

Investigation of the Sludge Production in Waste Stabilization Ponds

Miranzadeh, M.B.

*Assistant Professor, School of Public Health
Kashan University of Medical Sciences*

Abstract

Wastewater treatment by stabilization pond is regaining much interest in countries where climatic conditions are suitable and land is available. Waste stabilization pond (WSP) systems minimize sludge production and thus reduce the cost of operation the problems associated with sludge handling, treatment and disposal.

Desludging of pond is not difficult and it may be performed on-site every 5-10 years.

The aim of this study was to measure sludge production rate in WSP systems. A series of three pilot-scale ponds were built in order to treat some of raw sewage from Shoosh Wastewater Treatment Plant. Integrated stabilization pond consisted of a facultative pond with pit fermentation and a high-rate pond followed by a maturation pond. Detention time was 20 days for all the ponds.

The study was carried out for 16 months. The results of the research showed that overall sludge production for total ponds was 76.5 liter per capita per year. The accumulation rate in facultative, high-rate and maturation pond was 63%, 20% and 17% respectively. This study showed that the average concentration of sludge dry solids was 13.6 percent. The average density of sludge was found 1276 Kg/m³.

بررسی میزان لجن تولیدی در برکه‌های تثبیت فاضلاب

(دریافت ۸۰/۹/۱ پذیرش ۸۱/۲/۱۵)

محمد باقر میران زاده*

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی میزان لجن تولیدی در برکه‌های تثبیت به مدت ۱۶ ماه از بهمن ماه سال ۱۳۷۷ لغایت اردیبهشت ماه ۱۳۷۹ در محل تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک شوش تهران از طریق احداث برکه‌های تثبیت آزمایشی شامل برکه اختیاری مجهز به چاله هضم، برکه پربار و تکمیلی با زمان ماند کل ۲۰ روز انجام گرفت. در پایان مراحل بهره‌برداری از پایلوت، میزان لجن تجمع یافته در برکه‌ها، مورد سنجش قرار گرفت. نتایج نشان داد که در کل برکه‌ها، سالانه ۷۶/۵ لیتر لجن به ازای هر نفر تجمع یافته که از این میزان، تولید لجن ۶۳ درصد آن در برکه اختیاری مجهز به چاله هضم، ۲۰ درصد در برکه پربار و ۱۷ درصد باقی‌مانده در برکه تکمیلی تولید شده است. از نتایج حاصل از تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که بخش عمده لجن در برکه‌های اختیاری مجهز به چاله هضم تولید شده است. علاوه بر این میانگین درصد جامدات خشک لجن ۱۳/۶ درصد و میانگین دانسیته آن ۱۲۷۶ کیلوگرم در مترمکعب به دست آمده است.

واژه‌های کلیدی: چاله هضم، برکه پربار، برکه‌های تثبیت، جامدات خشک

مقدمه

در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، مواد آلاینده و ناخالصی‌های موجود در آن به صورت لجن از جریان فاضلاب جداسازی می‌گردد. لجن تولیدی در فرایندهای مختلف از نظر میزان و مشخصات با همدیگر تفاوت بسیاری دارد، ولی معمولاً در حدود ۷۰ درصد مواد تشکیل دهنده لجن از جنس مواد آلی و ۳۰ درصد مابقی از جنس مواد معدنی می‌باشد. یکی از معضلات مهم راهبری فرایند لجن فعال، حجم زیاد لجن تولیدی و مشکلات مربوط به دفع آن از جمله تغلیظ، هضم و آبگیری است که ۵۵ درصد هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری از تصفیه‌خانه را به خود اختصاص داده و ۹۰ درصد مشکلات راهبری تصفیه‌خانه را نیز در بر می‌گیرد. به همین دلیل در انتخاب فرایند تصفیه فاضلاب باید به دو پارامتر حجم لجن تولیدی کمتر و عدم نیاز به تأسیسات تثبیت و آبگیری توجه نمود. در این رابطه کاربرد برکه‌های تثبیت به منظور

