

ضوابط و استانداردهای زیست محیطی تخلیه، جمع آوری،  
انتقال، تصفیه و امحای انواع لجنهای فاضلاب

۱۳۹۶

# ضوابط و استانداردهای زیست محیطی تخلیه، جمع آوری، انتقال، تصفیه و امحای انواع لجنهای فاضلاب

در راستای تحقق اهداف مصوبه ۶۲۴۰۷/ت ۴۹۱۴۱ ه مورخ ۹۳/۶/۴ هیأت محترم وزیران و به استناد تبصره ذیل ماده ۵ آیین نامه جلوگیری از آلودگی آب، ضوابط اجرایی مدیریت زیست محیطی جمع آوری، انتقال، تخلیه، تصفیه و امحای انواع لجنهای فاضلاب در ۱۵ ماده و ۳ پیوست، در تاریخ ۹۵/۷/۲۷ توسط نمایندگان سازمانها و ارگانهای ذیربط مشتمل بر سازمان حفاظت محیط زیست، وزارت نیرو، وزارت کشور، وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی، وزارت صنعت، معدن و تجارت و وزارت جهاد کشاورزی به تصویب رسید.

## مقدمه:

لجن فاضلاب به طور معمول حاوی غلظت بسیار بالایی از آلاینده‌های آلی و معدنی، میکروبهای بیماری‌زا، فلزات سنگین و مواد آلی سمی می باشد که تخلیه آنها به محیط زیست خطرات زیادی را برای انسان و محیط زیست بدنبال دارد. از سوی دیگر به دلیل دارا بودن مقادیر قابل توجهی از ترکیبات آلی و عناصر غذایی استفاده از لجن فاضلاب به عنوان یک کود ارزان قیمت در اراضی کشاورزی کشور رواج یافته است. از سوی دیگر با توجه به ابهامات موضوع بند ب ماده ۲ قانون مدیریت پسماندها و تبصره ۴ از همان ماده و روشن نبودن وضعیت مدیریت دفع اصولی لجن فاضلابها، لزوم تهیه و تدوین ضوابط، معیارها و استانداردهای مربوط به تخلیه، جمع آوری، انتقال، کاربری و دفع لجن از اهمیت ویژه و خاصی برخوردار می باشد.

در این راستا و به استناد ماده ۵ آیین نامه جلوگیری از آلودگی آب و مواد ۱۸۸ و ۲۱۵ قانون برنامه پنجم توسعه کشور ضوابط و استانداردهای عناصر و آلاینده های انواع لجن فاضلاب و همچنین چگونگی دفع و نقل و انتقال لجن تهیه گردید.

## اهداف:

هدف از تهیه و اجرای ضوابط و استانداردهای این مجموعه به شرح ذیل می باشد:

## هدف اصلی:

حفظ سلامت عمومی و محیط زیست در مقابل اثرات نامطلوب لجن حاصل از فاضلاب

## اهداف ویژه:

- اطمینان از مدیریت اجرایی مناسب و ضابطه مند لجن حاصل از فاضلاب
- ایجاد روبه ای مناسب و ضابطه مند برای تولید، حمل، نگهداری، تصفیه، امحاء و دفع لجن حاصل از فاضلاب
- ارائه استانداردهای مختلف مطابق با الگوی به کارگیری لجن حاصل از فاضلاب با لجن تصفیه شده

## اهداف کاربردی:

استفاده از نتایج این ضوابط بعنوان استاندارد عناصر و آلاینده های انواع لجن تصفیه شده فاضلاب و چگونگی تخلیه، جمع آوری و انتقال آنها بعنوان استانداردهای مورد استفاده توسط سازمان حفاظت محیط زیست، وزارت بهداشت، شهرداری ها، صاحبان صنایع و تولیدکنندگان.

## فصل اول: تعاریف و اصطلاحات

ماده ۱: عبارات و اصطلاحاتی که در این ضوابط و استانداردها بکار رفته دارای معانی زیر می باشد:

۱- لجن فاضلاب: "لجن فاضلاب" به باقیمانده جامد یا نیمه جامد (رطوبت بیشتر از ۷۰٪) تصفیه نشده ای، که در اثر تصفیه فاضلابهای شهری و روستایی، صنعتی، باقیمانده ناشی از تمیز سازی شبکه فاضلاب، سپتیک تانک ها و چاههای جذبی و فرایندهای تصفیه و مانند آن، تولید شده و معیارهای مربوط به مواد زائد خطرناک را نداشته باشند اطلاق میگردد (Rhodeisland, ۲۰۱۱).

تبصره: با توجه به اینکه مواد زائدی نظیر دانه، شن، ماسه و یا آشغال جمع آوری شده از تاسیساتی نظیر آشغالگیر معمولاً دارای رطوبت کمتر از ۷۰ درصد می باشند، لذا در زمره لجن فاضلاب طبقه بندی نشده و همراه مواد زائد جامد شهری طبق قانون پسماندها مدیریت می گردند.

۲- لجن فاضلاب شهری: به لجن حاصل از تصفیه فاضلاب با منشاء خانگی، مراکز تجاری، "لجن فاضلاب شهری" اطلاق می گردد.

۳- لجن فاضلاب صنعتی: لجن حاصل از فرایندهای تولید و یا تصفیه فاضلاب صنعتی به عنوان "لجن فاضلاب صنعتی" اطلاق میگردد.

۴- لجن ویژه: لجن ویژه، لجن فاضلابی است که حداقل یکی از خصوصیات خطرناک شامل سمیت، بیماری زایی، قابلیت انفجار یا اشتعال، خوردگی و مشابه آن را دارا باشد. تبصره: در صورت مخلوط شدن دو یا چند نوع لجن با همدیگر، برای تشخیص لجنهای عادی یا ویژه، کیفیت لجن جدید ملاک عمل خواهد بود.

۴- لجن تصفیه شده: عبارت است از لجن حاوی مواد آلی و غیر آلی غنی از مواد مغذی تولید شده حاصل از فرایندهای تصفیه لجن فاضلاب اعم از "لجن فاضلاب شهری" و یا "لجن فاضلاب صنعتی" که شاخصها و عناصر آلایندهی آن کمتر از حدود پیش بینی شده در این استاندارد باشد.

۵- مدیریت اجرایی: شخصیت حقیقی یا حقوقی است که مسئول برنامه ریزی، ساماندهی، مراقبت و عملیات اجرایی مربوط به جمع آوری، حمل و نقل، ذخیره سازی، تصفیه، پردازش و دفع بهداشتی لجنهای فاضلاب می باشد.

## فصل دوم: مدیریت

ماده ۲: به منظور مدیریت صحیح و نظارت بر نحوه تخلیه، جمع آوری و انتقال، تصفیه و امحای لجنهای فاضلاب در استانها، کمیته های متناظر استانی مشتمل بر نمایندگان ارگانهای ذیربط در کلیه استانها با شرح وظایف ذیل تشکیل می گردد.

– شناسائی و انتخاب محل مناسب کارشناسی شده جهت نگهداری موقت، تصفیه و امحای لجنهای مذکور بر اساس روشهای مناسب و متناسب تصفیه و امکانپذیری استفاده مجدد لجنهای تصفیه شده بعنوان کودهای کشاورزی حسب مورد

– برآورد کمی و کیفی حجم لجن انتقالی بصورت روزانه، و یا ماهانه به منظور برآورد میزان زمین مورد نیاز جهت نگهداری موقت، تصفیه و امحای لجنهای مذکور بر اساس روشهای مناسب و متناسب تصفیه و امکانپذیری استفاده مجدد لجنهای تصفیه شده بعنوان کودهای کشاورزی

– برآورد هزینه های منطقی بر اساس فاکتورهای شاخص هزینه ای در استان و عنداللزوم به تفکیک شهرهای مختلف

– مستند سازی جهت تعیین میزان/ مقدار لجنهای حاصل از چاههای جاذب ورودی به سایتهای پیشبینی شده و یا تعیین میزان/ مقدار لجنهای تصفیه شده خروجی قابل استفاده بعنوان کودهای کشاورزی و بازرسی های مرتب دوره ای جهت کنترل نشتی و یا هر مسأله دیگری

تبصره: به منظور مدیریت صحیح و نظارت بر نحوه تخلیه، جمع آوری و انتقال لجنهای حاصل از چاههای جاذب در استانها از طریق کمیسیون تبصره ذیل ماده ۵ آئین نامه جلوگیری از آلودگی آب در این خصوص دستورالعملهای لازم به زیر کمیته های استانی اعلام می گردد.

