

بررسی کیفیت لجن تصفیه خانه فاضلاب شهر سرکان و مقایسه آن با استانداردهای زیست محیطی

جهت استفاده مجدد در سال ۱۳۸۰

حشمت ا... طاهرخانی **(Ph.D.)

مهردی فرزادکیا *(Ph.D.)

چکیده

سابقه و هدف : در حال حاضر عدم پایش کیفی لجن های خروجی از تصفیه خانه های فاضلاب کشور در اغلب موارد موجب راه بایی آنها به صورت خام به طبیعت و بروز مشکلات زیست- محیطی شده است. تصفیه خانه فاضلاب شهر سرکان در استان همدان در شمار تصفیه خانه هایی است که لجن های دفعی آن غالباً بدون هیچ کنترل بهداشتی به عنوان کود برای مصارف کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرد. هدف اصلی این تحقیق، مطالعه کیفی لجن خروجی از تصفیه خانه فاضلاب سرکان و مقایسه آن با استانداردهای زیست- محیطی استفاده مجدد از لجن می باشد. در این راستا مشکلات موجود تصفیه خانه و راه کارهای اصلاحی آن نیز مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

مواد و روش ها : این تحقیق به مدت ۱۲ ماه در طول سال ۱۳۸۰ بر روی لجن های دفعی تصفیه خانه سرکان انجام شد. در این طرح شاخص های تثیت نظیر pH، نسبت جامدات فرار به کل جامدات (VS/TS)، سرعت ویژه جذب اکسیژن (SOUR)، شناورسازی (Flootation)، رنگ و بوی لجن و خصوصیات زیست شناختی لجن شامل تعیین متحمل ترین تعداد کلی فرم (Coliform) و کلی فرم های مدفعی (FC) و شمارش تعداد تخم انگل، ارزیابی و تجزیه و تحلیل شد.

یافته ها : میانگین سالانه پارامترهای VS/TS و SOUR در لجن های دفعی تصفیه خانه به ترتیب برابر $0/73$ و $3/37$ mgO₂/gr.vs.h بود. لجن های خروجی غالباً به رنگ قهوه ای تیره با بوی تufen و دارای pH خنثی بوده که در مدت کوتاهی شناور می شدند. میانگین تراکم کلی فرم مدفعی در گرم جامدات خشک این لجن ها $10^7 \times 8/97$ و میانگین تعداد تخم انگل در چهار گرم جامدات خشک لجن های دفعی در چهار فصل سال، ۵۱ برابر آورد گردید.

استنتاج : لجن های دفعی از این تصفیه خانه، لجن هایی خام و تثیت نشده هستند که کیفیت میکروبی آنها پایین تر از کلاس B مقررات میکروبی USEPA می باشد. بنابراین دفع و یا استفاده مجدد از این لجن ها در کشاورزی، به شدت، سلامت و بهداشت عمومی مردم را به خطر می اندازد. از این رو پایستی تثیت این لجن ها قبل از دفع، مورد تأکید قرار گردید.

واژه های کلیدی : تصفیه فاضلاب شهری، تثیت لجن، دفع و استفاده مجدد لجن

□ مددان: دانشگاه علوم پزشکی همدان، دانشکده بهداشت

* استادیار گروه بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی همدان

** دانشیار گروه انگل شناسی دانشگاه علوم پزشکی همدان

تاریخ دریافت: ۸۲/۱۲/۲ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۸۳/۳/۲۷ تاریخ تصویب: ۸۳/۱۰/۲۳

E mail: mehdi_farzadkia@yahoo.com

مقدمه

در این تحقیق وضعیت ثبیت و کیفیت لجن‌های دفعی از تصفیه خانه فاضلاب سرکان مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. در حال حاضر تنها تصفیه خانه فاضلاب شهری استان همدان در شهر سرکان از توابع شهرستان تویسرکان قرار دارد. این تصفیه خانه در سال ۱۳۶۲ برای جمعیتی معادل ۱۰۰۰۰ نفر احداث شد، اما اکنون جمعیت ۴۵۰۰ نفری این شهر را پوشش می‌دهد. روش تصفیه فاضلاب در این تصفیه خانه، سیستم لجن فعال با هواده‌ی گسترده بوده^(۱) که روش متداول برای تصفیه فاضلاب شهری در اجتماعات کوچک می‌باشد^(۲).