تصفیه فاضلاب مطرح می‌باشد، زیرا در برکه‌ها هم میزان کمتری لجن تولید می‌گردد و هم این که به تأسیسات تصفیه و آبگیری لجن نیازی نیست [۲ الی ۴]. در برکه‌های تثبیت مواد معلق موجود در فاضلاب و هم‌چنین بقایای حاصل از اکسیداسیون مواد آلی و جلبک‌ها و میکروارگانیسم‌ها به صورت لایه لجن در کف تجمع یافته و به مرور تحت تجزیه بیولوژیک بی‌هوازی قرار می‌گیرند که نتیجه آن تثبیت مواد آلی و تولید گازهایی همچون متان، دی‌اکسید کربن، ازت، سولفید هیدروژن و ... خواهد بود که این گازها به صورت حباب از سطح برکه‌ها به اتمسفر تخلیه می‌شوند. میزان تجمع لجن در برکه‌ها بستگی به شرایط آب و هوایی از جمله درجه حرارت هوا دارد. هرچه هوا گرم‌تر باشد سرعت فعالیت بیولوژیک بی‌هوازی شدیدتر است، در نتیجه ارتفاع لایه لجن کمتر خواهد بود. لجن تجمع یافته در برکه‌های

* استادیار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کاشان

بی‌هوازی را هر ۵ تا ۱۰ سال یک مرتبه و برکه‌های اختیاری و تکمیلی را هر ۱۰ تا ۱۵ سال یک مرتبه تخلیه می‌نمایند [۵ و ۶]. با توجه به این که لجن تولیدی در برکه‌ها را در فواصل طولانی مدت تخلیه می‌نمایند، از نظر میزان مواد آلی بسیار تثبیت شده است و از نظر کیفیت میکروبی نیز از وضعیت مناسبی برخوردار می‌باشد. لذا لجن‌های تخلیه شده را پس از خشک کردن می‌توان به عنوان کود و بارور کننده خاک در زمین‌های کشاورزی استفاده نمود [۶، ۷ و ۱۰]

مواد و روش‌ها:

این تحقیق از بهمن ماه سال ۱۳۷۷ لغایت اردیبهشت ماه ۱۳۷۹ به مدت ۱۶ ماه در محل تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک شوش تهران بر روی پایلوت برکه‌های تثبیت تلفیقی به روش تجربی انجام گرفت. پایلوت ISP^۱ (شکل ۱) شامل سه برکه به صورت سری شامل برکه اختیاری مجهز به چاله هضم^۲، برکه پربار و برکه تکمیلی است. در ابتدای برکه اختیاری یک چاله هضم به عمق ۵/۳ متر احداث شده که فاضلاب خام به صورت جریان رو به بالا از کف آن به داخل برکه اختیاری تزریق می‌شد. هدف از چاله هضم ایجاد شرایط بی‌هوازی و تشکیل بستری از لایه لجن برای کمک به زدایش مواد آلاینده موجود در فاضلاب بود. مشخصات کامل پایلوت ISP در جدول ۱ نشان داده شده است. کل زمان ماند هیدرولیکی فاضلاب در پایلوت ۲۰ روز بود که روزانه $± ۰/۵$ مترمکعب فاضلاب خام از طریق نصب انشعاب بر روی خط پمپاژ ورودی به

^۱ Integrated Stabilization Pond (ISP)

^۲ Pit Fermentation

جدول ۱- مشخصات فیزیکی برکه‌ها در پایلوت ISP

ملاحظات	حجم (مترمکعب)		مساحت کل (مترمربع)	زمان ماند (روز)	عمق (متر)		پارامتر برکه
	کل	مفید			کل	مفید	
عمق با احتساب برکه اختیاری ۵/۳ متر	۱۲	۱۰	-	۲/۵	-	۳/۷	چاله هضم
	۵۵	۴۰	۴۱	۱۰	۱/۹	۱/۶	برکه اختیاری
	۲۲	۱۲	۲۴/۳	۳	۰/۹	۰/۵	برکه پربار
	۲۲	۱۸	۲۹	۴/۵	۱/۱	۰/۸	برکه تکمیلی
	۱۱۱	۸۰	۹۴/۳	۲۰	-	-	کل

تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک شوش تهران به داخل سیستم تزریق گردید. فاضلاب ورودی به پایلوت فقط از یک واحد آشغالگیر دستی با فاصله میله‌های ۳۰ میلی‌متر و زاویه نصب ۶۰ درجه عبور می‌نمود و واحد دانه‌گیری وجود نداشت. در طول مدت تحقیق کارایی سیستم ISP از طریق سنجش پارامترهای BOD، COD، جامدات معلق، ازت و فسفر بر روی فاضلاب خام و پساب خروجی مورد بررسی قرار گرفت. یکی از اهداف جزئی تحقیق، سنجش ارتفاع، حجم و دانسیته و درصد جامدات خشک لجن تولیدی در برکه‌ها بود که در این رابطه بعد از پایان مراحل تحقیق و تخلیه فاضلاب داخل برکه‌ها، متوسط ارتفاع و حجم لجن تجمع یافته در طول ۱۶ ماه بهره‌برداری از پایلوت، از طریق آزمایش حوله سفید^۳ مورد سنجش قرار گرفت [۴]. علاوه بر این دانسیته لجن از طریق توزین حجم معینی از لجن و درصد جامدات خشک آن، از طریق آزمایش کل جامدات فاضلاب (TS) ارائه شده در کتاب استاندارد متد اندازه‌گیری گردید که نتایج آن در بخش بعدی ارائه شده است.

نتایج و بحث

با انجام این تحقیق اهداف مختلفی دنبال شد. در این مقاله صرفاً هدف، ارائه نتایج مربوط به میزان و حجم لجن تولیدی در برکه‌ها است، لیکن جهت مزید اطلاع و به طور خلاصه نتایج مربوط به میانگین شدت آلودگی فاضلاب خام ورودی به پایلوت و پساب خروجی از آن در طول

^۳ White Towel

جدول ۲- میانگین سالانه غلظت و درصد حذف پارامترهای فاضلاب خام و پساب خروجی از پایلوت ISP (غلظت بر حسب میلی‌گرم در لیتر).

کل فسفر	کل ازت	TSS	BOD	COD	
۸/۹±۱/۴	۱۰۷±۲۷	۳۳۲±۱۸	۳۸۷±۷۲	۶۰۳±۱۲۱	فاضلاب خام
۴/۱±۱/۳	۳۴±۱۴	۱۱۵±۲۰	۵۴±۱۶	۱۳۴±۴۰	پساب خروجی از پایلوت
۵۴	۶۹	۶۶	۸۶	۷۸	درصد زدایش

جدول ۳- مشخصات میزان لجن تولیدی به تفکیک برکه‌ها در پایلوت ISP.

برکه	پارامتر	مدت زمان بهره‌برداری از پایلوت (ماه)	ارتفاع لایه لجن (cm)	حجم لجن تجمع یافته (لیتر)	جمعیت تحت پوشش پایلوت (نفر)	سرانه تولید لجن (لیتر در سال)
چاله هضم	۱۶	۵۵	۱۵۹۰	۴۰	۳۰	
اختیاری	۱۶	۶	۹۸۰	۴۰	۱۸	
پر بار	۱۶	۴	۸۴۰	۴۰	۱۵/۵	
تکمیلی	۱۶	۵	۷۰۰	۴۰	۱۳	
کل پایلوت	۱۶	-	۴۱۱۰	-	۷۶/۵	

است و هم‌چنین دریافت کننده فاضلاب خام محتوی جامدات معلق می‌باشد که بخش عمده آن در این بخش ته‌نشین شده است [۵، ۶ و ۹].