## فصل سوم: ضوابط و استانداردها

ماده ۳: ضوابط و استانداردهای عمومی مندرج در این مجموعه منحصرًا مربوط به "لجن فاضلاب (شهری و یا صنعتی)" بوده که رطوبت آنها زیاد (هفتاد درصد یا بیشتر) می باشد.

- تبصره: لجن‌های ویژه، به استناد بند ۳ قسمت ب ماده ۲ قانون مدیریت پسماند نیاز به مدیریت خاص داشته و در زمره پسماندهای ویژه تلقی شده و بایستی مشابه ضوابط و مقررات قانون مدیریت پسماندها در مورد آنها عمل شود.

ماده ۴: به منظور کاهش عوامل پاتوژن و سایر عوامل آلاینده موجود در لجن و ایجاد اطمینان از بی خطر بودن لجن با توجه به نوع استفاده، لازم است که مورد تصفیه قرار گیرد (EC, ۲۰۰۰). (پیوست شماره ۱)

ماده ۵: لجن سپتیک تانک، چاه فاضلاب و تاسیسات مشابه باید طبق ضوابط مربوط به تخلیه، جمع آوری و انتقال لجن فاضلاب مندرج در ماده ۲ برای تصفیه، به سایت مجاز انتقال یابند. با توجه به بار آلودگی بسیار بالای لجنهای چاههای جذبی در مقایسه با فاضلاب شهری، تخلیه این نوع لجنها به سیستم های تصفیه فاضلاب شهری فاقد توجیه علمی و منطقی بوده و ممنوع می باشد. بدین منظور ضروری است سیستم های تصفیه لجن، مناسب و متناسب با بار آلودگی کمی و کیفی شهرهای مختلف طراحی، اجرا و بهره برداری گردد.

ماده ۶: به منظور مدیریت صحیح و نظارت بر نحوه تخلیه، جمع آوری و انتقال لجنهای حاصل از چاههای جاذب ساختاری تحت عنوان اتحادیه با نظارت وزارت نیرو تشکیل می گردد.

ماده ۷: هزینه خدمات جمع آوری، انتقال، تصفیه و دفع انواع لجن بر عهده تولید کننده می باشد. وزارت نیرو نسبت به محاسبه و اخذ هزینه ها از تولیدکننده ها اقدام خواهد نمود.

ماده ۸: جهت تخلیه، جمع آوری و انتقال لجن فاضلاب اعم از لجن حاصل از تصفیه فاضلاب شهری و صنعتی و یا لجن تصفیه شده (شهری یا صنعتی) که شرایط مواد زائد خطرناک را نداشته باشد به محل دفع، رعایت موارد زیر الزامی است:

۱. تانکرهای حمل انواع لجن بایستی مجوز لازم برای حمل و نقل را از وزارت نیرو اخذ نمایند.
۲. تانکرهایی که برای جمع آوری و حمل لجن استفاده می شوند بایستی کاملاً ایزوله و آب بند باشند. حمل لجن در تانکرهای رو باز اکیداً ممنوع است.
۳. نصب علائم هشدار دهنده و همچنین مشخص کننده لجن بر روی تانکرهای حمل ضروری است.
۴. هر تانکر که برای حمل لجن استفاده می شود بایستی دارای برنامه ای باشد که در آن نوع، محل بارگیری، زمان بارگیری و محل تخلیه مجاز لجن و غیره در آن مشخص شده باشد.
۵. عبور و مرور تانکرهای لجن در ساعات مختلف شبانه روز در داخل شهرها، مناطق مسکونی و یا جاده ها تابع ضوابط ترافیکی منطقه بوده و باید در ساعات مجاز انجام گیرد.

۶. افرادی که به هر نحو در معرض تماس با لجن های مذکور قرار می گیرند بایستی مجهز به وسایل ایمنی فردی شامل دستکش، لباس یکسره و کفش غیر قابل نفوذ و ماسک جهت جلوگیری از هر گونه تماس و استنشاق باشند.

۷. استفاده از تانکرهای ویژه حمل لجن در سایر کاربریها (حمل آب، مواد نفتی و...) ممنوع می باشد. هر گونه تخلف در این خصوص مشمول مجازاتهای پیش بینی شده در قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست می باشد.

۸. رعایت ضوابط بهداشتی و زیست محیطی در محل نگهداری تانکرهای مربوطه الزامی می باشد.

- تبصره: چنانچه لجن دارای ویژگیهای مواد زائد خطرناک باشد، حمل و نقل آن مشمول آئین نامه اجرایی حمل و نقل جاده ای مواد خطرناک ( موضوع تصویب نامه شماره ۴۴۸۷۰/ت/۲۹۰۲۹ مورخ ۱۳۸۰/۱۲/۷ و اصلاحیه شماره ۱۴۷۲۷۲/ت/۴۲۷۲۰ ک مورخ ۱۳۸۸/۷/۲۵ هیأت وزیران ) خواهد بود.

- تبصره: در شهرهایی که با توسعه کمی و کیفی شبکه جمع آوری و تصفیه فاضلاب شهری، رفع معضل تصفیه لجن چاههای جذبی امکان پذیر باشد، اولویت با توسعه شبکه و سیستم تصفیه فاضلاب شهری و روستایی خواهد بود.

ماده ۹: مدیریت های اجرایی موظفند بر اساس معیارها و ضوابط وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی ترتیبی اتخاذ نمایند تا سلامت، بهداشت و ایمنی عوامل اجرایی تحت نظارت آنها تأمین و تضمین شود.

ماده ۱۰: برای استفاده از لجن تصفیه شده در اراضی کشاورزی رعایت محدودیت های مکانی و دسترسی به حد مجاز استانداردهای مورد عمل، الزامی و اجتناب ناپذیر خواهد بود. ( پیوست شماره ۲ )

ماده ۱۱: ضوابط و استانداردهای مربوط به دفن لجن تصفیه شده اعم از شهری و صنعتی که کاربری خاصی ندارند، مطابق ضوابط زیست محیطی محل های دفع پسماندهای عادی ( موضوع بخشنامه شماره ۸۹/۴۶۱۷۰ مورخ ۱۳۸۹/۱۱/۳۰ سازمان حفاظت محیط زیست ) می باشد.

- تبصره: در صورتیکه دفن لجن در محلهای دفن بدون آستر کشی انجام شود حدود مجاز فلزات سنگین در خاک پیرامون نبایستی از حدود مجاز تعیین شده تجاوز نماید. ( پیوست شماره ۲- جدول ۵ )

ماده ۱۲: در مواردی که لجن حاصل از " تصفیه لجن " سوزانده می شود موارد زیر بایستی رعایت گردد:

الف- در داخل شهرها:

❖ بطور کلی نصب هرگونه لجن سوز اعم از متمرکز و غیر متمرکز در شهرها ممنوع است و در صورتیکه مواردی از قبل وجود داشته باشد بایستی طی یک برنامه زمانی دوساله به خارج از شهر و محل مورد تأیید سازمان حفاظت محیط زیست انتقال یابد.

