بسمه تعالی

سازمان حفاظت محیط زیست

معاونت محیط زیست انسانی

دفتر مدیریت پسماند

دستورالعمل ارزیابی فنی و ضوابط زیست‌محیطی محل‌های دفن پسماندهای عادی و ویژه

مشاور:

دفتر همکاری‌های علمی، صنعتی و فناوری

دانشگاه علم و صنعت ایران

۱- کلیات ۵

۱-۱- هدف و دامنه کاربرد ۵

۱-۲- تعاریف ۶

۱-۳- الزامات قانونی ۷

۱-۳-۱- قانون مدیریت پسماند ۷

۱-۳-۲- شیوه‌نامه‌ی اجرایی احداث و راهبری محل دفن بهداشتی پسماندهای عادی شهری ۷

۱-۳-۳- استاندارد آب آشامیدنی ۸

۱-۴- طبقه‌بندی محل‌های دفن ۸

۲- محدودیت‌های مکان‌یابی ۹

۳- صدور مجوز ۹

٤- طراحی ۹

۴-۱- اهداف و خروجی‌های مورد انتظار از مطالعات طراحی محل دفن پسماند ۱۰

۴-۱-۱- اهداف مطالعات طراحی ۱۰

۴-۱-۲- خصوصیات طرح ۱۰

۴-۲- منطقه‌ی حائل ۱۴

۴-۳- ارزیابی هیدروژئولوژیک ۱۵

۴-۴- ارزیابی آب‌های سطحی ۱۹

۴-۵- حفاظت از آب‌های زیرزمینی ۲۱

۴-۵-۱- معیارهای طراحی در محل‌های‌دفن عادی ۲۱

۴-۵-۱-۱- طراحی ویژه ۲۱

۴-۵-۱-۲- طراحی نیمه‌ویژه ۲۴

۴-۵-۱-۳- طراحی عمومی ۲۶

۴-۵-۲- معیارهای طراحی در محل‌های‌دفن ویژه ۲۶

۴-۶- اجزای سیستم حفاظت از آب‌های زیرزمینی ۲۶

۴-۶-۱- طراحی پی و لاینر رسی ۲۷

۴-۶-۲- لاینر ژئوممبرین ۲۸

۴-۶-۳- لاینر رسی ژئوسینتتیکی (GCL) ۳۰

۴-۶-۴- سیستم جمع‌آوری شیرابه ۳۱

۴-۶-۵- کنترل و تضمین کیفیت ساخت ۳۳

۴-۷- الزامات پایش گاز محل‌دفن ۳۴

۵- بهره‌برداری ۳۶

۵-۱- الزامات سیستم پذیرش پسماند ۳۶

5-1-1- مراحل پذیرش پسماند ۳۶

5-1-2- خلاصه‌ای از الزامات برای تولیدکنندگان پسماند ۳۷

5-1-3- پسماندهای ممنوعه ۳۸

5-1-3-1- پسماند مایع ۳۸

5-1-3-2- خطرات ممنوعه ۳۹

5-1-3-3- پسماندهای عفونی و بهداشتی ۳۹

5-1-3-4- پسماند بی‌اثر ۴۰

5-1-3-5- پسماندهای غیرخطرناک ۴۰

۵-۱-۳-۶- پسماندهای خطرناک ۴۱

۵-۱-۴- الزامات مربوط به نحوه بازرسی پسماندها ۴۲

۵-۱-۴-۱- مستندات و آزمایشات انطباق ۴۳

۵-۱-۴-۲- کنترل پسماندهای ورودی ۴۳

۵-۱-۴-۳- تایید در محل ۴۴

۵-۱-۴-۴- ارتباط موثر ۴۵

۵-۱-۴-۵- دانش کارکنان ۴۶

۵-۱-۵- نحوه ثبت داده‌ها ۴۶

۵-۱-۵-۱- جمع آوری داده ۴۶

۵-۱-۵-۲- تطبیق داده‌های پایش و بایگانی مقدماتی ۴۷

۵-۱-۵-۳- فرمت نگهداری سوابق ۵۰

۵-۱-۵-۴- دفترچه راهنمای سایت ۵۰

۵-۱-۶- نحوه گزارش‌دهی ۵۱

۵-۱-۶-۱- گزارشات سایت ۵۱

۵-۱-۷- چک لیست‌ها ۵۲

۵-۲- تعیین الزامات سیستم شناسایی و آنالیز پسماندهای ورودی ۵۳

۵-۲-۱- نیاز به آزمایش خصوصیات اصلی (مرحله ۱) ۵۳

۵-۲-۱-۱- پسماندهای فاقد نیاز به آزمایش ۵۳

۵-۲-۱-۲- در دسترس بودن اطلاعات ۵۴

۵-۲-۱-۳- غیر عملی بودن آزمایش ۵۴

۵-۲-۲- آزمایش انطباق (مرحله ۲) ۵۴
۵-۲-۳- تأیید در محل (مرحله ۳) ۵۵
۵-۲-۳-۱- بررسی مدارک مورد نیاز ۵۵
۵-۲-۳-۲- بازرسی چشمی ۵۵
۵-۲-۳-۳- نمونه‌گیری دوره‌ای ۵۵
۵-۳- چک لیستهای ارزیابی سیستمهای مدیریت شیرابه و گاز ۵۶
۵-۳-۱- اهداف ۵۶
۵-۳-۲- محل‌های پایش ۵۶
۵-۳-۳- پایش دوره ای و پارامترهای آنالیز ۵۶
۵-۳-۴- تست سمیت ۵۷
۵-۳-۵- دستورالعمل نمونه‌برداری ۵۸
۵-۳-۶- گاز محل‌دفن، درون و خارج از بدنه پسماند ۶۰
۵-۴- چک لیست‌های پایش سایر جنبههای مختلف عملیات دفن پسماند ۶۵
۵-۴-۱- پارامترهای مورد پایش ۶۵
۵-۴-۱-۱- چک لیست پایش کیفیت آب های سطحی ۶۵
۵-۴-۱-۲- چک لیست پایش کیفیت آبهای زیر زمینی ۶۶
۵-۴-۲- سیستم پایش محیط‌زیست ۶۹

۱– کلیات

۱–۱– هدف و دامنه کاربرد

أ) هدف از تدوین این دستورالعمل، تعیین حداقل الزامات ملی و ضوابط محیط‌زیستی برای کلیه‌ی محل‌های دفن پسماند عادی و ویژه مطابق ماده ۲۳ آئین‌نامه‌ی اجرایی قانون مدیریت پسماند است. تأمین الزامات این دستورالعمل، تضمین‌کننده‌ی حفاظت از سلامت انسان‌ها و محیط زیست است.

ب) این معیارها برای مالکان و بهره‌برداران تأسیسات جدید دفن پسماند عادی و ویژه، تأسیسات موجود دفن پسماند عادی و ویژه، و گسترش‌های جانبی محل‌های دفن قابل اعمال است، مگر این‌که به‌صورتی دیگر در این دستورالعمل عنوان شده باشد.

ج) معیارهای ذکرشده در این دستورالعمل به محل‌های دفن عادی که پس از تاریخ ابلاغ این دستورالعمل پسماندی دریافت نمی‌کنند، اعمال نمی‌شود.

د) محل‌های دفن عادی موجود یا گسترش‌های جانبی آن‌ها، در صورتی که ۱) دارای ورودی پسماند برابر یا کمتر از ۱۰۰ تن در روز باشند، و ۲) دریافت پسماند در آن‌ها کمتر از ۳۰ ماه پس از ابلاغ این دستورالعمل پایان می‌یابد، از شمول الزامات این دستورالعمل به استثنای اجرای پوشش نهایی مطابق بند ... معاف هستند.

ه) محل‌های دفن عادی موجود یا گسترش‌های جانبی آن‌ها، در صورتی که ۱) دارای ورودی پسماند برابر یا کمتر از ۲۰ تن در روز باشند، و ۲) در منطقه‌ای با بارش برابر یا کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر در سال واقع شده باشند، مادامی که شواهدی مبنی بر آلودگی آب‌های زیرزمینی در اثر فعالیت محل دفن وجود نداشته باشد، از شمول الزامات بخش‌های .... (طراحی) و .... (کنترل آب زیرزمینی) این دستورالعمل معاف هستند.

و) در صورتی‌که مالک یا بهره‌بردار یک محل دفن عادی جدید، موجود یا گسترش جانبی آن از ایجاد آلودگی آب‌های زیرزمینی در اثر بهره‌برداری از واحدی که از معافیت بند «ه» استفاده کرده است، آگاه است، باید مراتب را سریعا به اداره‌کل محیط‌زیست استان گزارش کند و لذا خود را با الزامات بخش‌های .... (طراحی) و .... (کنترل آب زیرزمینی) منطبق کند.

ز) هرگونه گسترش جانبی محل‌های‌دفن ویژه‌ی موجود با هر ظرفیت پذیرش روزانه، باید از الزامات این دستورالعمل از تاریخ ابلاغ پیروی کنند. این مسئله شامل سلول‌های جدیدی که درحال حاضر ساخته نشده‌اند ولی ظرفیت آن‌ها در فرایند اخذ مجوز دیده شده است نیز می‌شود.

ح) محل‌های دفنی که خود را با الزامات این دستورالعمل منطبق نکنند، به‌عنوان تخلیه پسماند در محیط محسوب شده و مشمول مجازات‌های مصرح در ماده ۱۶ قانون مدیریت پسماند خواهد بود.

۱-۲- تعاریف

این بخش شامل تعاریف واژگان و اصطلاحاتی است که در این دستورالعمل آمده است. کلیه‌ی اصطلاحاتی که در قانون مدیریت پسماند و آئین‌نامه‌ی اجرایی آن تعریف شده‌اند، دقیقا مطابق همان تعریف به‌کار رفته‌اند و لذا در این بخش بدان‌ها اشاره نمی‌شود.

طول عمر فعال به معنای بازه‌ای از بهره‌برداری از محل دفن است که با اولین پذیرش پسماند آغاز و با اتمام فعالیت‌های بستن محل دفن مطابق الزامات بخش ... این دستورالعمل خاتمه می‌یابد.

بخش فعال به معنای بخشی از محل‌دفن است که یا پسماند دریافت کرده است و یا در حال دریافت پسماند است و هنوز مطابق الزامات بخش ... این دستورالعمل بسته نشده است.

ناحیه‌ی دفن پسماند به‌معنای بخشی از محل‌دفن است که سلول‌های دفن در آن احداث شده و عملیات دفن در آن انجام می‌شود.

آبخوان به معنای یک ساختار زمین‌شناختی، گروهی از ساختارها یا بخشی از یک ساختار است که قادر است مقادیر قابل توجهی آب زیرزمینی به چشمه‌ها و چاه‌ها وارد کند.

محل‌دفن عادی موجود به معنای هر محل دفنی است که تا تاریخ مندرج در بخش ... این دستورالعمل در حال پذیرش پسماند عادی است.

آب زیرزمینی به معنای آبی است که در زیر سطح زمین و در منطقه‌ی اشباع قرار دارد.

گسترش جانبی به معنای گسترش افقی مرزهای پسماند دفن‌شده در یک محل دفن موجود است.

شیرابه به معنای مایعی است که یا از خود پسماند و یا در اثر عبور از درون پسماند تولید می‌شود و حاوی مواد محلول و معلق حذف‌شده از پسماند است.