شیوه طراحی این فرایند به گونه‌ای است که در صورت عملکرد بهینه از بازده مطلوبی برای تصفیه فاضلاب و لجن‌های تولیدی برخوردار است^(۳). در زمان این مطالعه، تصفیه خانه مزبور بدون حضوریک گردانده متخصص بهره‌برداری شده و فقد نظارت‌های لازم جهت راهبری بهینه بود. از این‌رو حصول کیفیت بهداشتی برای پس آب و لجن‌های تولیدی در آن بسیار مورد تردید قرار داشت. بررسی اجمالی پس آب‌های خروجی از این تصفیه خانه توسط مهردادی و همکاران در سال ۱۳۷۸ نیز این موضوع را تاییدمی‌نمود^(۴). درخصوص لجن‌های خروجی تصفیه خانه که عمدتاً به عنوان کود در اراضی کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند، تا کنون هیچ تحقیقی انجام نشده است. در صورتی که این لجن‌ها خام و ثبیت نشده باشند، دفع و یا استفاده مجدد از آن‌ها می‌تواند مشکلات بهداشتی زیادی را به دنبال داشته باشد^(۵). براین اساس، هدف از انجام این تحقیق بررسی وضعیت ثبیت و کیفیت میکروبی لجن‌های خروجی از این تصفیه خانه و مقایسه آن با استاندارهای زیست-محیطی استفاده مجدد از لجن می‌باشد. در طول این تحقیق مسایل و مشکلات موجود این تصفیه خانه و راه کارهای اصلاحی آن نیز مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

مدیریت لجن در طرح‌های تصفیه فاضلاب به دو بخش تصفیه و دفع بهداشتی تفکیک می‌گردد. مجموعه اقدامات انجام شده در قالب این دو بخش، زمینه‌های کمینه‌سازی، پالایش، دفع و یا استفاده مجدد از لجن‌ها را فراهم می‌آورد. تصفیه و دفع بهداشتی لجن، همزمان با اجرای طرح‌های تصفیه فاضلاب در اغلب کشورهای پیشرفته نظیر آمریکا و اروپا مورد توجه قرار گرفته^(۶)، حال آن که متاسفانه در اکثر تصفیه خانه‌های کشور ما به این بخش توجه کافی نشده است.

در حال حاضر قدان مدیریت اصولی بر لجن‌های دفعی از تصفیه خانه‌های فاضلاب در کشور موجب شده که در بیشتر موارد این لجن‌ها به صورت خام و ثبیت نشده به محیط راه یافته و خسارات زیادی را بر سلامت انسان و منابع محیط زیست وارد نمایند. آلودگی میکروبی و شیمیایی منابع آب، خاک و محصولات کشاورزی و شیوع بیماری‌های انگلی و مسمومیت‌های شیمیایی از عوارض دفع و یا استفاده غیربهداشتی از فاضلاب خام و یا لجن‌های آن می‌باشد.

مطالعات انجام شده توسط فرزاد کیا و همکاران در سال ۱۳۷۷ بر روی چهار تصفیه خانه فاضلاب در شهر تهران که به روش هواده‌ی گسترده لجن فعال کار می‌کردند، نشان داد که این لجن‌ها در اکثر موارد، خام و ثبیت نشده به محیط دفع می‌شوند^(۷). نتایج تحقیقات دیگر در سال ۱۳۷۹ بر روی لجن‌های دفعی از تصفیه خانه‌های فاضلاب اصفهان توسط تکدستان و همکاران نیز نشان داد که هاضم‌های بی‌هوایی تصفیه خانه شاهین شهر تنها قادر به تامین مقررات کاهش پاتوژن در کلاس B سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) هستند، در صورتی که هاضم‌های بی‌هوایی تصفیه خانه جنوب، هیچیک از معیارهای استفاده مجدد را تامین نمی‌نمایند^(۸).