ب- در خارج از محدوده شهرها:

❖ محل نصب لجن سوز بایستی به تأیید سازمان حفاظت محیط زیست برسد.  
- تبصره: رعایت استانداردهای مربوط به آلاینده های خروجی لجن سوزها الزامی می باشد. (پیوست شماره ۲- جداول ۱۰-۶)

ماده ۱۳: جهت استفاده از لجن به عنوان کمپوست رعایت استانداردهای مورد عمل الزامی می باشد. (پیوست شماره ۲- جداول ۱۱-۱۲)

ماده ۱۴: رعایت الزامات قانونی و استانداردهای ملی و بین المللی ، حسب مورد، در کلیه مراحل نمونه برداری و آنالیز از لجنهای حاصل از چاههای جاذب ضروری است. (پیوست شماره ۳)

تبصره: نمونه برداری و نتایج آنالیز در صورتی قابل استناد خواهد بود که توسط آزمایشگاههای دستگاههای ناظر و یا آزمایشگاههای معتمد سازمان حفاظت محیط زیست انجام شود.

ماده ۱۵: نظارت بر رعایت ضوابط و استانداردهای موضوع این مجموعه حسب مورد بر عهده سازمان حفاظت محیط زیست و وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی میباشد.

## پیوست‌ها

### پیوست شماره ۱

### روشهای تصفیه لجن

لجن فاضلاب باید قبل از هر نوع کاربری به یکی از روشهای زیر و یا سایر روشهای موجود مورد تصفیه قرار گیرد.

#### الف) روش های تصفیه متداول

- تثبیت هوازی ترموفیلیک در دمای حداقل  $55^{\circ}\text{C}$  با متوسط زمان ماند ۲۰ روز
- هضم هوازی ترموفیلیک در دمای حداقل  $53^{\circ}\text{C}$  با متوسط زمان ماند ۲۰ روز
- آمایش آهکی با ترکیب هموزن آهک و لجن. PH ترکیب باید مستقیماً پس از آهک زدن به بالای ۱۲ برسد و برای ۲۴ ساعت در این PH نگه داشته شود.
- هضم بی هوازی مزوفیلیک در دمای  $35^{\circ}\text{C}$  با متوسط زمان ماند ۱۵ روز
- طی تصفیه ی لجن باید حداقل ۲ لگاریتم کاهش در اشربیشیای کلی حاصل شود.

#### ب) روشهای تصفیه پیشرفته

- انجام خشک کردن گرمایی که دمای ذرات لجن به بیش از  $80^{\circ}\text{C}$  با کاهش مقدار رطوبت ، به کمتر از ۱۰ درصد و نگه داشتن فعالیت آبی بالای ۰/۹ در ساعت اول تصفیه
- تثبیت هوازی ترموفیلیک در دمای حداقل  $55^{\circ}\text{C}$  برای ۲۰ ساعت بصورت منقطع بدون همزدن در حین تصفیه
- هضم بی هوازی ترموفیلیک در دمای حداقل  $53^{\circ}\text{C}$  برای ۲۰ ساعت بصورت منقطع بدون همزدن در حین تصفیه
- تصفیه گرمایی لجن مایع برای حداقل ۳۰ دقیقه در  $70^{\circ}\text{C}$  به دنبال هضم بی هوازی مزوفیلیک در دمای  $35^{\circ}\text{C}$  با متوسط زمان ماند ۱۲ روز

- آمایش با آهک برای رسیدن به pH ۱۲ یا بیشتر و نگه داشتن دما در حداقل ۵۵ °C برای ۲ ساعت
- آمایش با آهک برای رسیدن و نگه داشتن pH در ۱۲ یا بیشتر برای ۳ ماه

## پیوست شماره ۲

### الزامات و استانداردهای مربوط به استفاده در کشاورزی، دفن و سوزاندن لجن

#### الف - استفاده در کشاورزی:

- ۱- حداقل فاصله‌ی بین زمین انتخاب شده و مناطق مسکونی، مراکز آموزشی، درمانی، تجاری و... باید ۵۰۰ متر باشد (Saskatchewan, ۲۰۰۴).
- \* ۲- برای آبیاری غرقابی، حداقل فاصله‌ی بین زمین انتخابی با رودخانه‌ها و آبهای سطحی ۱۵۰ متر و با چاهها و قنوات ۱۰۰ متر باشد و برای آبیاری قطره‌ای، حداقل فاصله‌ی بین زمین انتخابی با منابع آب ۱۰ متر باشد (EPA, ۱۹۹۳a)
- ۳- استانداردهای مربوط به استفاده از لجن تصفیه شده شهری و یا صنعتی در زمین‌های کشاورزی به شرح زیر است:
- ۴- مقدار فلزات سنگین در لجنی که در زمین کشاورزی استفاده می‌شود نباید از حدود مجاز جدول ۱ تجاوز کند.

جدول ۱: میزان مجاز فلزات سنگین در لجن مورد استفاده در کشاورزی

عنصر	حدود مجاز (mg/kg DM) <sup>۱</sup>	میزان بار سالیانه (kg/ha.۳۶۵ day) <sup>۲</sup>
کادمیوم	۸۵	۱/۹
کروم	۳۰۰۰	۱۵۰
مس	۴۳۰۰	۷۵
جیوه	۵۷	۰/۱۸۵
نیکل	۴۲۰	۲۱
سرب	۸۴۰	۱۵
روی	۷۵۰۰	۱۴۰
آرسنیک	۷۵	۲
سلنیوم	۱۰۰	۵

Source: EPA ۱۹۹۳. Land application of biosolids,  
U.S.EPA Guide to the part ۵۰۳ Rule

۱- مقدار فلزات سنگین (بر حسب میلی گرم) موجود در یک کیلو گرم لجن خشک یا Dry Materials  
۲- کیلو گرم لجن خشک در هکتار در ۳۶۵ روز

۵- مقدار هریک از آلاینده های آلی پایدار موجود در لجن مورد استفاده در زمین کشاورزی نباید از حدود مجاز جدول ۲ تجاوز کند.

جدول ۲ - حداکثر حدود مجاز برای ترکیبات آلی و سایر آلاینده ها در لجن مورد استفاده در زمین کشاورزی

غلظت mg/kg لجن خشک	آلاینده
۰/۲۰۲	آلدین
۲/۵۳	بنزوآلفا پیرین
۳/۵	کلردان
۰/۳۵	DDT
۰/۳۰۳	دلدرین
۲/۹	دی متیل نیترو سامین
۰/۳۵	هپتاکلر
۱۶/۲	HCB <sup>۱</sup>
۱	PCB <sup>۲</sup>
۲۰۲۰	تری کلرواتیلن

Source: Water Research Commission, ۱۹۹۷. Permissible Utilisation and Disposal of Sewage Sludge, Department of Agriculture, Republic of South Africa.

۶- مقدار فلزات سنگین خاک در زمین کشاورزی که لجن در آن استفاده می شود نباید از حدود تعیین شده در جدول ۳ بیشتر باشد.

<sup>۱</sup> - هگزا کلرو بنزن

<sup>۲</sup> - ترکیبات پلی کلرینه بی فنیل ها

جدول ۳: حدود مجاز برای غلظت فلزات سنگین در خاک بر حسب میلی گرم در کیلوگرم خاک خشک (mg/kg DM) قبل از استفاده از لجن در PH های مختلف

عنصر خاک	PH		
	$PH \geq 7$	$6 \leq PH < 7$	$5 \leq PH < 6$
کادمیوم	۱/۵	۱	۰/۵
کروم	۱۰۰	۶۰	۳۰
مس	۱۰۰	۵۰	۲۰
جیوه	۱	۰/۵	۰/۱
نیکل	۷۰	۵۰	۱۵
سرب	۱۰۰	۷۰	۷۰
روی	۲۰۰	۱۵۰	۶۰
آرسنیک	۱۲	۱۲	۱۲
سلنیوم	۱	۱	۱

Source: European Commission, ۲۰۰۰. working Document on Sludge. EC (ENV.E.۳/LM), Brussels.

