶۵۱۵	۱۰۶۸۲	۰	۳۱۹/۱	۷۶۸۸	۰/۰۴۲	۸۹۷/۷	۵۸۱۳	۰/۱۵۴	اوریل	۱۹۹۷
۰	۰	۱/۴۵۱	۶۵۱۵	۹۴۵۵	۰	۴۱/۵۲	۷۶۸۸	۰/۰۰۵	۱۲۴۴	۵۷۹۰	۰/۲۱۵	می	۱۹۹۷
۰	۰	۱/۲۲۲	۶۵۱۵	۷۹۵۹	۰	۵۷/۶۶	۷۶۸۸	۰/۰۰۸	۱۵۲۵	۵۷۴۵	۰/۲۶۵	ژوئن	۱۹۹۷
۰	۰	۰/۹۶	۶۵۱۵	۶۲۵۷	۰	۰	۷۶۸۸	۰	۱۶۷۲	۵۶۹۰	۰/۲۹۴	ژوئیه	۱۹۹۷
۰	۰	۰/۷۳۸	۶۵۱۵	۴۸۰۷	۰	۰	۷۶۸۸	۰	۱۴۲۴	۵۶۳۱	۰/۲۵۳	اوت	۱۹۹۷
۰	۰	۱/۶۴۴	۶۵۱۵	۱۰۷۱۲	۷۲۰۰	۰	۷۶۸۸	۰	۱۲۷۷	۵۵۹۹	۰/۲۲۸	سپتامبر	۱۹۹۷
۰	۰	۱/۵۰۶	۶۵۱۵	۹۸۱۵	۰	۰/۷۶۹	۷۶۸۸	۰/۰۰۰۱	۸۷۰/۱	۵۷۲۱	۰/۱۵۲	اکتبر	۱۹۹۷
۰	۰	۱/۴۶۴	۶۵۱۵	۹۵۴۰	۰	۱۹/۹۹	۷۶۸۸	۰/۰۰۳	۲۸۶/۲	۵۶۸۹	۰/۰۵	نوامبر	۱۹۹۷
۰	۰	۱/۴۸۶	۶۵۱۵	۹۶۸۴	۰	۲۳۵/۳	۷۶۸۸	۰/۰۳۱	۸۸/۴۲	۵۶۷۹	۰/۰۱۶	دسامبر	۱۹۹۷
۰	۰	۱/۶۷۳	۶۵۱۵	۱۰۸۹۳	۱۱۰۰	۱۶۴/۵	۷۶۸۸	۰/۰۲۱	۵۴/۲۳	۵۶۸۴	۰/۰۱	ژانویه	۱۹۹۸
۰	۰	۱/۷۱۹۵	۶۵۱۵	۱۱۲۰۳	۰	۳۶۹	۷۶۸۸	۰/۰۴۸	۵۸/۷۴	۵۸۸۰	۰/۰۱	فوریه	۱۹۹۸
۰	۰	۱/۷۶۸۴	۶۵۱۵	۱۱۵۲۰	۰	۴۲۵/۹	۷۶۸۸	۰/۰۵۵	۵۵/۴	۵۸۹۲	۰/۰۱۸	مارس	۱۹۹۸
۰	۰	۱/۶۰۷	۶۵۱۵	۱۰۴۶۸	۰	۱۵/۳۸	۷۶۸۸	۰/۰۰۲	۲	۱۰۶۲	۰/۱۸	اوریل	۱۹۹۸
۰	۰	۱/۴۱۳	۶۵۱۵	۹۲۰۲	۰	۵۲/۲۸	۷۶۸۸	۰/۰۰۷	۶۱۸	۱۳۱۱	۰/۲۲۴	می	۱۹۹۸
۰	۰	۱/۳۹۲	۶۵۱۵	۹۰۶۶	۱۵۰۰	۳/۸۴۴	۷۶۸۸	۰/۰۰۰۵	۰/۵	۱۶۳۱	۰/۲۸۱	ژوئن	۱۹۹۸
۰	۰	۱/۰۸۷	۶۵۱۵	۷۰۸۲	۰	۷/۶۸۸	۷۶۸۸	۰/۰۰۱	۱	۱۹۶۳	۰/۳۴۱	ژوئیه	۱۹۹۸
۰	۰	۰/۸۳۷	۶۵۱۵	۵۴۵۲	۰	۷/۶۸۸	۷۶۸۸	۰/۰۰۱	۱	۱۶۱۴	۰/۲۸۴	اوت	۱۹۹۸
۰	۰	۰/۶۴۳	۶۵۱۵	۴۱۸۸	۰	۰	۷۶۸۸	۰	۰	۱۲۴۷	۰/۲۲۳	سپتامبر	۱۹۹۸
۰	۰	۰/۵۲۹	۶۵۱۵	۳۴۴۶	۰	۱۴۲/۳	۷۶۸۸	۰/۰۱۹	۱۸/۵	۸۷۴/۸	۰/۱۵۶	اکتبر	۱۹۹۸