یافته‌ها

مشاهدات عملی انجام شده در این تصفیه خانه بر روی نمونه‌های لجن دفعی نشان داد که لجن‌های تولیدی این تصفیه‌خانه در اکثر شرایط متعفن با رنگ قهوه‌ای تیره تا کاملاً سیاه بودند و لجن‌های دفعی به جز یک نمونه، در مدت کوتاهی دچار فلواتاسیون یا شناورسازی شدند. میانگین و انحراف معیار نتایج آنالیزهای انجام شده بر روی نمونه‌های لجن دفعی به صورت ماهیانه در قالب چهار فصل از سال ۸۰ در جداول شماره ۱ و ۲ آورده شده است. این نتایج نشان می‌دهد که میانگین سالانه نسبت VS/TS در لجن‌های خروجی تصفیه خانه ۰/۷۳، بوده که این مقدار اختلاف معنی‌داری با مقادیر مجاز در لجن‌های ثبت شده (حداکثر ۰/۰۳) (۷) دارد ($P < 0/003$). میانگین سالانه SOUR در لجن‌های خروجی ۳/۳۷mgO₂/gr.vs.h با مقادیر مجاز در لجن‌های ثبت شده (۲mgO₂/gr.vs.h) (۷) دارد ($P < 0/013$). pH نمونه‌های لجن عمدتاً حدود ۷ بود که پس از مدتی نگهداری در آزمایشگاه به زیر ۷ سقوط می‌کرد. میانگین متحمل‌ترین تعداد کلی فرم مذفووعی در گرم جامدات خشک لجن‌های دفعی در چهار فصل سال ۷×۹۷/۸ بود که این مقدار اختلاف فاحشی با مقرارت کلاس A داشته و نیز اختلاف معنی‌داری با مقادیر کلاس B مقررات USEPA (۸) دارد ($P < 0/0085$). میانگین متحمل‌ترین تعداد تخم انگل در ۴ گرم جامدات خشک لجن‌های دفعی در چهار فصل سال ۲۵۱ بود که این مقدار اختلاف معنی‌داری با مقرارت کلاس A USEPA (۸) دارد ($P < 0/0001$).

مواد و روش‌ها

این تحقیق به مدت ۱۲ ماه از فروردین تا اسفند ماه ۱۳۸۰ بر روی لجن‌های دفعی از تصفیه خانه فاضلاب سرکان انجام شد. در این طرح، لجن از دسته لجن‌های زیست-شناختی (لجن فعال فرآیند هوادهی گسترده) بوده و نمونه‌برداری از آن به صورت لحظه‌ای و با فوائل ماهیانه و از حوض تهشیبی ثانویه انجام گرفت.

جهت تعیین درجه ثبت لجن پارامترهای کل جامدات (T.S)^۱، جامدات فرار (V.S)^۲، سرعت ویژه جذب اکسیژن (SOUR)^۳، pH^۴، رنگ^۵، بو و وضعیت فلواتاسیون یا شناورسازی لجن، مورد مطالعه قرار گرفته و با معیارهای سنجش درجه ثبت، مقایسه شدند.

به منظور مطالعه کیفیت زیست-شناختی لجن‌های دفعی، تعیین شاخص‌های میکروبی تراکم کلی فرم کل (TC)^۶ و کلی فرم‌های مذفووعی (FC)^۷ و نیز شمارش تخم انگل‌ها مشتمل بر آسکاریس، توکسکارا، تربیکوسفال، اکسیور، هیمنولپیس نانا، تیبا و ترماتودها مورد توجه قرار گرفت. چگونگی تحلیل شاخص‌های انتخابی در بررسی درجه ثبت و کیفیت میکروبی لجن به ترتیب در مراجع (۸,۷) به تفضیل درج شده است.