۷- حداکثر مجاز میزان آلودگیهای میکروبی لجن های تصفیه شده جهت استفاده در کشاورزی به شرح زیر می باشد:

میانگین دانسیته کلیفرم مدفوعی بعنوان شاخص برای همه باکتری ها و ویروسها تعیین میگردد : میانگین دانسیته کلیفرم هفت نمونه از لجن تصفیه شده قبل از استفاده و یا دفع، در " کوتاه مدت " بایستی کمتر از ۲ میلیون  $CFU^1$  یا ۲ میلیون  $MPN^2$  در هر گرم جامدات بیولوژیکی (بر پایه وزن خشک) باشد (EPA, ۱۹۹۳a).

تبصره: منظور از "کوتاه مدت" این است که نمونه های لجن بایستی طی دو هفته قبل از استفاده و یا دفع لجن برداشت شده باشد.

۸- معیار های مربوط به کنترل حشرات در لجن تصفیه شده قبل از استفاده برای کشاورزی به شرح زیر است (EPA, ۱۹۹۳a):

برای کاهش جذب ناقلین یکی از گزینه های زیر میتواند مناسب باشد:

<sup>1</sup>- Colony Forming Unit (CFU) : واحد تشکیل کلنی

<sup>2</sup>- Most Probable Number (MPN) : حداکثر تعداد محتمل

- ۱- کاهش میزان جامدات فرار به حداقل ۳۸ درصد
- ۲- کاهش مقدار رطوبت لجن با جامدات تثبیت شده به حداقل ۷۵ درصد جامدات
- ۳- کاهش جذب ناقلین با هضم بی هوازی اضافی در یک واحد آزمایشگاهی
- ۴- کاهش جذب ناقلین با هضم هوازی اضافی در یک واحد آزمایشگاهی
- ۵- مناسب بودن میزان جذب اکسیژن برای جامدات تصفیه شده بصورت هوازی
- ۶- استفاده از فرآیند هوازی بالاتر از ۴۰ درجه سانتی گراد برای ۱۴ روز یا بیشتر در طی کمپوست سازی
- ۷- اضافه کردن مواد قلیایی برای افزایش PH تحت شرایط خاص
- ۸- تزریق لجن به زیر سطح خاک در یک زمان تعیین شده بسته به سطح تصفیه پاتوژنی
- ۹- مخلوط کردن جامدات بکار برده شده یا قرار داده شده در سطح زمین با خاک در دوره ی زمانی مشخص

۹- محدودیت استفاده از لجن تصفیه شده در کشاورزی در ارتباط با برداشت محصول، چرای دام و دسترسی عمومی به شرح زیر می باشد (EPA, ۱۹۹۳a):

۱. استفاده از لجن برای محصولاتی که بخش خوراکی آن با سطح خاک در تماس است (سبزیجات، صیفی جات، سیب زمینی، پیاز) ممنوع می باشد.
۲. برای محصولات غذایی که بخش خوردنی آن با سطح خاک تماس ندارد (مانند سیب، پرتقال) تا ۳۰ روز پس از استفاده از لجن نباید برداشت شود.
۳. استفاده از لجن در فضای سبز پارکها، زمینهای چمن و کلیه اماکنی که دسترسی مستقیم عموم وجود دارد ممنوع می باشد.
۴. استفاده از لجن برای گیاهان صنعتی، درختان داخل و خارج شهر، فضای سبز محوطه های صنعتی، پارکهای جنگلی، پادگانها و کلیه اماکنی که امکان دسترسی عموم وجود ندارد بلا مانع می باشد.
۵. چرای حیوانات تا ۳۰ روز پس از استفاده لجن روی زمین مربوطه ممنوع می باشد.
۶. استفاده از علائم هشدار دهنده در زمینهایی که از اینگونه لجنها استفاده می شود الزامی است.

۱۰- فراوانی پایش برای فلزات سنگین، پاتوژنها و نیازمندیهای کاهش جذب ناقلین لجن مورد استفاده در زمین کشاورزی مطابق جدول ۴ براساس میزان تن لجن استفاده شده می باشد.

جدول ۴- فراوانی پایش برای فلزات سنگین ، پاتوژنها و نیازمندیهای کاهش جذب ناقلین لجن  
مورد استفاده در زمین کشاورزی

فراوانی	مقدار لجن (تن، واحد انگلیسی)		مقدار لجن (تن در سال، واحد متریک)
	متوسط در روز	متوسط در سال	
یکبار در سال	۰-۳۲۰	۰-۰/۸۵	۰-۲۹۰
چهار بار در سال	۳۲۰-۱۶۵۰	۰/۸۵-۴/۵	۲۹۰-۱۵۰۰
شش بار در سال	۱۶۵۰-۱۶۵۰۰	۴/۵- ۴۵	۱۵۰۰-۱۵۰۰۰
دوازده بار در سال	$\geq 16500$	$\geq 45$	$\geq 15000$

Source: EPA ۱۹۹۳. Land application of biosolids, U.S.EPA Guide to the part ۵۰۳ Rule.

ب- دفن لجن:

جدول ۵ - حدود مجاز فلزات سنگین برای خاک در محل دفن

عناصر	مقدار کل در زمان شروع mg/kg میلی گرم در کیلوگرم خاک	حداکثر سطح مجاز mg/kg
آرسنیک	۲	۲۰
کادمیوم	۳	۵
کروم	۳۵۰	۴۵۰
مس	۱۲۰	۳۷۵
سرب	۱۰۰	۱۵۰
جیوه	۱	۹
نیکل	۱۵۰	۲۰۰
روی	۲۰۰	۷۰۰

Source: Snyman, H G & Herselman, J E ۲۰۰۹. Guidelines for the Utilization and Disposal of Wastewater Sludge: Requirements for the on-site and off-site disposal of sludge, Golder Associates Africa.

## ج - سوزاندن لجن:

- آلاینده های خروجی و منتشره از دودکش لجن سوز نباید از مقادیر مندرج در جداول ۶ و ۷ و ۸ تجاوز نماید:

جدول ۶ - مقدار متوسط روزانه آلاینده های منتشره از دودکش لجن سوزها

آلاینده های هوا	مقدار غلظت ( mg/m <sup>۳</sup> )
ذرات	۱۰
گازها و بخارات مواد آلی به صورت کل کربن آلی بیان شده اند	۱۰
هیدروژن کلراید	۱۰
هیدروژن فلوراید	۱
دی اکسید سولفور، منوکسید کربن	۵۰
اکسیدهای نیتروژن	۲۰۰

Source: Hongkong, ۲۰۱۰. Guidance Note on the Best Practicable Means for Incinerators (Sewage Sludge Incineration). Environmental Protection Department Air Policy Group of Hong Kong government.

- اگر مراحل تصفیه برای HCl انجام شده باشد سنجش پیوسته هیدروژن فلوراید ( HF ) ممکن است انجام نشود . سنجش مونوکسیدکربن در زمان شروع و پایان واحد لجن سوز انجام میشود. مقدار متوسط نیم ساعته آلاینده های منتشره از لجن سوزها نباید از حدودی مشخص شده در جدول ۷ تجاوز نماید.

تبصره ۱: در هوای آزاد پیرامون دستگاه های لجن سوز متوسط غلظت سالیانه بنزوالفاپیرن نبایستی از ۱ نانوگرم در متر مکعب (ng/m<sup>۳</sup>) تجاوز نماید. روش اندازه گیری به همان ترتیبی است که در استاندارد هوای پاک ایران پیش بینی شده است. (تعیین استانداردهای هوای پاک برای سالهای ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ ، مصوب شورای عالی حفاظت محیط زیست ، نامه شماره ۱۰۴۵۰۲/ت۴۲۷۴۱ک، مورخ ۱۳۸۸/۵/۲۴)

جدول ۷ - مقدار متوسط نیم ساعته آلاینده های منتشره از لجن سوزها

آلاینده های هوا	حداکثر مقدار غلظت (mg/m <sup>۳</sup> )
ذرات	۳۰
گازها و بخارات مواد آلی به صورت کل کربن آلی بیان شده اند	۲۰
هیدروژن کلراید	۶۰
هیدروژن فلوراید	۴
دی اکسید سولفور	۲۰
اکسیدهای نیتروژن	۴۰۰
منوکسید کربن	۱۰۰

Source: Hongkong, ۲۰۱۰. Guidance Note on the Best Practicable Means for Incinerators (Sewage Sludge Incineration). Environmental Protection Department Air Policy Group of Hong Kong government.