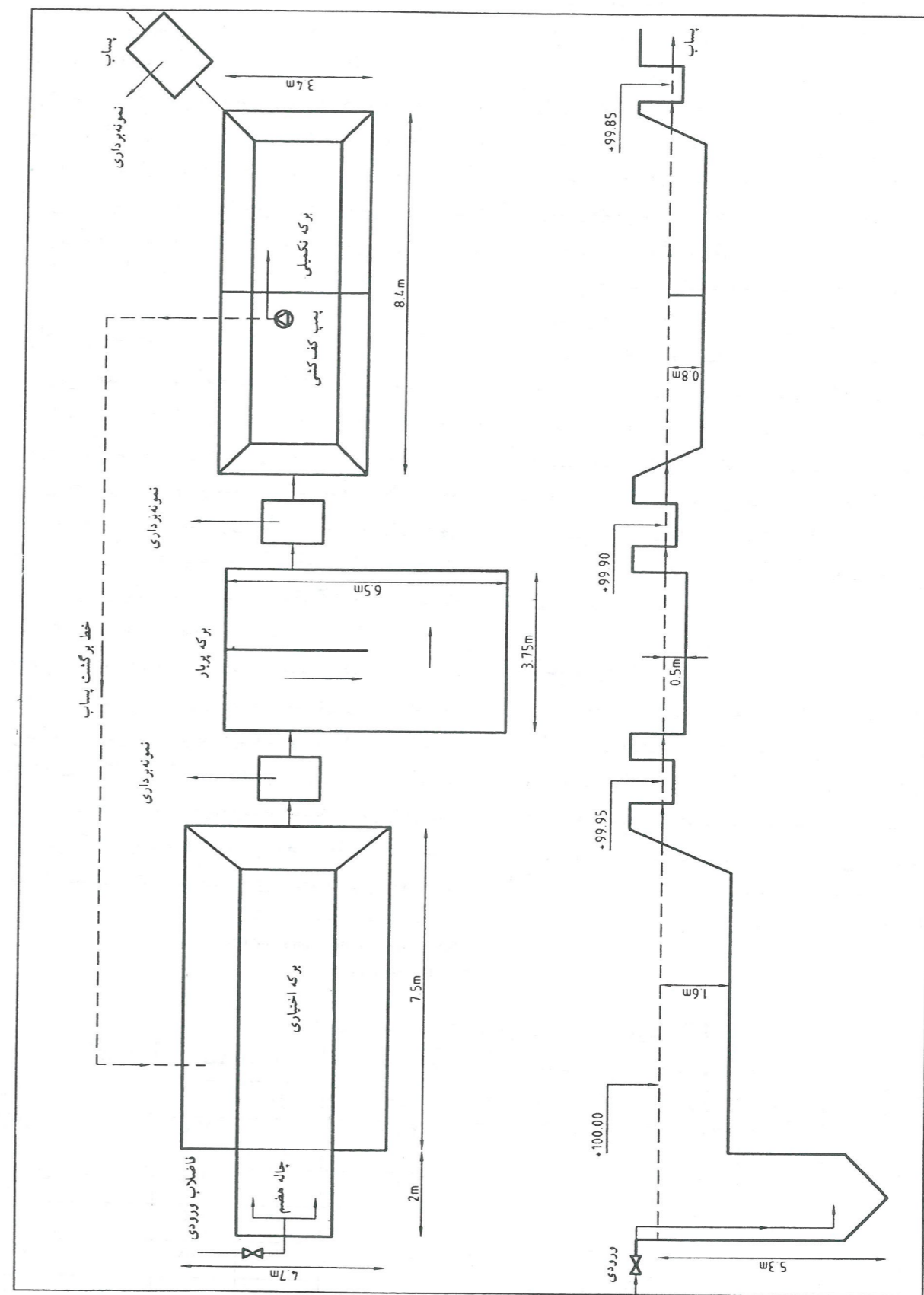
حجم لجن تجمع یافته در طول ۱۶ ماه بهره‌برداری از پایلوت در چاله هضم، برکه اختیاری، پر بار و تکمیلی به ترتیب ۱۵۹۰، ۹۸۰، ۸۴۰ و ۷۰۰ لیتر و در کل برکه‌ها برابر ۴۱۱۰ لیتر بود. از نظر حجم لجن تولیدی بیشترین میزان تجمع لجن در چاله هضم و کمترین آن در برکه تکمیلی مشاهده گردید. در برکه‌های تثبیت بخش عمده لجن تولیدی در برکه‌های اولیه (چاله هضم و برکه اختیاری) تجمع می‌یابد، زیرا این برکه‌ها در ابتدای سیستم وجود داشته و دریافت کننده فاضلاب خام محتوی غلظت زیاد