محل‌دفن عادی به معنای یک پهنه‌ی مجزا از زمین یا یک خاک‌برداری است که پذیرنده‌ی پسماندهای عادی (مطابق تعریف قانون مدیریت پسماند) است. چنین محل دفنی می‌تواند دارای مالکیت عمومی یا خصوصی باشد. محل دفن پسماند عادی می‌تواند از نوع موجود، جدید یا گسترش جانبی باشد.

محل دفن عادی جدید به معنای هر محل دفن عادی‌ای است که پیش از ۲۴ ماه از تاریخ ابلاغ این دستورالعمل، پذیرش پسماند نداشته است.

محل‌دفن ویژه به معنای پهنه‌ی مجزا از زمین یا یک خاک‌برداری است که پذیرنده‌ی پسماندهای ویژه (مطابق تعریف قانون مدیریت پسماند) است. چنین محل دفنی می‌تواند دارای مالکیت عمومی یا خصوصی باشد. محل‌دفن پسماند ویژه می‌تواند از نوع موجود، جدید یا گسترش جانبی باشد.

بهره‌بردار به معنای شخص یا اشخاصی است که مسئول بهره‌برداری کلی از محل دفن یا بخشی از آن هستند.

رواناب به معنای هرگونه آب ناشی از بارش، شیرابه یا سایر مایعاتی است که از هر بخشی از محل دفن بر روی زمین جاری می‌شوند.

رواناب ورودی به معنای هرگونه آب ناشی از بارش، شیرابه یا سایر مایعاتی است که به سمت هر بخشی از محل دفن بر روی زمین جاری می‌شوند.

منطقه‌ی اشباع به معنای بخشی از پوسته‌ی زمین است که در آن، تمامی فضاهای خالی با آب پر شده است.

بالاترین آبخوان به معنای نزدیک‌ترین آبخوان به سطح زمین و یا آبخوان‌های پایین‌تر که در درون مرزهای محل دفن از نظر هیدرولیکی با نزدیک‌ترین آبخوان سطح زمین مرتبط هستند، است.

مرز محل‌دفن به معنای یک صفحه‌ی قائم واقع در حد پائین‌دست هیدرولیکی محل دفن است. این صفحه‌ی قائم تا درون بالاترین آبخوان به سمت پائین امتداد می‌یابد.

۱-۳- الزامات قانونی

۱-۳-۱- قانون مدیریت پسماند

مطابق ماده ۲۳ آئین‌نامه‌ی اجرایی قانون مدیریت پسماندها، «*سازمان باید ضوابط زیست‌محیطی محلهای دفع و دفن پسماندها اعم از ویژه و عادی راتعیین و به دستگاههای ذی ربط اعلام نماید.*».

۱-۳-۲- شیوه‌نامه‌ی اجرایی احداث و راهبری محل دفن بهداشتی پسماندهای عادی شهری

این شیوه‌نامه در راستای مواد ۵ و ۶ آئین‌نامه‌ی اجرایی قانون مدیریت پسماندها توسط سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور و صرفا با تمرکز بر روی پسماند عادی شهری تدوین شده است. چنان‌چه اختلافی بین موارد

مندرج در این شیوه‌نامه و دستورالعمل حاضر وجود داشته باشد، دستورالعمل حاضر ملاک‌عمل خواهد بود. در مواردی که این دستورالعمل درباره‌ی آن ساکت است، رعایت مفاد شیوه‌نامه‌ی فوق ضروری است.

۱-۳-۳- استاندارد آب آشامیدنی

در این دستورالعمل، از تجدیدنظر پنجم استاندارد ۱۰۵۳ مؤسسه‌ی ملی استاندارد با عنوان «آب آشامیدنی- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی» به عنوان مبنای کیفیت مجاز آب زیرزمینی استفاده شده است.

۱-۴- طبقه‌بندی محل‌های دفن

فرایند مکان‌یابی، اخذ مجوز، میزان و گستره‌ی بررسی‌های میدانی، تعیین سیستم جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی، فرایند پذیرش پسماند و الزامات بستن محل‌دفن، وابستگی مستقیم به جنس پسماند دفنی و قوانین موجود در زمینه آلودگی آب زیرزمینی دارد.

جهت الزامات این دستورالعمل، محل‌های‌دفن به سه دسته‌ی «محل‌دفن نوع یک برای دفن پسماندهای خنثی»، «محل‌دفن نوع دو برای دفن پسماندهای شهری و مشابه آن»، و «محل‌دفن نوع سه جهت پسماندهای خطرناک» طبقه‌بندی می‌شوند.

- **محل دفن نوع یک برای دفن پسماندهای خنثی:** پسماندهای خنثی شامل پسماندهایی هستند که دارای خطر بالقوه برای محیط‌زیست نیستند مانند: بسته‌بندی‌های سبک و تمیز، شیشه، نخاله‌های ساختمانی، تایرها، خاک، بتن، آسفالت، خرده‌چوب، خاکروبه، ماسه‌ی ریخته‌گری، و غیره. پسماندهای خنثی می‌توانند هم دارای منشأ شهری و هم صنعتی باشند.
- **محل دفن نوع دو برای دفن پسماندهای شهری و مشابه آن:** این پسماندها پسماندهایی هستند که با یک سری اقدامات حداقلی، خطر آنها برای محیط زیست کاهش می‌یابد. در یک تعریف دیگر، این پسماندها ضمن اینکه فاقد خصوصیات پسماند ویژه هستند، برخلاف پسماندهای خنثی از نظر بیولوژیکی فعال هستند. این پسماندها شامل ترکیبی از پسماند مخلوط شهری، پسماند فضای سبز، پسماندهای حجیم مانند وسایل خانگی، و خاکستر زباله‌سوز هستند. پسماندهای ویژه‌ی بی‌خطرشده نیز در زمره‌ی این پسماندها قرار می‌گیرند.
- **محل دفن نوع سه جهت پسماندهای ویژه:** پسماندهایی که در صورت انتشار به محیط، خطر قابل‌توجهی را متوجه محیط‌زیست می‌کنند و مطابق تعریف قانون مدیریت پسماندها دارای یکی از خواص سمیت، بیماری‌زایی، قابلیت انفجار یا اشتعال، خورندگی و مشابه آن هستند.

بر این اساس محل دفن مناسب برای هر دسته از انواع پسماند تعریف‌شده در قانون پسماندها در **جدول ۱-۱** مشخص شده است.

جدول ۱-۱- نوع محل دفن مناسب برای انواع پسماندهای مشخص شده در قانون مدیریت پسماند ایران

نوع پسماند مطابق با قانون مدیریت پسماندها	نوع محل دفن پیشنهادی
پسماندهای عادی	نخاله‌های ساختمانی در محل‌دفن نوع یک و پسماندهای شهری در محل دفن نوع دو
پسماندهای پزشکی	دفن در محل‌دفن نوع دو پس از بی‌خطرسازی یا محل‌دفن نوع سه بدون بی‌خطرسازی
پسماندهای ویژه	دفن در محل‌دفن نوع سه؛ در مورد برخی پسماندها پیش‌تصفیه قبل از دفن الزامی است.
پسماندهای کشاورزی	دفن در محل‌دفن نوع دو
پسماندهای صنعتی	دفن در محل‌دفن نوع یک

۲- محدودیت‌های مکان‌یابی

محدودیت‌های مکان‌یابی محل‌های دفن پسماند عادی و ویژه در این دستورالعمل از ضوابط اعلامی سازمان محیط‌زیست با عنوان «*ضوابط زیست‌محیطی محل‌های دفع پسماندهای عادی*» پیروی می‌کند. این ضوابط برای محل‌های دفن پسماند ویژه نیز حاکم هستند.

۳- صدور مجوز

۴- طراحی

مرحله‌ی طراحی سایت یکی از مهم‌ترین مراحل برنامه‌ریزی برای احداث یک محل دفن است. این مرحله ارتباط تنگاتنگی با کلیه مراحل پیش از خود دارد. برخی الزامات طراحی با توجه به شرایط مکان‌یابی و محدودیت‌های موجود تعیین می‌شوند. برخی دیگر نیز از نوع اقدامات کاهش اثرات طرح با توجه به گزارش ارزیابی اثرات محیط‌زیستی (EIA) هستند که باید مدنظر قرار گیرند. سایر موارد نیز با توجه به قوانین و دستورالعمل‌های موجود و ضرورت تامین حداقل‌های طراحی از یک‌سو و مطالعات شناسایی سایت از سوی دیگر طراحی می‌شوند. لذا

طراح باید قادر باشد با استفاده از ابزارهای طراحی خود، نسبت به رفع محدودیت‌های ایجادشده در فاز مکان‌یابی و اثرات شناسایی‌شده در فاز EIA با حفظ اقتصاد طرح اقدام کند.

۴-۱- اهداف و خروجی‌های مورد انتظار از مطالعات طراحی محل دفن پسماند

۴-۱-۱- اهداف مطالعات طراحی

این دستورالعمل با هدف اطمینان از کسب موارد زیر برای محل‌دفن‌های جدید یا توسعه‌ی محل‌دفن‌های موجود وضع شده است:

- حفاظت از آب‌های زیرزمینی و سطحی،
- کمینه‌سازی اثرات ناشی از بهره‌برداری محل‌دفن بر محیط‌زیست، و
- تسهیل بستن و مراقبت‌های پس از بستن محل‌دفن.

به‌منظور دستیابی به این اهداف، لازم است که مطالعاتی حاوی نقشه‌ها و مشخصات طراحی محل‌دفن تهیه گردد. گزارش طراحی باید مسائلی چون موارد زیر را دربرداشته باشد:

- مرزهای سایت پیشنهادی، منطقه حائل، ناحیه و خطوط تراز انباشت پسماند، اقدامات حفاظت از آب‌های سطحی، راه‌ها و سازه‌های کارگاهی، و طرح پوشش نهایی؛
- طرح هر گونه لاینر و سیستم جمع‌آوری شیرابه یا اقدامات مورد نیاز برای کنترل گاز محل‌دفن؛
- تأسیسات پایش آب‌های زیرزمینی، شیرابه و آب‌های سطحی؛
- برنامه‌ی احتمالی برای کنترل شیرابه؛ و
- الزامات بستن و مراقبت‌های پس از بستن سایت.

موارد فوق باید به‌صورتی انجام شود که:

- حداقل‌های اشاره‌شده در دستورالعمل در رابطه با طراحی المان‌های اصلی تامین شود؛ و
- الزامات اشاره‌شده در مطالعات ارزیابی اثرات محیط‌زیستی به عنوان برنامه‌ی کاهش اثرات پوشش داده شود؛

۴-۱-۲- خصوصیات طرح

پیش از ارائه گزارشی کتبی که مطابق این بخش تهیه شده‌است نباید اقدام به ایجاد یک محل‌دفن جدید یا افزایش ظرفیت یک محل‌دفن موجود شود. گزارش باید طراحی محل‌دفن را تشریح کرده و حاوی موارد زیر باشد:

الف) یک نقشه‌برداری مورد تأیید از سایت؛

ب) یک نقشه به‌روز و شرحی از سایت و ناحیه‌ای با فاصله‌ی ۵۰۰ متر از سایت که موارد زیر را پوشش دهد:

- تمام کاربری‌ها و مرزهای کاربری‌ها؛
- همه ساختمان، جاده‌ها و کریدور تأسیسات؛
- خطوط تراز زمین، زهکشی آب‌های‌سطحی، منابع آب[۱] و حرائم[۲]؛
- نواحی جنگلی؛
- کاربری اراضی؛ و
- هرگونه شرایط مربوط به کاربری‌ها و مستحدثات که در بندهای پیش بدان اشاره نشده است.