جدول ۸ - مقدار متوسط آلاینده های فلزی منتشره از لجن سوزها در دوره نمونه برداری برای حداقل ۳۰ دقیقه و حداکثر ۸ ساعت

آلاینده های هوا	مقدار مجاز (mg/m <sup>۳</sup> )
کادمیوم+تالیوم	۰/۰۵
جیوه	۰/۰۵
آنتیموان+ آرسنیک+ سرب+ کروم+ کبالت+ مس+ منگنز+ نیکل+وانادیوم	۰/۰۵

Source: Hongkong, ۲۰۱۰. Guidance Note on the Best Practicable Means for Incinerators (Sewage Sludge Incineration). Environmental Protection Department Air Policy Group of Hong Kong government

- مقدار متوسط آلاینده های فلزی منتشره از لجن سوزها نباید از حدودی مشخص شده در جدول ۸ تجاوز نماید
- مقدار متوسط دی بنزو دی اکسی پلی کلورینه شده و دی بنزو فوران پلی کلورینه شده در دوره ی نمونه برداری حداقل ۶ ساعت و حداکثر ۸ ساعت نباید از ۰/۱ نانوگرم بر متر مکعب تجاوز کند.
- برای تعیین غلظت کل دی اکسین ها و فوران ها ، باید قبل از جمع کردن آنها غلظت های جرمی دی بنزو فوران ها و دی بنزو اکسین ها در فاکتور سمیت معادل آنها ضرب شود.
- فاکتور سمیت معادل دی بنزو اکسین ها و دی بنزو فورانها در جدول ۹ آمده است.

### جدول ۹- فاکتورهای سمیت دی بنزو اکسین ها و دی بنزو فورانها

فاکتور سمیت معادل	نوع دی اکسین ها و فورانها
۱	تترا کلرودی بنزو دی اکسین ( TCDD )
۰/۵	پنتا کلرودی بنزو دی اکسین ( PeCCD )
۰/۱	هگزا کلرودی بنزو دی اکسین ( H <sub>x</sub> CDD )
۰/۰۱	هیپتا کلرودی بنزو دی اکسین ها ( HPCCD )
۰/۰۰۱	اکتا کلرودی بنزو دی اکسین ( OCCD )
۰/۱	تترا کلرو دی بنزو فوران ( TCDF )
۰/۵	پنتا کلرو دی بنزو فوران ( P <sub>E</sub> CDF )
۰/۱	هگزا کلرو دی بنزو فوران ( H <sub>x</sub> CDF )
۰/۰۱	هیپتا کلرو دی بنزو فوران ( H <sub>P</sub> CDF )
۰/۰۰۱	اکتا کلرو دی بنزو فوران ( OCDF )

Source: Hongkong, ۲۰۱۰. Guidance Note on the Best Practicable Means for Incinerators (Sewage Sludge Incineration). Environmental Protection Department Air Policy Group of Hong Kong government.

تبصره ۲: در حالیکه در یک محیط جغرافیایی استفاده بیش از یک دستگاه لجن سوز مد نظر باشد در این حالت خاص شرایط استفاده، تعداد و ظرفیت لجن سوز و همچنین درجه و میزان تجهیزات کنترل آلاینده ها باید با توجه به ظرفیت خود پالایی محیط اکولوژیک محل نصب، توسط سازمان محیط زیست حسب مورد تعیین گردد.

نیازمندی های پایش برای پارامترهای مرتبط با لجن سوزها در جدول ۱۰ آمده است.

### جدول ۱۰- نیازمندی های پایش برای پارامترهای مرتبط با لجن سوزها

آلاینده / پارامتر	حداقل تعداد پایش
بریلیوم و جیوه در لجن ها یا گاز خروجی دودکش	بر اساس تشخیص سازمان حفاظت محیط زیست
غلظت کل هیدروکربن ها در گاز دودکش	بطور پیوسته ، گزارش متوسط ماهیانه
غلظت اکسیژن در گاز دودکش	بطور پیوسته
دمای احتراق در تنور	بطور پیوسته
شرایط دستگاههای کنترل آلودگی هوا	بر اساس تشخیص سازمان حفاظت محیط زیست.

Source: EPA ۱۹۹۳. Land application of biosolids, U.S.EPA Guide to the part ۵۰۳ Rule.

تبصره ۳: پایشهای مذکور بر اساس ضوابط خود اظهاری صورت می گیرد.

## د- استفاده در کمپوست:

حداکثر غلظت فلزات سنگین در لجن تصفیه شده برای استفاده در کمپوست نبایستی از مقادیر جدول ۱۱ بیشتر باشد (EPA, ۲۰۰۲).

### جدول ۱۱ - حداکثر غلظت مجاز فلزات سنگین در لجن تصفیه شده برای کمپوست سازی

فلز	<sup>۱</sup> سقف غلظت ( mg/kg )	<sup>۲</sup> غلظت آلاینده‌ها ( mg/kg )
آرسنیک	۷۵	۴۱
کادمیوم	۸۵	۳۹
مس	۴۳۰۰	۱۵۰۰
سرب	۸۴۰	۳۰۰
جیوه	۵۷	۱۷
مولیبدن	۷۵	-
نیکل	۴۲۰	۴۲۰
سلنیوم	۱۰۰	۱۰۰
روی	۷۵۰۰	۲۸۰۰

Source: EPA ۲۰۰۲. Use of Composting for Biosolids Management:  
U.S.EPA Water Office: Biosolids Technology Fact Sheet.

تبصره ۱: ویژگیهای کیفی کمپوست تولید شده باید مطابق استاندارد ۱۰۷۱۶ کمپوست- ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی باشد.

<sup>۱</sup>- مجموع غلظت فلزات سنگین در لجن کمپوست شده و زمینی که این لجن می خواهد در آن استفاده شود.

<sup>۲</sup>- منظور این است که تا زمانی که غلظت فلزات سنگین لجن از حدود تنظیم شده در جدول تجاوز نکند کمپوست کردن لجن مجاز می باشد و در صورت تجاوز کمپوست سازی لجن مجاز نمی باشد.

طول مدتی که لجن در معرض دمای معین قرار میگیرد در تعیین ارزش استفاده از محصول نهایی کمپوست مهم میباشد که زمان و دمای مورد نیاز برای کمپوست سازی لجن تصفیه شده در جدول ۱۲ ذکر شده است.

#### جدول ۱۲ - دما و زمان مورد نیاز برای کمپوست سازی لجن تصفیه شده

دما و زمان تنظیمی	روش کمپوست سازی
۵۵°C برای حداقل ۳ روز	توده ی ساکن هوادهی شده یا درون مخزنی
۵۵°C برای حداقل ۱۵ روز با ۵ بار برگرداندن	ویندرو

Source: EPA ۲۰۰۲. Use of Composting for Biosolids Management: U.S.EPA Water Office: Biosolids Technology Fact Sheet.

## پیوست شماره ۳ ( نمونه برداری و آنالیز )

### ۱- فراوانی و اندازه ی نمونه ها:

فراوانی نمونه به نمونه جمع آوری شده طی یک دوره مشخصی از زمان اطلاق می شود. فراوانی نمونه برداری بسته به میزان استفاده لجن در زمین کشاورزی، سوزاندن لجن و یا دفن کردن آن از ۱-۱۲ بار در سال متغییر می باشد. اندازه نمونه به مقدار واقعی (وزن یا حجم) نمونه ای جمع آوری شده ، اطلاق می شود. پروتکل های آنالیزی حداقل اندازه نمونه برای اطمینان از صحت آنالیز لازم می دانند. آزمایشگاهها قبل از هر فعالیت جمع آوری نمونه واقعی ، حداقل اندازه نمونه برای هر روش آنالیز مشخص می کنند.