جامدات معلق می‌باشد، در نتیجه بخش عمده ته‌نشین جامدات معلق و مواد آلی، در این برکه‌ها انجام گرفته و تشکیل لایه لجن را می‌دهد. به تدریج که فاضلاب بین برکه‌های بعدی جریان می‌یابد، غلظت جامدات معلق، کاهش یافته و به تناسب آن میزان تجمع لجن نیز کاهش می‌یابد. هم‌چنین در برکه‌های پر بار و تکمیلی بخشی از

مدت تحقیق در جدول ۲ ارائه شده که نشان می‌دهد فاضلاب تولیدی در شهرک شوش تهران در گروه فاضلاب‌های قوی قرار دارد [۲ و ۱۱]. علت این امر پایین بودن مصرف آب در این شهرک به دلیل ویژگی‌های خاص اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی ساکنین آن می‌باشد. بر اساس مطالعات طرح فاضلاب تهران، سرانه تولید فاضلاب در این شهرک به طور متوسط ۹۰ لیتر در روز است [۱].

در طول مدت تحقیق میانگین درجه حرارت هوا ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد و درجه حرارت فاضلاب ۱۹/۹ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شده است، که نشان دهنده بالا بودن درجه حرارت فاضلاب به میزان ۲/۴ درجه نسبت به درجه هوا است.

در جدول ۳ ارتفاع و میزان تولید لجن به تفکیک در برکه‌ها ذکر شده است. نتایج ارائه شده در این جدول نشان می‌دهد که ارتفاع لایه لجن در چاله تخمیر، برکه اختیاری، پر بار و تکمیلی به ترتیب ۵۵، ۶، ۴ و ۵ سانتی‌متر است که نشان دهنده بالا بودن ارتفاع لایه لجن در چاله هضم است زیرا در چاله هضم، مساحت آن نسبت به بقیه برکه‌ها کمتر



شکل ۱- پلان و مقطع سیستم (ISP)

منابع و مراجع

۱- مطالعات طرح فاضلاب تهران (۱۳۷۳)، شرکت فاضلاب تهران.

- 2- Tchobanoglous, G. (1991). "Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse", Mc Graw-Hill, New York.
- 3- Japan International Cooperative Agency. (1999). "Textbook for the Group Training Course in Sewage Works Engineering", Vol. II, Tokyo, Japan.
- 4- Crites, R., and Tchobanoglous, G. (1998). "Small and Decentralized Wastewater Management Systems", WCB, Mc Graw-Hill, New York.
- 5- Mara, D., and Pearson, H. (1998). "Design Manual for Waste Stabilization Ponds in Mediterranean Countries", European Investment Bank, Leeds, London.
- 6- "Waste Stabilization Pond and Effluent Reuse", (1993). 2nd IAWQ International Specialist Conference Proceeding, California, USA.
- 7- Crites, R.W., (1995). "Natural Systems for Waste Management and Treatment", Mc Graw-Hill, Inc. USA.
- 8- Sherwood, C.R. (1994). "Natural Systems for Wastewater Treatment", IAWQ, U.K.
- 9- Odegaard, H. (1994). "Design and Operation of Small Wastewater Treatment Plants", IAWQ, U.K.
- 10- WHO. (1987). "Waste Stabilization Ponds", WHO EMRO Technical Publication, No. 10, Alexandria.
- 11- Gasey, T.J. (1997). "Unit Treatment Processes in Water and Wastewater Engineering", John Wiley & Sons, USA.
- 12- Malina, T.F., and Patterson, J.W. (1992). "Municipal Sewage Sludge Management", Technomic Publishing Co. Inc. USA.

جدول ۴- درصد جامدات خشک و دانسیته لجن تولیدی در برکه‌ها در پایلوت ISP.