ج) نقشه‌های تفصیلی، مشخصات و توضیحات طراحی سایت، شامل:

۱. یک نقشه و توضیحات برای ناحیه دفن پسماند، خطوط تراز کف محل‌دفن، خطوط تراز کف سیستم جمع‌آوری شیرابه، خطوط تراز تاج پسماند دفنی و خطوط تراز تاج محل‌دفن شامل پوشش نهایی؛
۲. حجم کل پسماند دفن‌شده؛
۳. موازنه جرمی بین منابع قرضه، داخل یا برون سایت، و استفاده از خاک در سایت؛
۴. ارزیابی هیدروژئولوژیک جهت تعیین مناسب بودن سایت برای دفن پسماند شهری یا ویژه با در نظر گرفتن شرایط زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیک سایت، طراحی سایت، و برنامه‌های پایش و برنامه‌های اقدامات احتمالی؛
۵. ارزیابی ژئوتکنیکی جهت تعیین مناسب بودن سایت برای دفن پسماند عادی یا ویژه را با در نظر گرفتن ظرفیت باربری، نشست تفاضلی و پایداری شیب در حین ساخت، بهره‌برداری و تعطیلی سایت، به‌طوری که اثرات بالقوه بر سیستم جمع‌آوری شیرابه و لاینر را نیز درنظر بگیرد؛
۶. کمیت و کیفیت مورد انتظار شیرابه؛
۷. نقشه‌های تفصیلی، مشخصات و تشریح هرگونه سیستم لاینر مورد نیاز برای کنترل شیرابه، شامل جزئیات ساخت و رویه‌های تضمین و کنترل کیفیت (QA/QC) مصالح و سیستم اجرای لاینر؛

[۱] Water bodies
[۲] Right-of-ways

۸. نقشه‌های تفصیلی، مشخصات و تشریح هرگونه سیستم مورد نیاز برای جمع‌آوری، تصفیه و دفع شیرابه، شامل جزئیات ساخت و رویه‌های تضمین و کنترل کیفیت (QA/QC) مصالح و اجرای سیستم؛

۹. ارزیابی مهاجرت بالقوه و زیرسطحی گاز محل‌دفن در سایت و ارزیابی هر سیستم کنترلی مورد نیاز جهت پایش یا کنترل مهاجرت؛

۱۰. نقشه‌های تفصیلی، مشخصات و تشریح هرگونه سیستم مورد نیاز برای کنترل گاز محل‌دفن به‌وسیله تهویه یا به‌وسیله جمع‌آوری و سوزاندن یا استفاده از آن، شامل جزئیات ساخت و رویه‌های تضمین و کنترل کیفیت (QA/QC) مصالح و اجرای سیستم؛

۱۱. ارزیابی اثرات بالقوه‌ای که ممکن است به‌واسطه سایت یا فعالیت‌هایی که در سایت انجام می‌شود بر خصوصیات آب‌های سطحی ایجاد شود؛

۱۲. نقشه‌های تفصیلی، مشخصات و تشریح هرگونه سیستم مورد نیاز برای کنترل، هدایت و تخلیه‌ی آب‌های سطحی شامل جزئیات کنترل رسوبات یا دیگر موارد، و شامل جزئیات ساخت و رویه‌های تضمین و کنترل کیفیت (QA/QC) مصالح و اجرای سیستم؛

۱۳. نقشه‌های تفصیلی، مشخصات و تشریح تأسیسات پایشِ شیرابه، آب‌های سطحی و زیرزمینی و در صورت نیاز گاز محل‌دفن؛

۱۴. ارزیابی اثرات بصری ناشی از خود سایت و بهره‌برداری از آن بر املاک و زمین‌های مجاور؛

۱۵. نقشه‌های تفصیلی، مشخصات و تشریح از منطقه‌ی حائل و تأسیسات کمکی شامل هرگونه استتار، منظرسازی، حصارکشی، باسکول، ساختمان‌ها، سازه‌ها، جاده‌های دسترسی، جاده‌های داخلی، نواحی دپوی مصالح پوشش، پسماند ریجکت یا مواد قابل‌بازیافت و دیگر دپوهای موردنیاز.

۱۶. نقشه‌های تفصیلی، مشخصات و تشریح ناحیه‌ی تضعیف آلاینده‌ها در صورت نیاز؛

۱۷. تخمینی از طول عمر آلایندگی سایت با در نظر داشتن آلاینده‌های موجود در مهاجرت زیرسطحی گاز محل‌دفن و تخمینی از عمر مفید تأسیسات مهندسی مرتبط با مهاجرت زیرسطحی گاز محل‌دفن؛

۱۸. تخمینی از طول عمر آلایندگی سایت با در نظر داشتن آلاینده‌های موجود در شیرابه، مگر در حالتی که محل‌دفن جدید طراحی شده است و برای حفاظت از آب‌های زیرزمینی، الزامات ارائه‌شده در این دستورالعمل رعایت شده باشد؛

۱۹. تخمینی از عمر مفید هر تأسیسات مهندسی مربوط به شیرابه؛

۲۰. جزئیات هرگونه تأسیسات مورد نظر برای کنترل یا تغییر در طول عمر آلایندگی محل‌دفن؛

۲۱. برنامه‌های اقدامات احتمالی که می‌توانند برای کنترل و دفع شیرابه بیش از مقادیر پیش‌بینی‌شده یا با کیفیتی بدتر از مقادیر پیش‌بینی‌شده به‌کار گرفته شوند، شامل مشخصات و توضیحاتی با جزئیات مناسب که امکان‌پذیری برنامه‌ها را نشان دهد؛

۲۲. برنامه‌های اقدامات احتمالی که می‌توانند برای کنترل و دفع گاز محل‌دفن بیش از مقادیر پیش‌بینی شده یا با کیفیتی بدتر از مقادیر پیش‌بینی شده به‌کار گرفته شود، شامل ویژگی‌ها و توضیحاتی با جزئیات مناسب که امکان‌پذیری برنامه‌ها را نشان دهد؛

۲۳. شرحی درباره منبع، ماهیت و کیفیت پوشش روزانه، شامل بحث درباره‌ی مزایا و محدودیت‌های آن‌ها (برای مصالحی که معمولاً برای پوشش روزانه به‌کار گرفته نمی‌شوند)، شرحی درباره رویه‌های تضمین و کنترل کیفیت پوشش روزانه، و در صورتی که پوشش روزانه جز در پایان روز کاری اجرا می‌شود شامل فرکانس و زمان‌بندی اجرای پوشش روزانه؛

۲۴. شرحی درباره ماهیت، کیفیت و کمیت پوشش نهایی، شامل جزئیات ساخت و رویه‌های تضمین و کنترل کیفیت مصالح و نصب؛

۲۵. برنامه بستن سایت، شامل جزئیات استفاده‌ی نهایی پیش‌بینی‌شده از زمین سایت، سیمای سایت پس از تعطیلی، ایجاد پوشش گیاهی مجدد، منظرسازی، ساخت تأسیسات جدید و برچیدن تأسیسات موجود به منظور تسهیل بستن سایت، مراقبت‌های پس از بستن و استفاده نهایی از سایت؛ و

۲۶. خلاصه‌ای از مشخصات اصلی محل‌دفن، شامل حداکثر میزان پسماند روزانه قابل پذیرش در محل‌دفن، تخمینی از میانگین سالانه‌ی پسماند قابل پذیرش در محل‌دفن، مساحت کل محل‌دفن، مساحت سلول‌های دفن پسماند، حجم کل پسماند دفن‌شده، تخمینی از ظرفیت محل‌دفن به تن، هر زیردسته‌ای از پسماند که پیش‌بینی نمی‌شود در محل‌دفن دریافت شود یا مجاز به دفن نیست، و تخمینی از تاریخ بسته‌شدن سایت.

مطابق آن‌چه در بند ج گفته شد، در کلیه‌ی قسمت‌ها باید دو نوع خروجی ارائه شود: ۱) نقشه‌های اجرایی و مشخصات فنی؛ و ۲) گزارش طراحی. در نقشه‌های اجرایی، عمدتا تأکید بر روی ارائه‌ی پلان، پروفیل و مقاطع عرضی و جزئیات اجرای بخش‌های مختلف است؛ در حالی‌که گزارش طراحی عمدتا بر موارد زیر متمرکز است:

- خلاصه‌ی اجرایی، نتایج و پیشنهادات؛

- مبانی طراحی، فرضیات اصلی، معیارهای طراحی و محدودیت‌های سایت؛
- تشریح اجزای اصلی محل‌دفن و عملکرد آن‌ها؛
- توصیف نوشتاری نقشه‌های اجرایی و مشخصات فنی؛
- ارائه مستندات مبنی بر اینکه اجزای محل‌دفن دارای عملکرد مطابق طراحی خواهند بود؛
- نتایج آزمایش‌های مصالح؛ و
- تعیین مشخصات فنی مصالح مورد استفاده.

۴-۲- منطقه‌ی حائل

منطقه‌ی حائل عبارت است از کمربند سبز سایت یا بخشی از سایت که بین سلول‌های دفن پسماند (ناحیه‌ی دفن پسماند) و مرزهای سایت واقع شده است. منطقه‌ی حائل ضمن این‌که اجازه‌ی تضعیف آلاینده‌ها را می‌دهد، فضایی نیز دورتادور ناحیه‌ی دفن پسماند که در آن فعالیت‌های مختلف از جمله پایش، نگهداری‌وتعمیرات، و کنترل‌های محیط‌زیستی انجام می‌شوند، فراهم می‌کند. این منطقه هم‌چنین می‌تواند شامل راه‌های دسترسی، ساختمان‌ها و تأسیسات خدماتی سایت، چاه‌های پایش آب‌های زیرزمینی، منظرسازی و استتار بصری باشد.

الزامات منطقه‌ی حائل به‌شرح زیر است:

۱) مالک یا بهره‌بردار محل‌دفن باید مطمئن شود که ناحیه دفن پسماند مطابق موارد این بخش کاملاً به‌وسیله‌ی منطقه‌ی حائل دربرگرفته شده است.
۲) عرض منطقه‌ی حائل در هر نقطه‌ای باید حداقل ۵۰ متر باشد.
۳) زیربخش ۲ برای منطقه‌ی حائلی که دارای ۱) حداقل ۲۵ متر عرض در هر نقطه؛ و ۲) با ارائه گزارشی کتبی که موارد زیر را تأیید کند اعمال نمی‌شود:
   - منطقه‌ی حائل فضای کافی را جهت ورود، خروج، دور زدن، دسترسی به همه‌ی نقاط سایت و پارکینگ وسائل نقلیه فراهم می‌کند؛
   - منطقه‌ی حائل فضای کافی را بر روی سطح سایت جهت همه‌ی سازه‌ها، تجهیزات و فعالیت‌های پیش‌بینی‌شده فراهم می‌کند؛ و
   - مساحت منطقه‌ی حائل به میزانی است که اطمینان حاصل شود اثرات بالقوه‌ی فعالیت‌های بهره‌برداری شامل رواناب سطحی، پراکنش پسماند، حشرات ناقل، جانوران موذی، شیرابه،

مهاجرت زیرسطحی گاز محل‌دفن و اثرات زیبایی‌شناسانه.تاثیر غیرقابل قبولی بر خارج از سایت نمی‌گذارد.