- تعداد نمونه در هر بار پایش: تعداد نمونه هایی که باید گرفته شود به شرایط هر مکان وابسته است.
- فاکتورهای مهم برای تعیین تعداد نمونه عبارتند از :
- انحراف معیار : انحراف معیار نتایج نمونه ها گرفته میشود. با انحراف معیار بزرگتر تعداد نمونه های بیشتر باید برداشت شود .
- اضافه شدن آلاینده های صنعتی یا تجاری به سیستم فاضلاب : در صورت ورود آلاینده ها به وسیله ی فرآیندهای صنعتی یا تجاری به شبکه ی فاضلاب توصیه میشود که تعداد نمونه های بیشتری از لجن گرفته شود .
- نتایج نمونه های قبلی : اگر نتایج نمونه های قبلی به حدود مجاز استانداردها نزدیک باشد، جهت اطمینان، نمونه برداری با تعداد بیشتری صورت پذیرد.
- آیا لجن خوب ترکیب شده است ؟ لجن های خوب ترکیب شده، نمونه ی نماینده بهتر فراهم میکند. اگر لجن ها خوب ترکیب شده باشند تعداد نمونه ی کمتری مورد نیاز است و برعکس ( EPA, ۱۹۹۳b).

### ۲- انتخاب و تشریح نقاط نمونه برداری:

هر برنامه نمونه برداری باید بطور واضح و با دقت تمام نقاط جمع آوری نمونه را تعیین و تشریح کند. گام اول در انتخاب نقاط نمونه برداری یا مکان یابی در یک برنامه نمونه برداری ، بررسی هدف نمونه برداری می باشد. در بالا نوع نمونه، اندازه و فراوانی نمونه برداری بعنوان فاکتورهای مهم برای بدست آوردن یک نمونه مناسب بحث شد. انتخاب محل مناسب نمونه برداری هم یک پارامتر مهم در برنامه نمونه برداری می باشد. زمانی که محل نمونه برداری انتخاب شد فاکتورهای زیر باید بررسی شوند:

- الف) نماینده بودن
- ب) نوع فرآیند
- ج) قابلیت دسترسی
- د) ایمنی

#### الف- نماینده بودن:

تقریباً در تمام فازهای توسعه ی یک برنامه ی نمونه برداری مساله نماینده بودن نمونه مهم می باشد. انتخاب نقاط نمونه برداری می تواند عمدتاً بر نماینده بودن نمونه تاثیر بگذارد.

بهترین انتخاب، محلی است که یک نمونه نماینده تولید می شود که مطابق با اهداف تعیین شده می باشد. اگر تصفیه خانه، جامدات بیولوژیکی خودش را در زمین بکار می برد پس نمونه برداری لجن پس از فرآیندهای کاهش جذب ناقلین و پاتوژن ها ، نمونه نماینده تری از مواد که واقعا در زمین بکار برده می شود، تهیه می کند. اگر یک بهره بردار بخواهد تغییرات کیفی لجن یا سرنوشت آلاینده های مشخصی طی پردازش لجن مشاهده کند پس نمونه ها از تانکرهای حمل لجن و لجن بطور کامل پردازش شده باید جمع آوری شود.

#### ب- نوع فرآیند:

انتخاب محل مناسب نمونه برداری همچنین به اینکه آیا فاضلاب یا لجن در فرآیند منقطع یا پیوسته تصفیه شده است ، بستگی دارد. برای مثال برای نمونه برداری از یک لاگون لجن که یک فرآیند منقطع می باشد به این صورت عمل می شود که تعدادی نمونه لحظه ای از سطوح مختلف سرتاسر لاگون برداشت می شود و سپس در صورت نیاز با هم ترکیب می شوند. برای فرآیند پیوسته ، چند نمونه لحظه ای تنها از یک محل در فرآیند طی زمان معینی جمع آوری می شود. برای مثال ، لجن آزدایی شده در یک فیلتر پرس تسمه ای که یک فرآیند پیوسته می باشد ،

برای نمونه برداری ، تعدادی نمونه های لحظه ای از مکان از پیش تعیین شده ، معمولاً از اولین محل قابل دسترس پس از اینکه لجن بطور کامل از درون فشار عبور کرد، جمع آوری می شود. معمولاً این محل نمونه برداری یک نقطه ای از انتقال بین فیلتر پرس و یک ظرف یا کامیونی که لجن در آن ذخیره می شود تا به مقصد نهایی انتقال داده شود، می باشد.

#### ج- قابلیت دسترسی

یک نقطه ی نمونه برداری باید بطور منطقی قابل دسترس باشند تا یک محل موثر باشد. نمونه برداری نمیتواند از یک محلی که نمی توان به آن دسترسی پیدا کرد، انجام شود. باید مد نظر قرار بگیرد که ممکن است همیشه بهترین نقطه نمونه برداری در دسترس نباشد و نیاز باشد که در بهترین نقطه بعدی قابل

دسترس نمونه برداری انجام شود. قابلیت دسترسی و ایمنی با هم مرتبط هستند از این نظر که ممکن است یک نقطه بطور فیزیکی قابل دسترس باشد اما خطر بالقوه برای آسیب به نمونه بردار ایجاد کند.

#### د- ایمنی

برای هریک از محل‌های بالقوه نمونه برداری باید خطرات بالقوه ارزیابی شوند. اگر برداشت نمونه از یک محل خطری برای ایمنی افراد دارد باید جایگزین‌های دیگری بررسی شود. فرآیند کامل نمونه برداری باید همیشه بر ایمنی تاکید کند. زمانی که یک محل برای نمونه برداری انتخاب می‌شود باید خطرات بالقوه مرتبط با آن محل تشخیص داده شود، احتیاط‌های مناسب ایمنی در نظر گرفته شود و تجهیزات حفاظتی تهیه شود (NewEngland, ۲۰۰۶).

### ۳- محل‌های رایج نمونه برداری:

از آنجایی که تصفیه خانه‌ها می‌توانند تنوع گسترده‌ای از شکل‌ها در عملیات پردازش لجنشان شامل تعدادی روش قابل قبول برای تثبیت لجن، کاهش پاتوژن‌ها و کاهش جذب ناقلین داشته باشند. این تغییر پذیری فرآیند معنی می‌دهد که نقاط مناسب نمونه برداری می‌تواند از تجهیزاتی به تجهیزات دیگر متفاوت باشد. محل‌های رایج نمونه برداری لجن در جدول ۱۳ آمده است.

### جدول ۱۳ - محل‌های رایج نمونه برداری لجن

نوع لجن	نقطه ی نمونه برداری
لجن بصورت بی‌هوازی هضم شده	جمع آوری نمونه از بالای مکان تخلیه ی پمپها
لجن بصورت هوازی هضم شده	جمع آوری نمونه از بالای خط تخلیه ی پمپها
لجن تغلیظ شده	جمع آوری نمونه از بالای مکان تخلیه ی پمپها
لجن تصفیه حرارتی شده	جمع آوری نمونه از بالای مکان تخلیه ی پمپها نمونه برداری از لجن تصفیه حرارتی شده به دلیل دمای زیاد نمونه ( بالای $60^{\circ}\text{C}$ ) باید با دقت انجام گیرد.
لجن آبزدایی شده ، خشک شده ، کمپوست شده یا بصورت گرمایی کاهش یافته	جمع آوری نمونه از تسمه‌های جمع آوری مواد و فلزات حجیم ، جمع آوری نمونه از هر موقعیت به اندازه ی جرم جامدات و عمق‌های مختلف
لجن آبزدایی شده به وسیله ی فیلترپرس ،سانتریفیوژ	برداشت نمونه از محل ریزش لجن‌ها
لجن آبزدایی شده به وسیله ی بسترهای لجن خشک کن	تقسیم توده به ۴ قسمت ، برداشت مقدار مساوی لجن از مرکز هر توده و ترکیب آن برای تشکیل نمونه ی ترکیب از کل لجن . نمونه ی ترکیبی باید شامل عمق کل لجن باشد. جمع آوری نمونه مستقیماً از لودرهای در حال انتقال کمپوست

Source: New England, ۲۰۰۶. The Wastewater Treatment Plant Operators Guide to Bio-solids Sampling Plans. New England Interstate Water Pollution Control Commission.