www.SID.ir

جمع آب ورودی (متر)	حجم آب ذخیره‌ای (متر مکعب)	جمع تبخیر خالص (متر)	جمع تبخیر (متر)	سطح آبگیر (متر مربع)	حجم کل (متر مکعب)	بارش ۶۶۶۵ (متر مکعب)	حجم بارش (متر مکعب)	سطح بارش (متر مربع)	میزان بارندگی (میلی متر/ماه)	حجم تبخیر (متر مکعب)	سطح تبخیر (متر مربع)	میزان تبخیر (میلی متر/ماه)	ماه	سال
۰	۰	۱/۶۰۱۶	۱/۶۰۲	۶۵۱۵	۱۰۴۳۴	۷۵۰۰	۰	۷۶۸۸	۰	۵۰۹/۵	۵۵۹۹	۹۰/۹۹	نوامبر	۱۹۹۸
۰	۰	۱/۵۷۵۸	۱/۵۷۶	۶۵۱۵	۱۰۲۶۶	۰	۱۸/۴۵	۷۶۸۸	۰/۰۰۲	۱۸۱	۵۷۱۲	۳۱/۶۸	دسامبر	۱۹۹۸
۰	۰	۱/۶۰۲۱	۱/۶۰۲۱	۶۵۱۵	۱۰۴۳۷	۰	۲۲۷/۶	۷۶۸۸	۰/۰۳	۵۴/۴۴	۵۷۰۶	۹/۵۴	ژانویه	۱۹۹۹
۰	۰	۱/۶۱۳	۱/۶۱۳	۶۵۱۵	۱۰۵۰۸	۰	۱۲۹/۹	۷۶۸۸	۰/۰۱۷	۱۶/۹	۵۷۱۳	۹/۹۹	فوریه	۱۹۹۹
۰	۰	۱/۶۳۰۱	۱/۶۳۰۱	۶۵۱۵	۱۰۶۳۰	۰	۴۴۴/۴	۷۶۸۸	۰/۰۵۷	۵۶/۵	۵۷۱۵	۵۴/۷۸	مارس	۱۹۹۹
۰	۰	۱/۴۷۵۳	۱/۴۷۵۳	۶۵۱۵	۹۶۱۱	۰	۶/۹۱۹	۷۶۸۸	۰/۰۰۰۹	۰/۹	۵۷۲۰	۱۷۲/۲	آوریل	۱۹۹۹
۰	۰	۱/۲۳۴	۱/۲۳۴	۶۵۱۵	۸۰۳۸/۹	۰	۰	۷۶۸۸	۰	۰	۵۶۸۴	۲۶۸/۳	می	۱۹۹۹
۰	۰	۱/۶۷۵۳	۱/۶۷۵۳	۶۵۱۵	۱۰۹۱۴	۴۸۰۰	۰	۷۶۸۸	۰	۱۸۶۹	۵۶۲۹	۳۳۲	ژوئن	۱۹۹۹
۰	۰	۱/۴۰۱۲	۱/۴۰۱۲	۶۵۱۵	۹۱۲۸/۶	۰	۴/۶۱۳	۷۶۸۸	۰/۰۰۰۶	۰/۶	۵۷۱۰	۳۰۲/۸	ژوئیه	۱۹۹۹