منطقه‌ی حائل فضایی دور تا دور ناحیه‌ی دفن پسماند فراهم می‌کند که در آن احتمالاً تضعیف آلاینده‌ها رخ می‌دهد، و می‌تواند فعالیت‌های مختلفی چون پایش، نگهداری‌وتعمیرات و کنترل‌های محیط‌زیستی در آن به‌وقوع پیوندد. جز در مورد زمین‌های دولتی، مالک محل‌دفن باید مالک کل سایت شامل ناحیه‌ی دفن پسماند و منطقه‌ی حائل باشد. در پاره‌ای موارد ممکن است زمین‌های اضافه‌ای در مجاورت محل‌دفن به منظور کاهش اثرات شیرابه و گاز محل‌دفن مورد نیاز باشد. این نواحیِ خارج از سایت به‌عنوان ناحیه‌ی تضعیف آلاینده‌ها تعریف می‌شود و مالک محل‌دفن به منظور انجام اقدامات کاهش آلایندگی، پایش و اصلاح باید حقوق مالکیت (حق ارتفاق) آن‌ها را کسب کند. مالکیت این حقوق باید طوری ثبت‌شده باشد که عنوان آن حاوی ناحیه تضعیف آلاینده‌ها باشد.

۴-۳- ارزیابی هیدروژئولوژیک

ارزیابی هیدروژئولوژیک از ساخت‌گاه محل‌دفن لازم است تا به اهداف مهمی چون طراحی مناسب سایت و اطمینان از پایش مؤثر سایت و اطمینان از توسعه برنامه‌ی قابل‌قبولی از اقدامات احتمالی دست یافت. مقررات شماره ۲۳۲/۹۸ شامل الزامات پایه‌ای ارزیابی شرایط زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی محل سایت است. الزامات قانونی در زیربخش ۴-۳-۱ این راهنما ارائه شده‌اند. توضیحات تفصیلی و بیشتر درباره نوع اطلاعاتی معمولی که باید در این ارزیابی وجود باشند، نوع تحلیل‌هایی که معمولاً انجام می‌شوند، و مباحثی که عموما در این ارزیابی به آن‌ها اشاره می‌شود در راهنمای تصویب ارائه‌شده در زیربخش ۴-۳-۲ آمده است. در راهنمای تصویب هم به محدوده‌ای که سایت در آن قرار دارد و هم به مطالعات تفصیلی شرایط سایت اشاره شده است. برای مطالعات تفصیلی، ارزیابی هیدروژئولوژیک با مقولاتی مانند آنچه در جدول ۴-۱ آمده است سروکار دارد.

جدول ۴-۱- الزامات ارزیابی هیدروژئولوژیک

ردیف	آیتم
۱	گمانه‌زنی و به‌دست آوردن نمونه‌هایی برای تعیین مشخصات خاک یا شرایط سنگ‌بستر در محل سایت
۲	اندازه‌گیری سطوح و فشار آب‌های زیرزمینی به‌منظور مشخص کردن مشخصات جریان آب‌های زیرزمینی
۳	جمع‌آوری نمونه‌های آب زیرزمینی به‌منظور ارزیابی کیفیت آن‌ها
۴	تفسیر اطلاعات جمع‌آوری‌شده شامل تهیه‌ی نقشه‌های خطوط تراز سایت و خطوط تراز ایستابی، تعیین الگوهای جریان آب زیرزمینی و ظرفیت‌های تضعیف آلاینده‌ها، و شناسایی هر خاک یا شرایط زمین‌شناسی ناپایدار
۵	ارزیابی از مناسب بودن سایت برای دفن با در نظر داشتن الزامات طراحی، پایش و برنامه [اقدامات] احتمالی

انجام ارزیابی هیدروژئولوژیک مطابق آن‌چه در این بخش آمده است برای محل‌های‌دفن زیر الزامی است:

- کلیه‌ی محل‌های‌دفن ویژه؛
- کلیه‌ی محل‌های‌دفن عادی که مطابق طرح‌های مبتنی بر عملکرد طراحی می‌شوند (رجوع شود به بند ...)؛
- کلیه‌ی محل‌های‌دفن عادی با میزان دفن بیش از ۵۰۰ تن در روز؛
- کلیه‌ی محل‌های دفن‌عادی واقع در منطقه‌ی چهار اقلیمی (مطابق تعریف ارائه‌شده در جدول ...) و با میزان دفن بیش از ۵۰ تن در روز.

برای محل‌های‌دفن فوق، بدون تهیه گزارشی کتبی از شرایط زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیک سایت مطابق آن‌چه در این بخش آمده است امکان ساخت یک محل‌دفن جدید یا افزایش ظرفیت پسماند قابل‌دفن در یک محل‌دفن وجود ندارد.

گزارش باید حاوی موارد زیر باشد:

الف) نقشه‌ها، مشخصات و شرح شرایط زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی سایت و ناحیه‌ای که سایت در آن واقع است؛ و

ب) ارزیابی مناسب بودن سایت برای دفن بهداشتی پسماند با در نظر داشتن:

۱. طراحی سایت، شامل عوارض موجود و عوارضی که به منظور کنترل شیرابه و مهاجرت زیرسطحی گاز محل‌دفن مورد انتظار اجرا خواهند شد؛
۲. شرایط زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی سایت و منطقه؛
۳. توانایی شناسایی تاثیرات آتی بر آب‌های زیرزمینی به‌وسیله پایش؛
۴. امکان‌سنجی برنامه‌های [اقدامات] احتمالی برای کنترل شیرابه در حالت تولید با کمیتی بیش از و کیفیتی بدتر از شرایط مورد انتظار؛ و
۵. امکان‌پذیری برنامه‌های [اقدامات] احتمالی برای کنترل مهاجرت زیرسطحی گاز محل‌دفن در حالت تولید با کمیتی بیش و کیفیتی بدتر از شرایط مورد انتظار.

اهداف ارزیابی هیدروژئولوژیک عبارتند از: تعیین ویژگی‌های فیزیکی، هیدرولیکی و شیمیایی مصالح سطحی (و سنگ بستر در صورت لزوم)، تعیین مشخصات جریان آب زیرزمینی و مسیرهای مهاجرت بالقوه‌ی پلوم آلودگی، تعیین یکپارچگی سازه‌ای بستر برای نگهداری محل‌دفن و هر تاسیساتی که روی آن ساخته خواهد شد،

تعیین دسترسی به و مناسب بودن خاک به‌منظور استفاده به‌عنوان پوشش و لاینر، استقرار شبکه پایش آب زیرزمینی، و تعیین امکان‌پذیری اجرای برنامه‌های [اقدامات] احتمالی برای کنترل آلاینده‌ها.

یک ارزیابی هیدورژئولوژیک معمولاً شامل مباحثی در مورد اطلاعات مشخص شده در جدول ۴-۲ است.

جدول ۴-۲- اطلاعات مورد نیاز در ارزیابی هیدروژئولوژیک

ردیف	آیتم
۱	شرحی کلی درباره شرایط زمین‌شناختی و هیدروژئولوژیکی منطقه‌ای که سایت در آن واقع شده است. این شرح باید شامل توضیحاتی درباره لایه‌های زمین‌شناسی، کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی و حرکت آب‌های زیرزمینی بوده و اهمیت منابع آب زیرزمینی و انواع استفاده از این منابع را شناسایی کند.
۲	شرحی تفصیلی درباره شرایط زمین‌شناختی و هیدروژئولوژیکی سایت بر مبنای بررسی‌های دقیق سایت که شرایط خاک، سنگ و آب زیرزمینی را تعیین کند، شامل: ۱. گمانه‌زنی در بالادست و پایین‌دست هیدرولیکی ناحیه احتمالی برای دفن و دیگر موقعیت‌ها، از جمله مناطق مجاور سایت در جاهایی که لازم است، به عمق و روشی که برای موارد زیر نیاز است: × تهیه نمونه‌های خاک به تعداد و نوعی که به‌طور مناسبی بتوان ضخامت و ماهیت واحدهای خاک زیر سایت را دسته‌بندی کرد؛ × تهیه نمونه‌های خاک به تعداد و نوعی [مناسب] برای آنالیزهای آزمایشگاهی ویژگی‌های فیزیکی و یا شیمیایی؛ × در صورت لزوم، کسب اجازه‌ی چاه‌پیمایی زمین‌شناختی و یا ژئوفیزیکی گمانه‌ها؛ × در صورت لزوم، کسب اجازه‌ی نصب تاسیسات پایش آب‌های زیرزمینی؛ × در صورت لزوم، کسب اجازه‌ی دیگر آزمایش‌های خاک و یا مشخصات گمانه؛ و × درصورت لزوم، کسب اجازه‌ی سنجش مشخصات سنگ بستر. ۲. استفاده از حفار، مغره‌گیر، لوله‌ی فرورونده، پیت آزمایشی، ترانشه‌زنی و یا هر روش حفاری یا استخراج نمونه به منظور تهیه نمونه‌های معرف خاک و یا سنگ برای سنجش مشخصات خاک یا سنگ و کیفیت یا شیمی آن؛ ۳. نصب تجهیزات پایش آب زیرزمینی در گمانه‌ها به روشی که مناسب جمع‌آوری نمونه‌های آب‌زیرزمینی یا اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی یا فشار هیدرولیکی معرف واحدهای چینه‌نگاری[۳] سایت باشد؛ ۴. در صورت لزوم، ایجاد و برچیدن تجهیزات پایش آب زیرزمینی به روش و در طول دوره‌های زمانی مناسب برای اطمینان از اینکه داده‌های سطح آب یا فشار هیدرولیکی جمع‌آوری‌شده در پایش آب زیرزمینی و یا نمونه‌های آب زیرزمینی جمع‌آوری‌شده معرف شرایط هیدروژئولوژیک هستند؛ ۵. در صورت لزوم، جمع‌آوری به روشی که اطمینان حاصل شود داده‌ها معرف تعداد مناسبی اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی و یا فشار هیدرولیکی در تأسیسات پایش آب زیرزمینی هستند، برای تأیید: × اینکه برنامه پایش به‌درستی کار می‌کند؛ و × دستیابی به سطح ایستابی؛

[۳] hydrostratigraphic

ردیف	آیتم
	و در صورت لزوم، ایجاد × اختلاف سطح آب یا فشار هیدرولیک به صورت جانبی و عمودی در محل؛ ۶. جمع‌آوری نمونه‌های آب‌زیرزمینی از تجهیزات پایش آب زیرزمینی به روشی که اطمینان حاصل شود نمونه‌ها به تعداد و در طول دوره‌زمانی مناسب برای تعیین تغییرات بالقوه فصلی و یا فضایی یا عمقی کیفیت یا شیمی آب زیرزمینی هستند، ۷. آنالیز نمونه‌های آب زیرزمینی از تجهیزات پایش آب زیرزمینی برای پارمترهای فهرست شده در ستون ۱ برنامه شماره ۵ پیوست، مگر آنکه پارامترهای جایگزین مناسب دیگری در نظر گرفته‌شده باشد، و ۸. درصورت لزوم، استفاده از روش آزمایش‌های چاهک[۴]، تست‌های اسلاگ[۵] و دیگر رویه‌ها برای اندازه‌گیری نفوذپذیری درجای مصالح زمین‌شناختی در سایت
۳	تفسیری از نتایج بررسی‌های تفصیلی سایت، شامل نقشه‌ها، مشخصات و تشریحات ارائه شده در سه بخش شرایط وضع موجود، شرایط ضمن ساخت و بهره‌برداری و شرایط پس از تعطیلی سایت: × نقشه شبکه آب‌های سطحی بر روی خطوط تراز، نشان‌دهنده آبراهه‌ها و منابع آب، اگر وجود دارند، × نقشه خطوط تراز سطح ایستابی، نشان دهنده جهت‌های مورد انتظار حرکت آب زیرزمینی، × نقشه خطوط تراز پیزومتری برای هر آبخوان، نشان‌دهنده جهت‌های مورد انتظار حرکت آب زیرزمینی، × شرحی درباره آبخوان‌ها و ارتباطات داخلی آن‌ها، با تخمین‌های کلی از جریان آب زیرزمینی، × شرحی درباره کیفیت زمینه‌ای[۶] آب‌های زیرزمینی و استفاده‌های حال‌حاضر و ممکن از آب زیرزمینی، × نقشه سایت و مقاطع عرضی شرایط هیدروژئولوژیک، × شناسایی هر خاک یا سنگ بستر ناپایدار، × شرحی درباره سرعت جریان و نرخ جریان حجمی در آبخوان‌ها، × آنالیز بیلان آب با در نظرگرفتن نزولات جوی، زهکشی رواناب سطحی، نفوذپذیری، جریان آب زیرزمینی، خروج[۷] و تبخیر و تعرق، و × الگوهای جریان و ظرفیت‌های بالقوه تضعیف آلاینده‌ها در صورت خروج شیرابه از محل‌دفن با کمیت مورد انتظار یا تصادفی
۴	ارزیابی‌ای از پایداری سایت برای دفن پسماند با در نظر گرفتن شرایط زمین‌شناختی و هیدروژئولوژیکی منطقه‌ای و خاص سایت، طرح سایت، پایش اثرات بالقوه بر آب‌های زیرزمینی و بر برنامه‌های [اقدامات] احتمالی برای کنترل شیرابه و گاز محل‌دفن.