#### ۴- جمع آوری نمونه:

پس از انتخاب نقاط مناسب نمونه برداری، مرحله ی بعدی توسعه ی یک نقشه ی جمع آوری نمونه برای تدوین و تشریح روش جمع آوری نمونه ها می باشد. قبل از نمونه برداری، تمام تجهیزات و روشهای نمونه برداری علاوه بر روشهای تمییز سازی و آماده سازی، ظروف و تجهیزات نمونه برداری باید تعیین شوند. تجهیزات ایمنی و احتیاط ها باید شرح داده شوند. این توجه به جزئیات، به کاهش خطاهای بالقوه کمک خواهد کرد (NewEngland, ۲۰۰۶).

#### ۵- تجهیزات:

لجن و جامدات بیولوژیکی می توانند رنج وسیعی از خصوصیات فیزیکی داشته باشد. مقدار جامدات می تواند در گستره ای از ۱ درصد تا بیش از ۹۰ درصد داشته باشد. حالت های لجن می تواند بصورت مایع، خمیری و یا جامدات خشک تغییر می کند. تجهیزات مورد نیاز برای نمونه برداری، باید برای خصوصیات لجن مناسب باشد.

#### الف) انواع تجهیزات

تجهیزات نمونه برداری معمولا به نمونه بردارهای مورد استفاده برای مایعات یا جامدات تقسیم می شوند. در ادامه به برخی از ظروف نمونه برداری مورد استفاده بطور رایج و بصورت تجاری قابل دسترس برای جمع آوری نمونه های لجن اشاره می شود.

وسایل رایج مورد استفاده برای نمونه برداری مواد مایع یا قابل جریان

#### -استوانه مدرج:

ظروف ساخته شده از شیشه، پلاستیک، فولاد ضد زنگ می توانند برای نمونه برداری لجن مایع یا نیمه مایع جمع آوری شده از شیرها مورد استفاده قرار گیرند. این ظروف می توانند برای نمونه برداری از کانال های باز به وسایل دیگری متصل شوند.

#### -نمونه بردارهای ترکیبی لجن مایع

یک نمونه بردار ترکیبی لجن مایع یا (coliwasa) می تواند برای جمع آوری لجن قابل جریان از یک لاگون، تانک یا دیگر سطوح محتوی لجن استفاده می شود. یک مقطع عمیق می تواند با این وسایل نمونه برداری شود. Coliwasa معمولا یک لوله ای به طول ۵ فوت (۱/۵متر) ساخته شده از فلز، شیشه یا پلاستیک می باشد. کف این لوله با مکانیسمی ساخته شده است که وقتی coliwasa در لجن فرو برده می شود، برای جمع آوری نمونه باز وبسته می شود. برای استفاده ی این وسیله، کف آن باز شده و به آرامی به درون لجن فرو برده می شود. زمانی که به عمق مد نظر رسید کف آن بسته شده و نمونه جمع آوری می شود. نمونه جمع آوری شده ترکیبی از مقطع طولی لجن در آن نقطه می باشد.

Sludge judge یک وسیله مشابه می باشد که معمولا برای سنجش عمق پتوی لجن در لاگون یا تانک استفاده می شود. پس از سنجش عمق پتوی لجن برای آنالیز می توان یک نمونه برداری از لجن انجام داد.

وسایل رایج مورد استفاده برای نمونه برداری مواد جامد یا نیمه جامد

-نمونه بردار thief:

این نمونه بردار بطور اختصاصی برای خشک کن ها و محصولات لجنی گرانوله شده نظیر کمپوست استفاده می شود. این وسیله برای جمع آوری یک نمونه درون عمق توده ی از مواد مفید می باشد. این وسیله از دو لوله سوراخ دار تشکیل شده است که یکی درون دیگری جفت شده و معمولا از فلز ساخته شده اند. برای استفاده از این وسیله نمونه برداری، آن را به درون مواد هل داده می شود تا نمونه به وسیله باز شدن سوراخ ها و حرکت کردن به سمت بالا جمع آوری شود. زمانی که نمونه بردار thief به عمق مطلوب رسید لوله درونی می چرخد تا سوراخ ها بسته شوند و مواد جمع آوری گردد.

-نمونه بردار ترییر (Trier)

این وسیله اغلب برای نمونه برداری لجن آبدایی شده که حالت کود یا شبیه گل هستند، مناسب می باشد. ترییر مانند thief برای جمع آوری نمونه درونی، عالی می باشد. و این دستگاه نیز در روشی مشابه استفاده می شود. نمونه بردار ترییر از یک لوله ی فلزی تشکیل شده است و معمولا از فولاد ضد زنگ یا برنج می باشد. برای اینکه ترییر راحت تر وارد مواد شود انتهای لوله نوک تیز می باشد.

-نمونه بردار مته ای (Auger)

نمونه بردار مته ای خاک می تواند برای جمع آوری نمونه های لجن که سفت شده اند، مناسب می باشد. نمونه بردار مته ای برای سوراخ کردن توده ی لجن و برداشت نمونه استفاده می شود. مواد می توانند درون عمق کل سوراخ حفر شده جمع آوری می شوند تا یک نمونه ی ترکیبی تشکیل شوند.

ب) انتخاب تجهیزات

تمام تجهیزاتی که برای جمع آوری و آماده سازی نمونه های لجن مورد استفاده قرار می گیرند باید آماده شود و این تجهیزات نباید موادی که بعنوان نمونه جمع آوری می شوند آلوده کنند یا با این مواد واکنش دهند. اگر تجهیزات بطور مناسب تمییز نشوند یا از موادی ساخته شوند که به درون نمونه رها شوند، ممکن است نمونه را آلوده کنند. مواد نسبتا بی اثر نظیر تفلون، شیشه یا فولاد ضد زنگ برای تجهیزات نمونه برداری و ظروف نمونه برداری استفاده می شود (NewEngland, ۲۰۰۶).

## ۶- آماده سازی و تمییز سازی:

قبل از استفاده از تجهیزات نمونه برداری برای اولین بار و پس از هر بار استفاده باید بطور کامل تمییز شوند. روش تمییز سازی ممکن است بسته به نوع تجهیزات نمونه برداری و آنالیزی که می خواهد انجام شود، کمی متفاوت باشد. برای آسانی تمییز سازی، بهتر است که تجهیزات در سریعترین زمان ممکن تمییز شوند یا

حداقل برای حذف آلودگی های درشت یک شستشوی اولیه انجام شود. چراکه لجن پس از حذف شدن ، به سختی پاک می شود. روش های تمیز سازی که می تواند برای آماده سازی تجهیزات و ظروف نمونه برداری بین عملیات نمونه برداری انجام شود، به شرح زیر می باشد:

۱. شستشوی تجهیزات و ظروف با آب گرم برای حذف اکثریت جامدات
۲. استفاده از یک برس و دترجنت آزمایشگاهی کم فسفات ، برس زدن تجهیزات برای حذف تمام باقیمانده ها
۳. پس از برس زدن ، ۳ بار شستشوی تجهیزات با آب گرم
۴. برای شستشوی نهایی ، ۳ بار شستشو با اب مقطر
۵. زمانی که نمونه برداری برای پارامترهای میکروبی می باشد استریل کردن تجهیزات و ظروف نمونه برداری لازم می باشد (NewEngland, ۲۰۰۶).