پارامتر	درصد جامدات خشک لجن	دانسیته لجن بر حسب کیلوگرم در مترمکعب
چاله هضم	۱۲/۵	۱۲۳۰
برکه اختیاری	۱۴/۹	۱۲۲۵
برکه پربار	۱۴/۵	۱۴۰۸
برکه تکمیلی	۱۳/۱	۱۲۹۵
میانگین	۱۳/۶	۱۲۷۶

برکه‌ها از ۱۲۳۰ کیلوگرم در مترمکعب در چاله هضم تا ۱۴۰۸ کیلوگرم بر مترمکعب در برکه پربار متغیر بوده است. نتایج این بخش از تحقیق نشان داد که میانگین درصد خشک جامدات و دانسیته لجن در برکه‌ها به ترتیب ۱۳/۶ درصد و ۱۲۷۶ کیلوگرم در مترمکعب می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که در شرایط آب و هوایی تهران با میانگین درجه حرارت ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد، سرانه تولید لجن در برکه‌ها مجموعاً ۷۶/۵ لیتر در سال است که از این میزان ۳۹ درصد آن در چاله هضم، ۲۴ درصد در برکه اختیاری، ۲۰ درصد در برکه پربار و ۱۷ درصد در برکه تکمیلی تولید می‌شود.

از آنجا که این تحقیق در مدت زمان ۱۶ ماه انجام گرفته است، با افزایش زمان تحقیق، امکان تغییر سرانه‌های تولید لجن وجود خواهد داشت؛ زیرا هرچه لجن برای مدت طولانی‌تر در کف برکه‌ها ذخیره شود، درصد بیشتری از مواد آلی، تحت تجزیه بیولوژیک بی‌هوازی قرار گرفته و به تناسب، حجم میزان لجن تجمع یافته نیز کاهش می‌یابد [۵، ۶ و ۱۲].

از نتایج به دست آمده می‌توان در محاسبات مربوط به حجم و ابعاد برکه‌های تثبیت در طراحی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری استفاده نمود. از آنجا که این تحقیق صرفاً بر روی دانسیته و کمیت لجن تولیدی در برکه‌ها صورت گرفته، پیشنهاد می‌شود تحقیقات بعدی بر روی مشخصات کیفی لجن تولیدی در برکه‌های تثبیت انجام گیرد.

لجن تولیدی، شامل پیکر جلبک‌ها و میکروارگانیسم‌های مرده می‌باشد. لجن برکه‌های بی‌هوازی و اختیاری را در فواصل زمان کوتاهی نسبت به بقیه برکه‌ها تخلیه می‌نمایند [۶، ۷ و ۱۰].

با توجه به این که پایلوت ISP برای جمعیت ۴۰ نفر طراحی شده است، از روی میزان لجن تولیدی و جمعیت تحت پوشش، سرانه تولید لجن، به تفکیک برکه‌ها، شامل چاله هضم، برکه اختیاری، پربار و تکمیلی به ترتیب ۳۰، ۱۸، ۱۵/۵ و ۱۳ لیتر در سال محاسبه می‌گردد. در کل پایلوت، سرانه تولید لجن ۷۶/۵ لیتر در سال است. مقدار سرانه تولید لجن در برکه‌های تثبیت، با توجه به شرایط آب و هوایی و مشخصات فاضلاب خام و راندمان تصفیه‌خانه، می‌تواند بسیار متفاوت باشد. مقدار آن معمولاً بین ۴۰-۱۰۰ لیتر در سال گزارش شده که رقم حداقل آن مربوط به شرایط آب و هوایی گرم و مقدار حداکثر آن مربوط به مناطق دارای شرایط آب و هوایی سرد است، زیرا هرچه درجه حرارت بیشتر باشد، سرعت تجزیه بیولوژیک مواد آلی نیز بالاتر بوده و در نتیجه میزان تجمع لجن کاهش می‌یابد. از طرف دیگر در فصول سرد سال با توجه به سردی هوا، سرعت تجزیه مواد آلی کاهش یافته در نتیجه تولید لجن بیشتر از فصول گرم سال خواهد بود [۵، ۱۰ و ۱۲].

در جدول ۴، درصد جامدات خشک و دانسیته لجن به تفکیک برکه‌ها ارائه گردیده و نشان می‌دهد که حداکثر درصد جامدات خشک مربوط به برکه اختیاری به میزان ۱۵ درصد و حداقل آن مربوط به لجن چاله هضم به میزان ۱۲/۵ درصد می‌باشد. علاوه بر این دانسیته لجن تولیدی در