برای سایر محل‌های‌دفنی که از لاینرهای پیشنهادی در جدول ... استفاده می‌کنند و از طرفی ارزیابی هیدروژئولوژیک مطابق جدول ۴-۲ برای آن‌ها الزامی نیست، ارزیابی هیدروژئولوژیک صرفا به میزانی که اطلاعات موردنیاز برای استفاده از جدول ... فراهم شود ضروری است.

[۴] pumping test
[۵] slug tests
[۶] Background quality
[۷] exfiltration

۴-۴- ارزیابی آب‌های سطحی

ارزیابی شرایط آب‌های سطحی سایت و نواحی مجاور محل‌دفن و هرگونه عوارضی که برای تخلیه آب‌های سطحی سایت از آن استفاده می‌شود، بخش مهمی از الزامات تعیین تناسب، طراحی و پایش سایت است. شخص (دولتی یا خصوصی) بدون تهیه گزارشی کتبی از شرایط آب‌های سطحی و حفاظت از آب‌های سطحی سایت مطابق آنچه در این بخش آمده است مجاز به ساخت یک محل‌دفن جدید یا افزایش ظرفیت پسماند قابل‌دفن در یک محل‌دفن موجود نیست. این گزارش باید حاوی موارد زیر باشد:

الف) نقشه‌ها، مشخصات و تشریح عوارض آب‌های سطحی واقع درون سایت، عوارض آب‌های سطحی که تخلیه مستقیم از سایت دریافت خواهند کرد و عوارض آب‌های سطحی منطقه‌ای که سایت درون آن قرار دارد؛

ب) ارزیابی از مناسب بودن سایت برای دفن پسماند با در نظر گرفتن موارد زیر:

۱. طرح سایت، شامل عوارض موجود و آن‌هایی که به منظور کنترل شیرابه‌ی تولیدی پیش‌بینی‌شده، جریان‌های آب‌سطحی، و فرسایش و رسوب‌گذاری ناشی از جریان‌های آب‌سطحی اجرا می‌شوند؛
۲. عوارض آب‌های سطحی درون سایت، عوارض آب‌های سطحی که تخلیه مستقیم از سایت دریافت خواهند کرد و عوارض آب‌های سطحیِ منطقه‌ای که سایت درون آن قرار دارد؛
۳. توانایی شناسایی اثرات آتی بر عوارض آب‌های سطحی به‌وسیله پایش؛ و
۴. امکان‌پذیری اجرای برنامه‌های [اقدامات] احتمالی که می‌توانند برای کنترل اثرات آب‌های سطحی ناشی از تولید شیرابه با کمیت بیشتر یا کیفیت بدتر از موارد پیش‌بینی‌شده اجرا شوند.

اهداف ارزیابی آب‌های سطحی عبارتند از: تعیین شرایط آب‌های سطحی درون و در مجاورت سایت؛ تعیین اثرات بالقوه‌ی آب‌های سطحی وارده به سایت؛ تعیین اثرات تخلیه‌ی آب‌های سطحی از سایت؛ و استقرار شبکه‌ی پایش آب‌های سطحی. ارزیابی آب‌های سطحی برای سایت محل‌دفن معمولاً شامل بحث درباره اطلاعات مشخص‌شده در جدول ۴-۳ است:

جدول ۴-۳- ارزیابی آب‌های سطحی

ردیف	آیتم
۱	شرحی کلی درباره عوارض آب‌های سطحی ناحیه‌ای (حوزه آبریزی) که سایت در آن واقع است.
۲	شرحی درباره عوارض آب‌های سطحی در ۵۰۰ متری ناحیه‌ی دفن پسماند در سایت. این شرح باید بر مبنای زهکشی دریافت‌شده و داده‌شده، حوزه آبریز و زیرحوزه‌های آبریز باشد. این شرح باید شامل تشریح عوارض آب‌های سطحی مانند پهنه‌ی سیلابی، آبراهه‌های طبیعی و مخازن آب، آبگذرهای شهری، و مسیرها و مرزهای زهکشی باشد.
۳	بررسی تفصیلی آب‌های سطحی برای تعیین کیفیت، کمیت و بوم‌شناسی عوارض آب‌های سطحی شناسایی شده در سایت، هر عارضه‌ی آب‌سطحی جاری در سایت، و آن‌هایی که تخلیه مستقیم از سایت دریافت خواهند کرد، شامل: ۱. برنامه کمیت‌سنجی آب‌های سطحی برای تعیین شرایط جریان موجود، شامل مشخصات پایین‌جریان و اثر متقابل آبخوان-جریان، که شامل اندازه‌گیری‌های دوره‌ای جریان می‌شود؛ ۲. برنامه کیفیت‌سنجی آب‌های سطحی برای تعیین کیفیت آب‌های سطحی در شرایط جاری به‌منظور تعیین تغییرات فصلی در یک دوره‌ی یک‌ساله، با نمونه‌هایی که با شروط زیر کسب می‌شوند: - یک نمونه برای هر ترکیبی که معمولاً دارای کاربرد صنعتی یا کشاورزی در حوزه‌ی آبریز سایت پیشنهادی است برای تعیین اینکه آیا آن ترکیب‌ها باید در برنامه پایش آب‌های سطحی در نظر گرفته‌شوند یا نه؛ - نمونه‌برداری هر شش ماه و برای پارامترهای فهرست‌شده در پیوست ۳. مگر پارامترها و تناوب‌های جایگزین مناسب‌تر تشخیص داده شوند.
۴	تفسیر نتایج بررسی تفصیلی آب‌های سطحی سایت، عوارض آب‌های سطحی جاری در سایت، و عوارض آب‌های سطحی که تخلیه‌ی آب‌های سطحی مستقیماً از سایت به آن‌ها انجام می‌شود، شامل: ۱. نقشه‌های نشان‌دهنده‌ی تمام عوارض آب‌های سطحی موجود؛ ۲. شرحی درباره کیفیت وضع‌موجود آب‌ها، و استفاده‌های حال‌حاضر و پیش‌بینی‌شده برای آب‌های سطحی، شامل: - جمع‌بندی نتایج نمونه‌برداری؛ و - مرور داده‌های موجود از منابع دیگر، شامل شبکه پایش کیفیت آب‌های سطحی در همه ایستگاه‌های بالادست یا پایین دست سایت؛ ۳. ارزیابی تفصیلی هیدرولوژیکی عوارض آب‌های سطحی، شامل: × تغییرات در تناوب، بزرگی و دوره جریان سیلابی در مکان‌های اصلی ورودی، عبوری و تخلیه از سایت؛ × تغییرات در سطوح سیلاب‌های سطحی از آبراهه‌های ورودی، عبوری از و تخلیه‌کننده سایت که دارای منطقه زهکش بالادست بزرگتر از ۱۲۵ هکتار است، × تغییرات در میانگین سالانه بیلان آبی، شامل تبخیر و تعرق، نفوذپذیری، رواناب سطحی و احجام تغذیه یا تخلیه آب‌های زیرزمینی پوشش‌دهنده ناحیه سایت و ناحیه زهکشی مشترک؛

ردیف	آیتم
	× تغییرات درجه حرارت و میانگین سالانه بار رسوبات ورودی از آبراهه‌های ورودی در مکان‌های اصلی تخلیه از سایت؛ ۴. الگوهای جریان شیرابه بالقوه و موقعیت هرگونه تقاطع آن با عوارض آب‌های سطحی در فاصله‌ی ۵۰۰ متری از ناحیه‌ی دفن پسماند.
۵	ارزیابی مناسب بودن سایت برای اهداف دفن پسماند با توجه به منطقه‌ای که سایت در آن واقع شده، عوارض آب‌های سطحی در محل و عوارض دریافت کننده، طراحی سایت و برنامه [اقدامات] احتمالی کنترل شیرابه.

۴-۵- حفاظت از آب‌های زیرزمینی

در این بخش و در بندهای ۴-۵-۱ تا ۴-۵-۴ به ارائه‌ی معیارها و ضوابط طراحی سیستم (لاینر)های حفاظت از آب‌های زیرزمینی در محل‌های‌دفن عادی پرداخته شده و در بند ۴-۵-۵ ضوابط حداقل برای محل‌های‌دفن ویژه ارائه خواهد شد.

۴-۵-۱- معیارهای طراحی در محل‌های‌دفن عادی

برای طراحی یک محل‌دفن خوب حفاظت از آب‌های زیرزمینی اساسی است. آب زیرزمینی اغلب منبع اصلی تامین آب شرب روستاها و شهرهاست و می‌تواند بخش مهمی از جریان آب‌ها باشد. به‌منظور حفاظت از کیفیت آب‌های زیرزمینی در محل‌های‌دفن عادی، سه رویکرد برای طراحی محل‌دفن در این دستورالعمل پذیرفته شده است. رویکرد اول که طراحی ویژه نامیده می‌شود، به متولی اجازه می‌دهد محل‌دفن را متناسب با شرایط محیطی سایت طراحی کند، به شرطی که محدودیت‌های ذکرشده برای حد آلایندگی قابل‌قبول جهت حفاظت از آب‌های زیرزمینی در مرز ملک رعایت شود. رویکرد دوم به متولی پیشنهاد می‌کند تا یکی از چند طرح عمومی را که در دستورالعمل مشخص شده است، بنا به مشخصات اقلیمی، هیدروژئولوژیکی و کمیت و کیفیت پسماند ورودی انتخاب کند. رویکرد سوم نیز عبارت‌است از انتخاب سیستم پیشنهادی این دستورالعمل بدون هرگونه بررسی‌های ژئوتکنیکی و هیدروژئولوژیکی بیشتر.