کلیه آزمایش‌های اساس رهنمودهای موجود در کتاب روش‌های استاندارد برای آزمایش‌های آب و فاضلاب (سال ۱۹۹۵)، بخش آزمایش‌های اختصاصی لجن) و در آزمایشگاه بهداشت محیط دانشکده بهداشت انجام گردید (۹). جهت مقایسه شاخص‌های کمی لجن‌های دفعی با مقادیر مجاز آن در مراجع معتبر (۸,۷) از نرم‌افزار SPSS و آزمون آماری T-TEST استفاده شد.

1. Total Solids
2. Volatile Solids
3. Specific Oxygen Uptake Ratio
4. Total Coliform
5. Fecal Coliform

جدول شماره ۱: نتایج آزمایش‌ها بر روی لجن دفعی از تصفیه خانه فاضلاب سرکان در فصول بهار و تابستان ۱۳۸۰

ردیف	شرح	واحد	میانگین	انحراف معیار	تابستان	بهار	میانگین	انحراف معیار	انحراف معیار
۱	TS	%	۰/۹۱	۰/۰۳	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۹۱	۰/۰۴	۰/۰۴
۲	VS/TS	—	۰/۷۳	۰/۰۳	۰/۷۵	۰/۰۴	۰/۷۳	۰/۰۶	۰/۰۶
۳	SOUR	mgO ₂ /gr.vs.h	۳/۰۵	۰/۰۴	۳/۳۷	۰/۰۶	۳/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴
۴	pH	—	۷/۱۳	۰/۱۰	۷/۲۲	۰/۱۰	۷/۱۳	۰/۱۰	۰/۱۰
۵	TC	MPN/gr.ds	۲/۰۳×۱۰ ^{-۸}	۱/۰۹×۱۰ ^{-۸}	۴/۰۷×۱۰ ^{-۸}	۴/۰۷×۱۰ ^{-۸}	۲/۰۳×۱۰ ^{-۸}	۴/۰۷×۱۰ ^{-۸}	۴/۰۷×۱۰ ^{-۸}
۶	FC	MPN/gr.ds	۴/۶۷×۱۰ ^{-۸}	۲/۰۷×۱۰ ^{-۸}	۴×۱۰ ^{-۷}	۴×۱۰ ^{-۷}	۴/۶۷×۱۰ ^{-۸}	۴×۱۰ ^{-۷}	۴×۱۰ ^{-۷}
۷	نخن انگل	OVA/4gr.ds	۲۰۱	۶۶/۷۳	۶۶/۷۳	۶۶/۷۳	۲۰۱	۶۶/۷۳	۶۶/۷۳

جدول شماره ۲: نتایج آزمایش‌ها بر روی لجن دفعی از تصفیه خانه فاضلاب سرکان در فصول پاییز و زمستان ۱۳۸۰

ردیف	شرح	واحد	میانگین	انحراف معیار	زمستان	پاییز	میانگین	انحراف معیار	انحراف معیار
۱	TS	%	۱/۰۶	۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۶۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴
۲	VS/TS	—	۰/۷۵	۰/۰۳	۰/۶۹	۰/۰۴	۰/۷۵	۰/۰۴	۰/۰۴
۳	SOUR	mgO ₂ /gr.vs.h	۳/۰۳	۰/۰۷	۳/۳۴	۰/۰۷	۳/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۷
۴	pH	—	۷/۷۰	۰/۶۱	۷/۰۶	۰/۶۱	۷/۷۰	۰/۶۱	۰/۶۱
۵	TC	MPN/gr.ds	۱/۰۷×۱۰ ^{-۸}	۳/۰۸×۱۰ ^{-۸}	۹/۰۳×۱۰ ^{-۸}	۹/۰۳×۱۰ ^{-۸}	۱/۰۷×۱۰ ^{-۸}	۳/۰۸×۱۰ ^{-۸}	۹/۰۳×۱۰ ^{-۸}
۶	FC	MPN/gr.ds	۵/۰۱۲×۱۰ ^{-۷}	۶/۰۵۶×۱۰ ^{-۷}	۷/۰۱۱×۱۰ ^{-۷}	۷/۰۱۱×۱۰ ^{-۷}	۵/۰۱۲×۱۰ ^{-۷}	۷/۰۱۱×۱۰ ^{-۷}	۷/۰۱۱×۱۰ ^{-۷}
۷	نخن انگل	OVA/4gr.ds	۲۲۲	۱۰/۱۸	۱۱۲	۱۱۲	۲۲۲	۱۰/۱۸	۱۰/۱۸