در جدول ۱۴ توصیه های معمولی برای ظروف نمونه برداری آمده است:

**جدول ۱۴ – توصیه های معمولی برای ظروف نمونه برداری لجن**

آزمایش	اندازه و نوع ظرف توصیه شده
PH	ظرف پلاستیکی یا شیشه ای ۲۵۰ میلی لیتری
جامدات	ظرف پلاستیکی یا شیشه ای ۲۵۰ میلی لیتری
جیوه	ظرف پلاستیکی یا شیشه ای ۲۵۰ میلی لیتری
دیگر فلزات	ظرف پلاستیکی یا شیشه ای ۵۰۰ میلی لیتری
فسفر کل	ظرف پلاستیکی یا شیشه ای ۲۵۰ میلی لیتری
نیتروژن(نترات، کج‌لدال، آمونیاک)	ظرف پلاستیکی یا شیشه ای ۲۵۰ میلی لیتری
پتاسیم	ظرف پلاستیکی یا شیشه ای ۲۵۰ میلی لیتری
ترکیبات آلی فرار	ویال شیشه ای ۴۰ میلی لیتری با پوشش تفلون
ترکیبات آلی نیمه فرار	شیشه ای ۲۵۰ میلی لیتری با پوشش تفلون
آفت کش ها یا PCB	شیشه ای ۲۵۰ میلی لیتری با پوشش تفلون
دی اکسین ها	شیشه ای ۲۵۰ میلی لیتری با پوشش تفلون
تستهای میکروبی	پلاستیک یا شیشه ای استریل ۲۵۰ میلی لیتری

Source: New England, ۲۰۰۶. *The Wastewater Treatment Plant Operators*

*Guide to Biosolids Sampling Plans.* New England Interstate Water Pollution Control Commission.

## ۷- برچسب گذاری نمونه:

پس از اینکه نمونه جمع آوری شد درون یک ظرف یا ظروفی که با آنالیت ورودی سازگار باشند قرار داده می شود. ظروف نمونه ها باید دارای برچسب باشند که برچسب باید حاوی اطلاعات زیر باشند:

- مشخصات نمونه
- تاریخ و زمان نمونه برداری
- نوع نمونه
- محل نمونه
- شخص نمونه بردار
- نگه دارنده
- تست مورد نیاز

## ۸- محافظت نمونه:

محافظت نمونه به فعالیت هایی که به منظور جلوگیری یا حداقل سازی فعالیت های بیولوژیکی یا شیمیایی درون نمونه پس از جمع آوری آن انجام می شود، اطلاق می گردد. تکنیک های محافظت برای نمونه های لجن متفاوت است. نمونه های لجن معمولا به وسیله ی خنک سازی و نگه داشتن نمونه ها در دمای  $4^{\circ}\text{C}$ ، محافظت می شوند. بسته به روش آنالیز نمونه های مایع ممکن است با ترکیبی از نگه دارنده های شیمیایی و سرد کردن تا دمای  $4^{\circ}\text{C}$  محافظت شوند. برای محافظت نمونه های جامدات بیولوژیکی یا لجن تصفیه شده، زمانی که لجن فاضلاب با جامدات زیاد نمی توان با دیگر نگه دارنده ها مخلوط نمود، خنک سازی تا دمای  $4^{\circ}\text{C}$  مناسب ترین روش می باشد.

## ۹- زمان نگه داشتن نمونه ها:

زمان نگه داشتن نمونه ها به حداکثر زمانی اطلاق می شود که می تواند بین زمان نمونه برداری و آنالیز نمونه وجود داشته باشد. زمان نگه داشتن از چندین ساعت برای آنالیزهای میکروبی تا چند ماه یا بیشتر برای آنالیز فلزات متفاوت می باشد (NewEngland, ۲۰۰۶). در جدول ۱۵ روش محافظت و زمان نگه داشت نمونه های جامدات بیولوژیکی آمده است.

جدول ۱۵ - روش محافظت و زمان نگه داشت نمونه های جامدات بیولوژیکی برای آنالیز پارامترهای مختلف

آنالیت	روش محافظت	حداکثر زمان نگه داشت نمونه
فلزات به جز جیوه*	خنک سازی تا دمای ۴ °C	۶ ماه
جیوه	خنک سازی تا دمای ۴ °C	۲۸ روز
پتاسیم	خنک سازی تا دمای ۴ °C	۶ ماه
ترکیبات آلی فرار و نیمه فرار	خنک سازی تا دمای ۴ °C	۱۴ روز
کل نیتروژن کج‌دال، نیتروژن آمونیاکی، نیتروژن نترات، کل فسفر، کلراید، سولفات، کل کربن آلی	خنک سازی تا دمای ۴ °C	۲۸ روز
PSB و دی اکسین ها	خنک سازی تا دمای ۴ °C	۱ سال
جامدات کل و جامدات فرار	خنک سازی تا دمای ۴ °C	۷ روز
کلی فرم مدفوعی و سالمونلا	خنک سازی تا دمای ۴ °C	۲۴ ساعت
ویروس روده ای	خنک سازی تا دمای ۱۰- °C فریز کردن نمونه و نگه داشتن در دمای ۷۰ °C	۴۸ ساعت ۲۸ روز
تخم انگل	خنک سازی تا دمای ۱۰- °C	۲۴ ساعت

Source: New England, ۲۰۰۶. *The Wastewater Treatment Plant Operators Guide to Biosolids Sampling Plans*. New England Interstate Water Pollution Control Commission.

\* برای فلزات ابتدا با استفاده از اسید نیتریک PH آن به زیر ۲ رسانده و سپس تا دمای ۴ °C خنک شود.

### ۱۱- روش آنالیز:

آنالیز تمامی پارامترهای مرتبط با لجن که باید سنجش شوند بر اساس آخرین چاپ در دسترس کتاب *(Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater)* خواهد بود. در زمان تدوین این استاندارد ویرایش ۲۱ ام سال ۲۰۱۲ آخرین ویرایش می باشد. در صورت انتشار ویرایش جدید، آخرین ویرایش ملاک عمل خواهد بود.

## *References:*

- Environmental Protection Agency, 1993a. *Land application of biosolids*, U.S.EPA Guide to the part 503 Rule.
- Environmental Protection Agency, 1993b. *Sampling & Analysis*, U.S.EPA Guide to the part 503 Rule, chapter six.
- Environmental Protection Agency, 1993c. *Incineration of biosolid*, U.S.EPA Guide to the part 503 Rule.
- Environmental Protection Agency, 2002. *Biosolids Technology Fact Sheet, Use of Composting for Biosolids Management*, U.S.EPA (Office of Water).
- European Commission, 2000. *working Document on Sludge*. EC (ENV.E.3/LM), Brussels.
- Hongkong, 2010. *Guidance Note on the Best Practicable Means for Incinerators (Sewage Sludge Incineration)*. Environmental Protection Department Air Policy Group of Hong Kong government.
- New England, 2006. *The Wastewater Treatment Plant Operators Guide to Biosolids Sampling Plans*. New England Interstate Water Pollution Control Commission.
- Rhode Island, 2011. *Rules and Regulations for Sewage Sludge Management*, State Of Rhode Island And Providence Plantations Department Of Environmental Management Office of Water Resources.
- Saskatchewan, 2004. *Land Application of Municipal Sewage Sludge Guidelines*, saskatchewan Environmental, Environmental protection Branch.
- Snyman, H G & Herselman, J E 2009. *Guidelines for the Utilization and Disposal of Wastewater Sludge: Requirements for the on-site and off-site disposal of sludge*, Golder Associates Africa.
- Water Research Commission, 1997. *Permissible Utilisation and Disposal of Sewage Sludge*, Department of Agriculture, Republic of South Africa.