۴-۵-۱-۱- طراحی ویژه

در این رویکرد به جای ارائه‌ی الزامات ازپیش‌تعیین‌شده، عملکرد سیستم حفاظت از آب‌های زیرزمینی مبنا قرار می‌گیرد. در صورتی‌که شواهد کافی مبنی بر کفایت یک سیستم لاینر پیشنهادی ارائه شوند و سازمان حفاظت محیط‌زیست کفایت طراحی پیشنهادی را تأیید کند، سیستم لاینر پیشنهادی می‌تواند استفاده شود. بدیهی است

طراحی پیشنهادشده باید تضمین کند که آلاینده‌های وارد شده به آب زیرزمینی در منطقه از حد معینی بیشتر نخواهد شد. منظور از شواهد کافی، مواردی از قبیل ارزیابی تفصیلی هیدروژئولوژیک و مدل‌سازی انتقال آلاینده‌ها با استفاده از مدل‌های صحت‌سنجی‌شده است. سیستم پیشنهادی برای حفاظت از آب‌های زیرزمینی باید حدود مجاز برای غلظت آلاینده‌ها بر مبنای کیفیت زمینه‌ی آب‌های زیرزمینی و استفاده‌ی متعارف از آب‌های زیرزمینی در زمین‌های مجاور را تأمین کند. این حدود به‌صورتی تعریف شده‌اند که هیچ اثر مهمی بر روی استفاده از آب‌های زیرزمینی در زمین‌های مجاور محل‌دفن ایجاد نشود. از آن‌جا که استفاده‌ی متعارف از آب‌های زیرزمینی معمولاً استفاده به‌عنوان آب آشامیدنی است، حدود مجاز برای غلظت آلاینده‌ها نوعاً بر مبنای الزامات آب‌های آشامیدنی وضع می‌شوند. در نتیجه، کیفیت آب‌های زیرزمینی نمی‌تواند به بیش از از مقادیر زیر تنزل یابد:

- برای پارامترهای غیروابسته به سلامت (مانند کلراید): ۵۰ درصد اختلاف بین غلظت پیش‌زمینه و غلظت هدف برای آب آشامیدنی مطابق استاندارد آب آشامیدنی شماره ۱۰۵۳؛ یا
- برای پارامترهای وابسته به سلامت (مانند سرب): ۲۵ درصد اختلاف بین غلظت پیش‌زمینه و غلظت هدف برای آب آشامیدنی مطابق استاندارد آب آشامیدنی شماره ۱۰۵۳.

در مواردی دیگری که استفاده‌ی متعارف از آب‌های زیرزمینی استفاده‌ای جز آب آشامیدنی است یا در مواردی که کیفیت پیش‌زمینه‌ی آب‌های زیرزمینی پایین است، امکان تعریف حدود غلظت جایگزین وجود دارد. این حدود جایگزین مورد به مورد تعریف شده و پس از تأیید ادارات کل محیط‌زیست و آب منطقه‌ای استان، مبنای طراحی خواهند بود.

رویکرد طراحی ویژه‌ی سایت که در این دستورالعمل گنجانده شده است، به شرط رعایت محدودیت‌های غلظت مجاز آلاینده‌ها برای حفاظت از آب‌های زیرزمینی به مالک سایت انعطاف برای طراحی محل‌دفن متناسب با شرایط محلی محل‌دفن را می‌دهد. این رویکرد، استانداردی مبتنی بر عملکرد است که پذیرش طرح بر اساس توانایی طرح در برآوردن محدودیت‌های غلظت آلاینده‌ها در مرز محل‌دفن قضاوت می‌شود. بر اساس این رویکرد، متولی می‌تواند سایتی خودپالا یا سایتی مهندسی که دارای سیستم جمع‌آوری شیرابه و لاینر است، طراحی کند. برای کسب تأییدیه‌ی طرح، باید اطلاعات کافی در مورد شرایط سایت و عملکرد طرح ارائه شود تا مشخص شود محدودیت غلظت‌های مجاز رعایت شده است.

برای کمک به طراحی ویژه‌ی سایت، این دستورالعمل شامل معیارهایی برای طراحی مانند موارد زیر است:

- تعیین پارامترهای شیمیایی مورد استفاده در طراحی؛

- مشخصات پسماند و شیرابه برای پارامترهای تعیین شده؛
- ثابت‌های واپاشی (یعنی نیمه‌عمر) برای پارامترهای آلی؛ و
- عمر مفید که می‌تواند در طراحی برخی از سیستم‌های جمع‌آوری لاینر و شیرابه استفاده شود.

این معیارهای طراحی می‌توانند در طراحی سایت دفن پسماند شهری استفاده شوند. سایتی که با استفاده از این معیارها به درستی طراحی شده است از کیفیت آب‌های زیرزمینی کاملاً محافظت می‌کند. استفاده از این معیارها اجباری نیست و یک پیشنهاددهنده می‌تواند از معیارهای جایگزین در مواردی که مناسب بودن آن‌ها را اثبات خواهد کرد استفاده کند. به عنوان مثال، برای دفن پسماندهای ویژه یا برای سایتی واقع در یک منطقه جغرافیایی که داده‌های شیرابه‌های معرف بیشتری در دسترس است، معیارهای جایگزین ممکن است مناسب‌تر باشند. معیارهای طراحی در استانداردهای محل‌دفن به عنوان ابزاری برای کمک به طراحی محل‌دفن گنجانده شده‌اند. این معیارها برای این نیستند که جلوی استفاده‌ی پیشنهاددهندگان از معیارهای دیگری که انطباق بیشتری با شرایط طرح دارند را بگیرند.

بدون تهیه‌ی گزارش کتبی طراحی در ارتباط با سیستم حفاظت از آب زیرزمینی محل‌دفن که مطابق با این بخش تهیه شده است، نباید اقدام به ایجاد محل‌دفن جدید یا افزایش ظرفیت پسماند قابل پذیرش در یک محل‌دفن موجود شود. اگر معیارهای زیر برآورده شوند، طراحی سیستم حفاظت از آب‌های زیرزمینی با ضوابط این بخش مطابقت دارد:

۱. هدف از طراحی باید این باشد که محل‌دفن باعث نشود غلظت آلاینده‌های ذکر شده در جدول ... از حداکثر غلظت مجاز برای آلاینده‌ها در آب‌های زیرزمینی (مطابق آخرین تجدیدنظر استاندارد آب آشامیدنی به شماره‌ی ۱۰۵۳) در هر نقطه از زمین‌های مجاور بیشتر شود.
۲. برای هدف بند ۱، حداکثر غلظت مجاز برای یک آلاینده مطابق با فرمول زیر تعیین می شود:

$$C_m = C_b + X\,(C_r - C_b)$$

که در آن:

C_m حداکثر غلظت مجاز آلاینده؛

C_b غلظت پس‌زمینه آلاینده در آب‌های زیرزمینی آبخوان دریافت‌کننده‌ی انتشارات محل‌دفن؛

C_r غلظت هدف آلاینده در آب آشامیدنی در ارتباط با سلامت یا غلظت هدف آلاینده در آب آشامیدنی در ارتباط ظاهر، هر کدام که قابل اجرا باشد؛ و

X برابر است با:

- ۰/۲۵، اگر C_r غلظت هدف آلاینده در آب آشامیدنی در ارتباط با آلاینده‌های دارای اثر بر روی سلامت باشد؛ یا
- ۰/۵۰، اگر C_r غلظت هدف آلاینده در آب آشامیدنی در ارتباط با آلاینده‌های دارای اثرات غیرسلامتی باشد.

۳. طرح باید هر دو حالت همرفت و پراکنش آلاینده‌ها را در نظر بگیرد و شامل بررسی اثر خرابی هرگونه تأسیسات مهندسی در زمان سررسیدن عمر مفید نیز باشد.

۴. اگر شرایط فراهم باشد، به‌دلیل ماهیت پسماند یا به‌دلیل اینکه استفاده‌ی متعارف از آب زیرزمینی در زمین مجاور غیر از آب آشامیدنی است، سازمان می‌تواند:

- برای ارزیابی طرح با توجه به هدف مندرج در بند ۱، دستور یا اجازه‌ی استفاده از مقادیر C_r و X مشخص‌شده توسط سازمان به جای مقادیر تعیین‌شده در بند ۲ را بدهد.
- دستور یا اجازه‌ی طراحی -به‌صورت کامل یا جزئی- مبتنی بر آلاینده‌هایی غیر از آن‌چه در جدول ... ذکر شده را بدهد و برای ارزیابی طرح با توجه به آن آلاینده، دستور یا اجازه‌ی استفاده از مقادیر مشخص‌شده توسط سازمان برای C_r و X هر یک از دیگر آلاینده‌ها در فرمول مندرج در بند ۲ را بدهد.

۴-۵-۱-۲- طراحی نیمه‌ویژه

در این رویکرد، سیستم‌های لاینر حداقل برای حفاظت آب‌های زیرزمینی در شرایط مختلف اقلیمی، هیدروژئولوژیکی و کمیت پسماند ورودی در قالب جدول ۴-۴ ارائه شده‌اند. همان‌طور که در توضیحات جدول آمده است، در صورتی که غلظت پیش‌زمینه‌ی کلر در آب زیرزمینی بیش از ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بوده و استفاده‌ی متعارف از آب زیرزمینی نیز آب آشامیدنی باشد، لاینرهای مذکور قابل‌قبول نبوده و باید از یکی از رویکردهای طراحی ویژه یا طراحی عمومی استفاده شود.

مشخصات سیستم‌های پیشنهادی جهت حفاظت از آب زیرزمینی مطابق این رویکرد به‌ترتیب از پایین به بالا به‌شرح زیر است:

- L0: لایهٔ خاک طبیعی
- L1: لایهٔ خاک طبیعی+ سیستم جمع‌آوری شیرابه (در تمامی حالات لایه‌ای به ضخامت حداقل ۳۰ سانتی متر با هدایت هیدرولیکی حداقل $۱۰^{-۴}$ متر در ثانیه)؛

جدول ۴-۴- حداقل الزامات لاینر برای محل‌های دفن پسماندهای عادی شهری بسته به شرایط مختلف کشور

کمترین سرعت آب زیرزمینی در یک بازهٔ ۱۰ ساله (متر در روز)	حداقل ضخامت لایه خاک طبیعی پس از حفر ترانشه (متر)	هدایت هیدرولیکی لایهٔ خاک طبیعی (متر در ثانیه)	اندازه محل دفن*											
			کوچک[۵]				متوسط[۶]				بزرگ[۷]			
			منطقه چهار[۴]	منطقه سه[۳]	منطقه دو[۲]	منطقه یک[۱]	منطقه چهار	منطقه سه	منطقه دو	منطقه یک	منطقه چهار	منطقه سه	منطقه دو	منطقه یک
بیشتر از یا مساوی با ۰٫۸	۵	کمتر از یا مساوی با 10^{-8}	L1		L0		L2 یا L3	L2	L0		L3			L0
	۵	کمتر از یا مساوی با 10^{-6} و بیشتر از 10^{-8}	L0	L2			L4				L4			
	۱۰	بیشتر از 10^{-6} و کمتر از یا مساوی با 10^{-5}		L3										
کمتر از ۰٫۸ و بیشتر از یا مساوی با ۰٫۴	۵	کمتر از یا مساوی با 10^{-8}	L1	L0	L0		L3		L0		L4	L3		
	۵	کمتر از یا مساوی با 10^{-6} و بیشتر از 10^{-8}	L2				L4				L4			
	۱۰	بیشتر از 10^{-6} و کمتر از یا مساوی با 10^{-5}	L4											
کمتر از ۰٫۴و بیشتر از یا مساوی با ۰٫۱۵**	۵	کمتر از یا مساوی با 10^{-8}	L3		L2		L3				L4			
	۵	کمتر از یا مساوی با 10^{-6} و بیشتر از 10^{-8}					L4				L4		L5	
	۱۰	بیشتر از 10^{-6} و کمتر از یا مساوی با 10^{-5}	L4				L4		L5		****			

۱- منطقه یک اقلیمی است که در آن متوسط بارش و تبخیر سالیانه و نیز درصد رطوبت و ظرفیت میدانی پسماند دفن شده به صورتی باشد که منجر به ورود شیرابه با نرخ کمتر از یا مساوی با ۸۸ میلیمتر در سال به سیستم جمع‌آوری شیرابه شود.