بحث

جمع‌بندی نتایج آنالیزهای کمی انجام شده و مقایسه آنها با حدود مجاز در لجن‌های ثبت شده حاکی از آن است که، لجن‌های دفعی این تصفیه خانه در شرایط کاری فعلی ثبت نشده هستند. این نتیجه به وسیله مشاهدات کیفی نیز به صورت زیر مورد تایید قرار گرفت:

- رنگ و بو: لجن‌های ثبت شده به روش هوایی دارای رنگ قهوه‌ای روشن و بدون بوی تعفن هستند.^(۱۰) لجن‌های تولیدی این تصفیه خانه در اکثر شرایط متعفن با رنگ قهوه‌ای تیره تا کاملاً سیاه بودند این ویژگی‌ها کاملاً با خصوصیات لجن‌های ثبت شده هوایی در تنافق است.

- فلوتاسیون: بروز این پدیده یکی از علل اصلی انجام فرآیند دنیتریفیکاسیون است که با مصرف نیترات

الف - بررسی وضعیت ثبت لجن‌های دفعی

- نسبت VS/TS : نسبت VS/TS از حدود ۰/۷۵ برای لجن‌های خام تا حدود ۰/۶۰ برای لجن‌های ثبت شده تغییر می‌کند.^(۷) مقایسه میانگین سالانه نسبت VS/TS در لجن‌های خروجی تصفیه‌خانه^(۳/۰۳) موید عدم ثبت لجن در این تصفیه خانه می‌باشد.

- میزان SOUR : میانگین SOUR در لجن‌های ثبت شده هوایی حدود ۲ mgO₂/gr.vs.h می‌باشد.^(۷) وجود میانگین SOUR برابر ۳/۳۷ mgO₂/gr.vs.h باشد.

- تغییرات pH : وجود و یا رسیدن pH به زیر ۷ نشانگر عدم ثبت لجن می‌باشد.^(۱۰,۷) pH نمونه‌های لجن عمدها حدود ۷ بود که پس از مدتی نگهداری در آزمایشگاه به زیر ۷ سقوط می‌کرد.

کلاس هیچ محدودیتی جهت استفاده مجدد و یا محل دفع ندارد.

- مقررات کاهش پاتوژن در کلاس B تنها به شاخص تراکم کلی فرم مدفعی کم تراز 10^1 MPN/g.ds × ۲ محدود می‌گردد و این لجن‌ها برای احیا اراضی نامرغوب و یا کاربرد در جنگل‌ها مناسب هستند.^(۱۳)

- نتایج به دست آمده از آزمایش‌های کلی فرم مدفعی و شمارش تخم انگل‌ها بر روی نمونه‌های لجن در چهار فصل نشان داد که میانگین محتمل ترین تعداد کلی فرم مدفعی در ۴ گرم جامدات خشک لجن‌های خام $10^7 \times 10^8 / ۹۷$ و میانگین محتمل ترین تعداد تخم انگل در چهار گرم جامدات خشک لجن‌های خام ۲۵۱ بود. این مقادیر اختلاف فاحشی با مقررات کلاس A داشته و نیز اختلاف معنی‌داری با مقادیر کلاس B مقررات USEPA دارد. از این رو دفع یا استفاده مجدد از این لجن‌ها به هر شکل مغایر با اصول حفاظت محیط زیست بوده و مخاطرات بهداشتی زیادی را در پی دارد.