۰	۰	۱/۲۰۱۳	۱/۲۰۱۳	۶۵۱۵	۷۸۲۶/۱	۰	۰	۷۶۸۸	۰	۰	۵۶۴۷	۲۲۳	اوت	۱۹۹۹
۰	۰	۱/۰۲۳	۱/۰۲۳	۶۵۱۵	۶۶۶۴/۶	۰	۰	۷۶۸۸	۰	۰	۵۶۰۳	۲۰۰/۶	سپتامبر	۱۹۹۹
۰	۰	۱/۶۷۰۸	۱/۶۷۰۸	۶۵۱۵	۱۰۸۸۴	۵۰۰۰	۸/۴۵۷	۷۶۸۸	۰/۰۰۱	۱/۱	۵۵۹۹	۱۳۷/۳	اکتبر	۱۹۹۹
۰	۰	۱/۵۸۳۸	۱/۵۸۳۸	۶۵۱۵	۱۰۳۱۸	۰	۳۲/۲۹	۷۶۸۸	۰/۰۰۴	۴/۲	۵۵۹۹	۱۰۱/۳	نوامبر	۱۹۹۹
۰	۰	۱/۵۸۳۷	۱/۵۸۳۷	۶۵۱۵	۱۰۳۱۷	۰	۴۲/۲۸	۷۶۸۸	۰/۰۰۶	۵/۵	۵۵۹۹	۷/۳۸	دسامبر	۱۹۹۹
۰	۰	۱/۶۰۲۳	۱/۶۰۲۳	۶۵۱۵	۱۰۴۳۹	۰	۱۷۷/۶	۷۶۸۸	۰/۰۲۳	۲۲/۱	۵۵۹۹	۹/۵۴	ژانویه	۲۰۰۰
۰	۰	۱/۶۰۰۸	۱/۶۰۰۸	۶۵۱۵	۱۰۴۲۹	۰	۴۹/۲	۷۶۸۸	۰/۰۰۶	۶/۴	۵۵۹۹	۹/۹۹	فوریه	۲۰۰۰
۰	۰	۱/۵۹۱۳	۱/۵۹۱۳	۶۵۱۵	۱۰۳۶۶	۰	۱۶/۱۴	۷۶۸۸	۰/۰۰۲	۲/۱	۵۵۹۹	۱۳/۳۲	مارس	۲۰۰۰
۰	۰	۱/۶۶۵۳	۱/۶۶۵۳	۶۵۱۵	۱۰۸۴۹	۲۰۰۰	۰	۷۶۸۸	۰	۰	۵۵۹۹	۲۵۷/۷	آوریل	۲۰۰۰
۰	۰	۱/۳۵۶۹	۱/۳۵۶۹	۶۵۱۵	۸۸۳۹/۵	۰	۰	۷۶۸۸	۰	۰	۵۷۵۵	۳۴۰	می	۲۰۰۰
۰	۰	۱/۰۵۷۸	۱/۰۵۷۸	۶۵۱۵	۶۸۹۱/۱	۰	۰	۷۶۸۸	۰	۰	۵۶۸۳	۳۳۴/۳	ژوئن	۲۰۰۰
۰	۰	۰/۷۸۵۳	۰/۷۸۵۳	۶۵۱۵	۵۱۱۶	۰	۵/۳۸۲	۷۶۸۸	۰/۰۰۰۷	۰/۷	۵۶۱۵	۳۰۹/۴	ژوئیه	۲۰۰۰
۰	۰	۱/۶۱۲۸	۱/۶۱۲۸	۶۵۱۵	۱۰۵۰۷	۷۰۰۰	۰	۷۶۸۸	۰	۰	۵۵۹۹	۲۸۲/۹	اوت	۲۰۰۰