۲- منطقهٔ دو اقلیمی است که در آن متوسط بارش و تبخیر سالیانه و نیز درصد رطوبت و ظرفیت میدانی پسماند دفن شده به صورتی باشد که منجر به ورود شیرابه با نرخ کمتر از یا مساوی با ۱۹۵ و بیشتر از ۸۸ میلیمتر در سال به سیستم جمع‌آوری شیرابه شود.

۳- منطقه سه اقلیمی است که در آن متوسط بارش و تبخیر سالیانه و نیز درصد رطوبت و ظرفیت میدانی پسماند دفن شده به صورتی باشد که منجر به ورود شیرابه با نرخ کمتر از یا مساوی با ۴۰۸ و بیشتر از ۱۹۵ میلیمتر در سال به سیستم جمع‌آوری شیرابه شود.

۴- منطقه چهار اقلیمی است که در آن متوسط بارش و تبخیر سالیانه و نیز درصد رطوبت و ظرفیت میدانی پسماند دفن شده به صورتی باشد که منجر به ورود شیرابه با نرخ بیشتر از ۴۰۸ میلیمتر در سال به سیستم جمع‌آوری شیرابه شود.

۵- محل دفنی که روزانه کمتر از یا مساوی با۵۰ تن پسماند در آن دفن می‌شود.

۶- محل دفنی که روزانه بیشتر از ۵۰ و کمتر از یا مساوی با ۵۰۰ تن پسماند در آن دفن می‌شود.

۷- محل دفنی که روزانه بیشتر از ۵۰۰ و کمتر از یا مساوی با ۱۰۰۰ تن پسماند در آن دفن می‌شود.

* در صورتی که محل دفن روزانه بیشتر از ۱۰۰۰ تن پسماند را می‌پذیرد در تمامی حالت‌ها L4 توصیه می‌شود. در غیر این صورت بایستی کفایت لاینر در نظر گرفته شده در طرح محل دفن با مدلسازی تأیید شود.

** در صورتی که حداقل سرعت آبخوان کمتر از ۰٫۱۵ متر در روز در زیر محل دفن باشد، لازم است کفایت لاینر با مدلسازی تأیید شود.

*** در صورتی که غلظت زمینهٔ کلراید در آبخوان بیشتر از ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر است لازم است حداکثر غلظت مجاز قابل نشت از محل دفن در هماهنگی با آب منطقه‌ای استان و بسته به کاربری آبخوان تعیین شود. در این صورت امکان استفاده از این جدول وجود ندارد و بایستی مدلسازی انجام شده و کفایت لاینر با توجه به حساسیت‌های مربوط به آبخوان منطقه تعیین شود.

**** لاینرهای پیشنهاد شده در این جدول پاسخگو نیستند. در این شرایط لازم است مدلسازی انجام شده و لاینر مناسب طراحی شود.

توجه: این جدول در صورتی قابل استفاده است که ارتفاع پسماند دفن شده حداکثر ۲۰ متر باشد. در صورتی که ارتفاع پسماند در محل دفن از ۲۰ متر بیشتر است بایستی مدلسازی انجام شده و کفایت لاینر تأیید شود.

L0: لایهٔ خاک طبیعی

L1: لایهٔ خاک طبیعی+ سیستم جمع‌آوری شیرابه (لایه‌ای به ضخامت ۳۰ سانتیمتر با هدایت هیدرولیکی حداقل 10^{-4} متر در ثانیه).

L2 : لایهٔ خاک طبیعی+ سیستم جمع‌آوری شیرابه + لاینر رسی (حداقل ۶۰ سانتیمتر با هدایت هیدرولیکی حداکثر 10^{-9} متر در ثانیه یا GCL معادل آن).

L3: لایهٔ خاک طبیعی+ سیستم جمع‌آوری شیرابه + ژئوممبرین (HDPE به ضخامت ۱٫۵ میلی‌متر).

L4: لایهٔ خاک طبیعی+ سیستم جمع‌آوری شیرابه + ژئوممبرین+ لاینر رسی (حداقل ۶۰ سانتیمتر با هدایت هیدرولیکی حداکثر 10^{-9} متر در ثانیه یا GCL معادل آن).

L5: لایهٔ خاک طبیعی+ سیستم جمع‌آوری شیرابه+ ژئوممبرین+ لاینر رسی (حداقل ۷۵ سانتیمتر با هدایت هیدرولیکی حداکثر 10^{-9} متر در ثانیه یا GCL معادل آن).

- L2: لایهٔ خاک طبیعی + لاینر رسی متراکم‌شده (در تمامی حالات به ضخامت حداقل ۶۰ سانتی‌متر و هدایت هیدرولیکی حداکثر $۱۰^{-۹}$ متر در ثانیه یا GCL معادل آن) + سیستم جمع‌آوری شیرابه؛
- L3: لایهٔ خاک طبیعی + ژئوممبرین (در تمامی حالات ورق از جنس HDPE به ضخامت ۱٫۵ میلی‌متر) + سیستم جمع‌آوری شیرابه؛
- L4: لایهٔ خاک طبیعی + لاینر رسی متراکم‌شده + ژئوممبرین + سیستم جمع‌آوری شیرابه؛
- L5: لایهٔ خاک طبیعی + لاینر رسی متراکم‌شده (با ضخامت حداقل ۷۵ سانتی‌متر و هدایت هیدرولیکی حداکثر $۱۰^{-۹}$ متر در ثانیه یا GCL معادل آن) + ژئوممبرین + سیستم جمع‌آوری شیرابه

۴-۵-۱-۳- طراحی عمومی

در تمامی حالات و در صورتی که امکان بررسی‌های تفصیلی هیدروژئولوژیکی مقدور نباشد، می‌توان از طرح زیر به‌ترتیب از پایین به بالا به‌عنوان سیستم حفاظت از آب‌های زیرزمینی استفاده کرد:

- لایهٔ خاک طبیعی + لاینر رسی متراکم‌شده (به ضخامت حداقل ۶۰ سانتی‌متر و هدایت هیدرولیکی حداکثر $۱۰^{-۹}$ متر در ثانیه یا GCL معادل آن) + ژئوممبرین (ورق از جنس HDPE به ضخامت ۱٫۵ میلی‌متر) + سیستم جمع‌آوری شیرابه (لایه‌ای به ضخامت حداقل ۳۰ سانتی‌متر با هدایت هیدرولیکی حداقل $۱۰^{-۴}$ متر در ثانیه).

۴-۵-۲- معیارهای طراحی در محل‌های‌دفن ویژه

در محل‌های‌دفن ویژه، سیستم حفاظت از آب‌های زیرزمینی باید شامل موارد زیر، به‌ترتیب از پایین به بالا باشد:

- خاک طبیعی
- لایه‌ی تضعیف آلاینده‌ها به ضخامت حداقل یک متر و نفوذپذیری حداکثر $۱۰^{-۸}$ متر در ثانیه
- لاینر رسی متراکم‌شده به ضخامت حداقل ۷۵ سانتی‌متر و هدایت هیدرولیکی حداکثر $۱۰^{-۹}$ متر در ثانیه یا GCL معادل آن
- لاینر ژئوممبرین از جنس HDPE به ضخامت ۲ میلی‌متر
-

۴-۶- اجزای سیستم حفاظت از آب‌های زیرزمینی

همان‌گونه که در بخش ۴-۱ این دستورالعمل گفته شد، ضروری است یک گزارش طراحی برای محل‌دفن تهیه شود. گزارش طراحی باید حاوی نقشه‌ها و مشخصات طراحی لاینرها یا سیستم جمع‌آوری شیرابه‌ای که برای

حفاظت از آب‌های زیرزمینی مورد استفاده قرار خواهد گرفت باشد. شرحی تفصیلی درباره نوع اطلاعات مرتبط با طراحی لاینر و سیستم جمع‌آوری شیرابه در این بخش ارائه شده است. اطلاعاتی که مطابق ضوابط این دستورالعمل الزاماً باید ارائه شوند موضوعاتی مثل پی محل‌دفن، لاینر کف (یعنی لاینرهای رسی متراکم‌شده، ژئوممبرین، یا لاینر رسی ژئوسینتتیکی)، سیسم‌های جمع‌آوری شیرابه، و رویه‌های کنترل و تضمین کیفیت ساخت را پوشش می‌دهد.

۴-۶-۱- طراحی پی و لاینر رسی

برای پی محل‌دفن و هرگونه لاینر رسی که باید در محل‌دفن ساخته شوند، گزارش باید حاوی اطلاعات تفصیلی به شرح جدول ۴-۵ باشد.

جدول ۴-۵- طراحی پی و لاینر رسی

ردیف	اطلاعات
۱	شرحی درباره طراحی پی و مصالح ساختمانی، شامل بحث درباره ظرفیت پی در مقابل بارهای مورد انتظار استاتیک و دینامیک
۲	داده‌هایی نشان‌دهنده نوسانات الگوی سطح ایستابی و بالاترین و پائین‌ترین سطح ایستابی فصلی در ارتباط با پی یا سیستم لاینر
۳	اطلاعات کافی برای سنجیدن ویژگی‌های مهندسی پی و مصالح لاینر رسی، در صورتی که چنین لاینری پیشنهاد شده باشد. این بخش باید شامل داده‌های مرتبط با حدود اتربرگ، محتوای کربن آلی، دانه‌بندی، کانی‌شناسی، مقاومت، هدایت هیدرولیکی، تراکم‌پذیری، و در صورت نیاز منحنی‌های تراکم باشد. همچنین گزارش باید به روشنی پارامترهای دیگر مورد استفاده طراح را مشخص (مثلاً ضرایب انتشار، ضرایب تفکیک[۸]، تخلخل موثر، و هر پارامتر دیگری که در طراحی یا تحلیل که استفاده شود) و داده‌ها و یا منابع پشتیبان انتخاب این پارامترها را ارائه کند.
۴	در ارتباط با سازگاری شیرابه و لاینر، داده‌هایی که نشان دهند افزایش قابل‌توجهی در هدایت هیدرولیکی اتفاق نخواهد افتاد یا مراجعی در ارتباط با آزمایش‌هایی که با استفاده از شیرابه‌ای مشابه آنچه در سایت مورد انتظار است بر روی خاکی که از منظر کانی‌شناسی مشابه خاک مورداستفاده در سایت است، انجام شده است.
۵	تحلیل‌های مهندسی، براساس داده‌های جمع‌آوری‌شده از خلال اکتشافات زیرسطحی و برنامه‌های تست‌های آزمایشگاهی که موارد زیر را ارائه کنند: - برآورد نشست کل و نسبی، شامل نشست آنی و تحکیم اولیه و ثانویه، با توجه ویژه بر منهول‌ها؛ - برآورد ظرفیت باربری و پایداری پی که نشان‌دهنده ظرفیت باربری مجازی که نباید از آن تجاوز کرد، باشد، با توجه ویژه بر منهول‌ها؛ - برآورد پتانسیل بالا آمدن یا بادکردن کف ناشی از فشارهای هیدرواستاتیک یا گاز؛