نتایج تحقیقات فرزادکیا و همکاران در سال ۱۳۷۷ بر روی تعدادی از تصفیه خانه‌های فاضلاب شهر تهران نیز نشان داد که تصفیه خانه‌های شوش و صاحبقرانی همانند تصفیه خانه سرکان قادر به تامین استانداردهای زیست-محیطی استفاده مجدد از لجن نیستند، اما تصفیه خانه‌های قیطریه و اکباتان توانستند استاندارد کلاس B مقررات USEPA را تامین کنند.^(۲)

ج- مسائل و مشکلات موجود در تصفیه خانه
- عدم وجود کارکنان متخصص و برنامه‌برداری و نگهداری مطلوب از واحدهای تصفیه خانه
- راهبری نامطلوب واحدهای تصفیه خانه، نظیر خاموش کردن هواده‌ها و یا از مدار خارج کردن بعضی از واحدها
- فرسودگی و از کارافتادگی برخی از تاسیسات و تجهیزات نظیر پمپ‌ها و هواده‌ها

و تبدیل آن به نیتریت و در نهایت گاز ازت همراه می‌باشد. این پدیده که در شرایط انوکسیک ظهور می‌کند نشان دهنده وجود ترکیبات آلی اکسید شده در لجن و عدم ثبت آن در شرایط کاری تصفیه خانه می‌باشد.^(۱۱،۱۷) لجن‌های مورد آزمایش به جز یک نمونه در مدت کوتاهی دچار فلوتاسیون یا شناورسازی شدند.

نتایج تحقیقات تکدستان و همکاران در سال ۱۳۷۹ نیز نشان داد که لجن‌های دفعی از تصفیه خانه‌های فاضلاب جنوب اصفهان همانند تصفیه خانه مورد مطالعه خام و ثبت نشده هستند، اما لجن‌های خروجی از تصفیه خانه شاهین شهر از شرایط بهتری برخوردار هستند.^(۳)

ب- ارزیابی قابلیت دفع و استفاده مجدد لجن‌های دفعی در حال حاضر هیچگونه استاندارد و مقررات خاصی از طرف سازمان حفاظت محیط زیست کشور برای دفع و استفاده مجدد از لجن‌های خروجی از تصفیه خانه‌های فاضلاب ارائه نشده است.^(۱۲) از این رو جهت بررسی قابلیت دفع و استفاده مجدد از این لجن‌ها بایستی استانداردهای معتبر سایر کشورها نظری استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا USEPA را مورد توجه قرار داد.^(۱۴،۱۳)

این سازمان، لجن‌های فاضلاب را براساس شاخص‌های میکروبی آنها نظیر تراکم کلی فرم مدفعی، ویروس‌ها و تخم انگل‌ها به دو کلاس A و B تقسیم کرده و استفاده مجدد از هر یک از این کلاس‌ها را برای مصارف خاصی مجاز می‌داند.

- در مقررات کاهش پاتوژن در کلاس A کنترل و تقلیل کلی فرم مدفعی، سالمونلا، تخم انگل و ویروس‌ها تا حدود مجاز ضروری است. در این کلاس تراکم کلی فرم مدفعی کم تراز ds¹, ۱,۰۰۰ MPN/g.ds، تراکم سالمونلا کم تراز ds³, تراکم ویروس‌های روده‌ای PFU/4g.ds¹ و تراکم تخم انگل کم تراز OVA/4g.ds¹ تعیین شده است. لجن فاضلاب در این

- جهت استفاده مجدد از لجن در زمینه های کشاورزی، توجه به مقررات کاهش پاتوژن از ضروریات است. لذا مسؤولین تصفیه خانه ها باید در جهت شناخت و اجرای دقیق این استانداردها و معیارها نهایت سعی خود را مبذول دارند(۱).