www.SID.ir

عمق آب جبرانی (متر)	حجم آب جبرانی (میلیون مترمکعب)	عمق مایع بعد از جبران(متر)	عمق مایع (متر)	سطح لگون (متر مربع)	حجم کل (میلیون مترمکعب)	جریان ورودی (میلیون مترمکعب)	حجم باران (میلیون مترمکعب)	سطح باران (متر مربع)	میزان باران‌گیری (میلی متر/ماه)	حجم تبخیر (میلیون مترمکعب)	سطح تبخیر (متر مربع)	میزان تبخیر (متر/ماه)	میزان تبخیر (میلی متر/ماه)	ماه	سال
۰	۰	۱/۴۳۱۵	۱/۴۳۱۵	۶۵۱۵	۹۳۲۵/۹	۰	۰	۷۶۸۸	۰	۱۱۲۶	۵۶۲۱	۰/۲	۲۰۰/۳	سپتامبر	۲۰۰۰
۰	۰	۱/۳۲۶۹	۱/۳۲۶۹	۶۵۱۵	۸۶۴۴/۱	۰	۱۴/۶۱	۷۶۸۸	۱/۹	۶۶۶/۷	۵۵۹۹	۰/۱۱۹	۱۱۹/۱	اکتبر	۲۰۰۰
۰	۰	۱/۳۱۴۶	۱/۳۱۴۶	۶۵۱۵	۸۵۶۴/۲	۰	۱۹۹/۹	۷۶۸۸	۲۶	۲۶۹/۱	۵۵۹۹	۰/۰۴۸	۴۸/۰۶	نوامبر	۲۰۰۰
۰	۰	۱/۷۵۵۲	۱/۷۵۵۲	۶۵۱۵	۱۱۴۳۵	۳۷۰۰	۲۱۴/۵	۷۶۸۸	۲۷/۹	۴۲/۳۳	۵۵۹۹	۰/۰۰۸	۷/۵۶	دسامبر	۲۰۰۰
۰	۰	۱/۶۳۰۱	۱/۶۳۰۱	۶۵۱۵	۱۰۶۲۰	۰	۴۲۴/۴	۷۶۸۸	۵۶/۵	۳۱۲/۱	۵۷۱۵	۰/۰۵۵	۵۴/۷۸	مارس	۱۹۹۹
۰	۰	۱/۴۷۵۳	۱/۴۷۵۳	۶۵۱۵	۹۶۱۱	۰	۶/۹۱۹	۷۶۸۸	۰/۹	۹۸۴/۸	۵۷۲۰	۰/۱۷۲	۱۷۲/۲	اوریل	۱۹۹۹
۰	۰	۱/۲۲۴	۱/۲۲۴	۶۵۱۵	۸۰۳۸/۹	۰	۰	۷۶۸۸	۰	۱۵۲۵	۵۶۸۴	۰/۲۶۸	۲۶۸/۳	می	۱۹۹۹
۰	۰	۱/۶۷۵۳	۱/۶۷۵۳	۶۵۱۵	۱۰۹۱۴	۴۸۰۰	۰	۷۶۸۸	۰	۱۸۶۹	۵۶۲۹	۰/۳۳۲	۳۳۳	ژوئن	۱۹۹۹
۰	۰	۱/۴۰۱۲	۱/۴۰۱۲	۶۵۱۵	۹۱۲۸/۶	۰	۴/۶۱۲	۷۶۸۸	۰/۶	۱۷۲۹	۵۷۱۰	۰/۳۰۳	۳۰۲/۸	ژوئیه	۱۹۹۹
۰	۰	۱/۲۰۱۳	۱/۲۰۱۳	۶۵۱۵	۷۸۲۶/۱	۰	۰	۷۶۸۸	۰	۱۲۵۹	۵۶۴۷	۰/۲۲۳	۲۲۳	اوت	۱۹۹۹
۰	۰	۱/۰۲۳	۱/۰۲۳	۶۵۱۵	۶۶۶۴/۶	۰	۰	۷۶۸۸	۰	۱۱۲۴	۵۶۰۳	۰/۲۰۱	۲۰۰/۶	سپتامبر	۱۹۹۹

www.SID.ir

نتیجه محاسبات برنامه

پس از انجام محاسبات آزمون و خطا با توجه به حد اکثر فاضلاب ورودی در زمان شروع به کار لحاظ نمودن سایرملزومات طراحی، حوضچه تبخیر با ابعاد ۶۲×۱۲۴ و عمق ۲/۵متر با شیب جانبی ۲به ۱ برای شهر اصفهان باحداکثر فاضلاب ورودی ۱۴۳۰۰متر مکعب درسال و میانگین ده سالهٔ۱۱۵۲۰متر مکعب در سال بدون هیچ گونه نفوذ آب به درون خاک در نظر گرفته شد. طرح فوق پس از کنترل در دورهٔ ده ساله با توجه به آمار بارش و تبخیر و فاضلاب ورودی به سیستم چک گردید به طوری که حد اکثر عمق فاضلاب در طول بهره برداری ده ساله ۱/۷۶متر و حداقل عمق ۴۰ سانتی متر بودکه بیانگرطراحی خوب و مناسب ابعاد حوض با توجه به مشخصات آب و هوایی منطقه و فاضلاب ورودی می باشد.