سپاسگزاری

از همکاری بی دریغ جناب آقای دکتر حسین محجوب دانشیار محترم گروه آمار حیاتی و سرکار خانم فراست حبیبی کارشناس محترم گروه انگل شناسی دانشگاه علوم پزشکی همدان در انجام این تحقیق، صمیمانه تشکر می شود.

- عدم وجود بستر های لجن خشک کن به تعداد کافی
- عدم انجام آزمایش های معمول جهت شناسایی کیفیت پس آب و لجن های خروجی از تصفیه خانه
- ارائه راه کارهای اصلاحی.
- عدم کاربرد این لجن ها به عنوان کود در اراضی کشاورزی به خصوص در مزارع سبزی کاری
- تا رسیدن به شرایط مطلوب در این تصفیه خانه، می توان استفاده از فرآیندهای ساده و ارزان ثبت لجن نظیر روش آهک زنی را مورد مطالعه قرار داد(۱۵).
- ایجاد شرایط مناسب جهت راهبری بهینه و احدهای مختلف تصفیه فاضلاب

فهرست منابع

1. Lue-Hing C, Zenz DR, Tata P. *Municipal Sewage Sludge Management a Reference Text on Processing, Utilization and Disposal*. Lancaster:Technomic Publishing Company; 1998.
2. فرزاد کیا مهدی. بررسی وضعیت ثبت و قابلیت استفاده مجدد لجن در چهار تصفیه خانه کوچک فاضلاب شهر تهران. مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی همدان، ۱۳۸۱؛ شماره ۲: صفحات ۶۲-۵۰
3. تکستان افشن، موحدیان عطار حسین، بینا بیژن. بررسی شاخص های بهداشتی لجن هضم شده تصفیه خانه های فاضلاب اصفهان و مقایسه آنها با استانداردهای زیست - محیطی برای استفاده مجدد. مجله آب و فاضلاب، ۱۳۷۹؛ شماره ۳۶: صفحات ۴۷-۲۵
4. مهردادی ناصر، قارداشی علی. بررسی عملکرد تصفیه تصفیه خانه فاضلاب شهر سرکان. مجله آب و فاضلاب، ۱۳۷۹؛ شماره ۳۴: صفحات ۴۳-۴۷
5. Crites R.Tchobanoglous G. *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. New York: McGraw Hill; 1998.
6. Wegner G. The Benefits of Biosolids from a Farmers Perspective. Proceedings, The Future Direction of Municipal Sludge Management. *WEF Specialty Conference Portland*: 1992; pp. 39-44.
7. Bruce AM. Sewage Sludge Stabilization and Disinfection. hichester:Water Research Center/Ellis Horwood Limited; 1984.
8. U.S. Environmental Protection Agency. Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage sludge. *EPA 625/R-92-013*; Revised October 1999.
9. APHA, AWWA,WPCF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19th ed. Washington DC:APHA NW;1995.



10. Metcalf and Eddy. *Wastewater Engineering; Treatment, Disposal, Reuse*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 2003.
11. Nelson KL, Cisneros BJ, Tchobanoglous G, Darby JL. Sludge accumulation, characteristics and pathogen inactivation in four primary waste stabilization ponds in central Mexico. *Water Research*. 2004; 38(1): 111-127.
۱۲. فرزادکیا مهدی. معیارهای بهداشتی استفاده مجدد از لجن فاضلاب شهری در زمین. *مجله آب و محیط زیست*, ۱۳۷۸؛ شماره ۳۴: صفحات ۳۳-۳۸.
13. U.S. Environmental Protection Agency. Process Design Manual-Land Application of Sewage Sludge and Domestic Septage. *EPA/625/R-95/001*; 1995.
14. U.S. Environmental Protection Agency. 40 CFR Part 257. Standards for the use and disposal of sewage sludge; final rules. *Federal Reg* 1993; 58(32): 9248.
15. U.S. Environmental Protection Agency. Biosolids Technology.Fact sheet:Alkaline Stabilization of Biosolids. *EPA/832-F-00-052*; 2000.