نتیجه گیری

یکی از مزایای مهم حوضچه های تبخیری استفاده از انرژی طبیعی خورشید است که جهت راه اندازی آن ها به تامین منابع دیگر انرژی نیازی احساس نمی شود. برای کنترل عملیات این حوضچه ها به اپراتور ماهرنیاز نمی باشد این روش دفع نسبت به سایر روش های دفع پساب های مایع نیاز به مراقبت کمتری دارد. بنابراین حوضچه هـــای تبخیری در مکان هایی کارایی دارند که میزان تبخیر در آن ها بیش از بارش سالیانه باشد، به عبارت دیگر این حوضچه ها در مناطق خشک وگرمسیر کارایی بالایی دارند و اغلب در مناطقـــی ساختـــه می شوند که سطح آب های زیرزمینی پایین باشد. جهت طراحی حوضچه های تبخیری از داده های ده ساله آماری بارش و تبخیر ماهیانه منطقه مورد نظر استفاده می شود که در محاسبات مربوط به سطح بالایی حوض از حداقل رقوم به دست آمده از تفاضل میانگین بارش و تبخیر سه ساله متوالی در طی دوره ده ساله و همچنین از میانگین سالیانه فاضلاب ورودی در طی دورهٔ ده ساله استفاده می شود ودر محاسبات مربوط به عمق لاگون از حداکثر فاضلاب ورودی سالانه در طی دورهٔ ده ساله استفاده می شود. در محاسبات تعادل آب عوامل بارش، تبخیر، نفوذ و فاضلاب ورودی دخالت دارند که در این جا سطح باران گیر همواره سطح بالایی (فوقانی) حوض می باشد و سطح تبخیر درهر ماه از عملیات با توجه به عمق فاضلاب موجود در حوض محاسبه می گردد. کف حوضچه با شیب ۱تا ۲٪ درجه بندی می شود و عمق آزاد همواره بین ۵۰تا۶۰سانتی متر و حداقل عمق فاضلاب موجود در حوضچه باید ۴۰ سانتی متر باشد و هر گاه عمق فاضلاب به کمتر از این رقم برسد جهت جلوگیری ازخشک شدن حوضچه از آب توازن که به صورت لیتر بر ساعت است و در طول ماه جبران خواهد شد استفاده می شود. بنابراین نوسانات سطح تبخیر بر اساس شیب ذخیره فعال حوض می باشد و سایز بندی اصولی وصحیح حوضچه بیانگر بیشترین کاهش سطح آب بدون خشک شدن حوضچه می باشد.

منابع

1- Yakwitz, Harvey (1988), Indentifying, classifying and describing Hazardous wastes, UNEP industry and Environment, vol.11, No1, pp.3-9, United Nations publication France.13- Tchobamglous. Georg, 1977 solid waste, Engineering, prencipal and managment, issues by MCG raw - Hill - Inc London.

2- Pickett, E.M.1979, Evapotranspiration and Individual Laggons. In Proceedings of Northwest Onsite Wastewater Disposal Short Course, University of Washington, Seattle, pp. 108-118.

3- Standards for Designing a Stabilization Lagoon, (No date), North Dakota State Department of Health, Bismarck, 3pp.

4- Design Manual, 1983, MuniciPaL Wastewater stabilization Ponds.EPA-625/1-83-012.

5- Priestly, C.H. B., and R.J. Taylor. 1972, on the Assessment of Surface Heat Flux and Evaporation Using Large-Scale Parameters. Mon. Weather Rev., 100:81-82.

Archive of SID

www.SID.ir

۶- افشار. عباس، (۱۳۶۴)، هیدرولوژی مهندسی، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی.

۷- آمار و ارقام بارندگی و تبخیر سازمان هواشناسی کشور.

8- Change, A.C., W.R. Olmstead, J.B. Johanson, and G. Yamashita. 1974, the Sealing Mechanism of Wastewater Ponds. JWPCF 46(7): 1715-1721.

9- Design Manual, 1980, onsite wastewater treatment and Disposal systems.EPA 625/1-80-012.

10- Rugen, M. A., D.A. Lewis, and I. J. Benedict. (No date), Evaporation - A Method of Disposing of septic Tank Effluent. Edwards Underground water District, San Antonio, Texas, 83pp.

Archive of SID

www.SID.ir