[۸] partitioning coefficients

ردیف	اطلاعات
	- دلیلی که نشان دهد پی ظرفیت تامین پشتیبانی مناسب برای تجهیزات ساخت و بهره‌برداری را دارد؛ - دلیلی که نشان دهد شیب‌های کناری محل‌دفن در تمام طول ساخت و بعد از آن (این شامل شیب‌های جانبی تا کف و همچنین شیب جانبی تا پوشش نهائی محل‌دفن می‌شود) پایدار خواهند بود با در نظر گرفتن تمام مکانیزم‌های شکست احتمالی (شامل احتمال لغزش درون یا بین لایه‌ها در هر لاینر، سیستم جمع‌آوری شیرابه و سیستم جمع‌آوری گاز).
۶	توضیحاتی درباره رویه‌های ساخت و نصب. اگر یک لاینر رسی متراکم‌شده پیشنهاد شده است، این توضیحات باید شامل جزئیاتی درباره کنترل محتوای آب تراکم، ضخامت لایه‌ها، تجهیزات مورد استفاده، شیارزنی بین لایه‌ها، محدودیت‌های اندازه کلوخه‌ها، حذف سنگ‌ها، و رویه‌هایی که برای جلوگیری از خشک شدن لاینر رسی به کار گرفته خواهند شد، باشد. قطعات لاینر آزمایشی باید به منظور توسعه و تأیید رویه‌های ساخت باید احداث شوند.
۷	توضیحاتی درباره روش‌های بازرسی، پایش، نمونه‌برداری و آزمایش‌هایی که به‌کار گرفته می‌شوند تا از تأمین نیازها و الزام‌های طراحی توسط پی و لاینر اطمینان حاصل شود.
۸	توضیحاتی درباره مواد افزودنی که پیشنهاد شده به خاک اضافه شوند، نسبت‌های لازم جهت اختلاط، و روش‌هایی که باید برای اختلاط و پخش مصالح به‌کار گرفته شوند.

۴-۶-۲- لاینر ژئوممبرین

اگر لاینر ژئوممبرین پیشنهاد شده باشد،اطلاعات جدول ۴-۶ نیز باید در گزارش مورد بحث قرار گیرند:

جدول ۴-۶- لاینر ژئوممبرین

ردیف	اطلاعات
۱	شرحی درباره ژئوممبرین پیشنهادی (نوع، ضخامت، بافت و ...)
۲	الزامات طراحی و مشخصات فنی ژئوممبرین (مانند ضخامت، چگالی، شاخص مذاب، پراکندگی دوده، ویژگی‌های کششی، مقاومت گسیختگی، مقاومت در مقابل سوراخ‌شدن، مقاومت در برابر ترک خوردگی ناشی از تنش، زمان القاء اکسیداسیون (شامل OIT اولیه و OIT بعد از پیرشدگی در آون با دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۰ روز)، و مقاومت در برابر اشعه فرابنفش)
۳	الزامات تحویل، انبارش، نصب و نمونه‌برداری از ژئوممبرین
۴	محاسبه تنش‌های فیزیکی شامل موارد ناشی از: - نشست نسبی خاک پی، - الزامات کرنش در ترانشه مهار ژئوممبرین، و - الزامات کرنش در شیب‌های کناری بلند و تند.
۵	تأییدیه سازگاری شیمیایی لاینر (جز در مورد لاینر پلی‌اتیلن سنگین (HDPE)) و شیرابه و ذکر مأخذ تأییدیه.

۶	شرحی درباره اینکه تنش‌های کوتاه‌مدت مانند تنش‌های ناشی از عبور و مرور تجهیزات در طول دوره نصب و اثرات حرارتی در طول دوره ساخت و بهره‌برداری چگونه در نظر گرفته شده‌اند. لاینر باید در مقابل تنش‌های ناشی از نصب لایه محافظتی قرار داده شده بین لاینر و سیستم جمع‌آوری شیرابه مقاومت کند.
۷	شرحی که نشان دهد اصطکاک مناسبی بین عناصر سیستم لاینر وجود دارد به‌طوری که لغزش روی شیب‌های سلول دفن رخ نمی‌دهد. به‌ویژه، استفاده از معادله‌های طراحی برای ارزیابی: - توانایی ژئوممبرین برای مقاومت در برابر لغزش به‌خاطر وزن خود در شیب‌های جانبی، - توانایی ژئوممبرین برای مقاومت در برابر پائین کشیده‌شدن در حین جایگذاری پسماند و بعد از آن؛ - مناسب بودن آرایش مهار ژئوممبرین در بالای شیب، و - پایداری هر لایه‌ی حفاظتی واقع بر روی ژئوممبرین.
۸	مشخصات نصب شامل جزئیات مرتبط با: - بازرسی چشمی مناسب بودن بستر اجرای ژئوممبرین؛ - روش‌های مقابله با انبساط و انقباض حرارتی که از ایجاد اختلال در عمر مفید ژئوممبرین پیشگیری می‌کند؛ - روش‌های حفاظت از ژئوممبرین در جریان حمل، انبارش و جابجایی؛ - تخلیه‌ی ژئوممبربن در کارگاه ساخت (شامل نقشه چیدمان یک پانل)، آماده‌سازی درزها، روش‌های درزبندی، محدودیت‌های حرارتی درزها؛ - رویه‌هایی که باید برای جلوگیری از خشک‌شدن لایه‌ی رسی متراکم‌شده‌ی زیرین در حین و بعد از نصب ژئوممبرین به‌کار گرفته شوند.
۹	فعالیت‌های بازرسی، شامل هر دو نوع تست‌های کنترل کیفیِ میدانیِ مخرب و غیرمخرب حین نصب ژئوممبرین. نحوه‌ی رعایت موارد زیر شرح داده شود: - دمای محیطی که درزها در آن ایجاد می شوند؛ - رطوبت نسبی؛ - کنترل بلندشدگی ورق ژئوممبرین توسط باد؛ - چروک‌خوردگی‌ها؛ - اثرات پوشش ابر و نور مستقیم خورشید بر دمای ژئوممبرین؛ - درصد رطوبت لایه‌ی زیر ژئوممبرین؛ - سطح پشتیبانی که درزها روی آن اتصال داده می‌شوند؛ - مهارت کارکنان درزبندی؛ - کیفیت و سازگاری مواد شیمیایی یا جوشکاری؛ - آماده‌سازی مناسب سطوح ورق ژئوممبرین برای اتصال؛ و - تمیز بودن سطوح درزها (به عنوان مثال مقدار گرد و غبار موجود در هوا).
۱۰	مشخصات مقاومتی لاینر و محاسبات معرف حداقل مقاومت مورد نیاز با در نظر گرفتن: - تغییرات فشار داخلی و خارجی؛ - تنش ناشی از نشست، فشار یا بلندشدگی؛ - شرایط آب‌وهوایی؛

	– تنش‌های حین نصب؛ و – تنش‌های حین بهره‌برداری.
۱۱	مشخصات فنی لایه‌ی محافظی که بین ژئوممبرین و سیستم جمع‌آوری شیرابه نصب می‌شود، شامل روش نصب لایه محافظ.

۴-۶-۳- لاینر رسی ژئوسینتتیکی (GCL)

اگر یک لاینر ژئوسینتتیک رسی به‌عنوان جایگزین لاینر رسی متراکم‌شده پیشنهاد شده باشد، اطلاعات ارائه شده در جدول ۴-۷ باید در گزارش مورد بحث قرار گیرد:

جدول ۴-۷- لاینر ژئوسینتتیک رسی (GCL)

ردیف	اطلاعات
۱	شرحی درباره GCL پیشنهادی شامل داده‌های کافی برای ارزیابی خصوصیات مهندسی GCL. این شرح باید شامل داده های مربوط به حدود اتربرگ، محتوای کربن آلی، کانی‌شناسی، مقاومت برشی، هدایت هیدرولیکی و ضخامت هیدراته شده تحت شرایط تنش میدانی باشد (بر اساس آزمایش نفوذپذیری با ترکیب شیمیایی مشابه شیرابه مورد انتظار برای محل‌دفن). آزمون‌های هدایت هیدرولیکی‌ای که مبنای هدایت هیدرولیکی طراحی هستند باید بر روی نمونه‌های هیدراته شده برای شبیه‌سازی هیدراتاسیون مشابه آن‌چه در ساخت‌گاه مورد انتظار است انجام شده باشد، نفوذ در این آزمون‌ها باید با تعداد کافی از عبور حجم حفره‌ای سیال انجام شده باشد به‌گونه‌ای که یا (الف) غلظت پارامتر در سیال خروجی حداقل برابر ۹۰ درصد سیال ورودی باشد، یا (ب) از تعداد حجم حفره‌ای که می‌تواند در طول عمر آلایندگی محل‌دفن از GCL عبور کند بیشتر باشد؛ هر کدام که کمتر باشد. این گزارش همچنین باید سایر پارامترهای مورد استفاده طراح را به طور واضح مشخص کند (به عنوان مثال ضرایب انتشار، ضرایب تفکیک، تخلخل مؤثر و هر پارامتر دیگری که در طراحی یا تجزیه و تحلیل استفاده می‌شود) و داده‌ها و یا مراجع مربوطه (به عنوان مثال برای موارد مشابه) را برای پشتیبانی از انتخاب این پارامترها ارائه دهد.
۲	شرح درباره روش‌های ساخت و نصب. در این بخش نحوه هیدراته شدن GCL در محل را مشخص کند و مشخصات نصب از جمله جزئیات مربوط به موارد زیر را ارائه دهد: – بازرسی چشمی مناسب بودن بستر اجرای GCL؛ – روش‌های حافظت از GCL در هنگام حمل، ذخیره و حمل و نقل؛ و – تخلیه‌ی GCL در محل ساخت، آماده‌سازی درزها و روش‌های درزگیری. باید مشخص شود که چگونه از باز شدن درزها (به دلیل حرکت در اثر قرار دادن لایه‌های همپوشانی) جلوگیری می‌شود.
۳	شرحی درباره روش‌های بازرسی، نمونه‌گیری و آزمون‌ها و فرکانس‌های آزمون‌های مورد استفاده برای اطمینان از مطابقت GCL با الزامات طراحی.
۴	باید نشان داده شود که مقاومت برشی کافی در داخل GCL و بین GCL و سایر اجزای سیستم لاینر وجود دارد و لغزش در شیب سلول دفن رخ نمی‌دهد.

۴-۶-۴- سیستم جمع‌آوری شیرابه

چنانچه یک سیستم جمع‌آوری شیرابه اصلی یا ثانویه پیشنهاد شده باشد، اطلاعات ارائه شده در باید در گزارش مورد بحث قرار گیرد:

جدول ۴-۸- سیستم جمع‌آوری شیرابه

ردیف	اطلاعات
۱	شرحی درباره سیستم جمع‌آوری شیرابه پیشنهادی، شامل تخمین میزان شیرابه، طرح لایه زهکش، شبکه لوله‌ها و سیستم خروج شیرابه.
۲	مشخصات، محاسبات و توضیحات طراحی و اقدامات عملیاتی که نشان دهد سیستم جمع‌آوری شیرابه یا مطابق با الزامات ارائه‌شده در پیوست ... طراحی شده است، یا با ارائه موارد زیر نشان دهد عمر مفید و کنترل هد شیرابه‌ی مفروض در مطالعات طراحی ویژه تأمین خواهد شد: - درجه‌بندی (قطر اسمی، ضریب یکنواختی، محتوای سیلت)، طول مسیر زهکشی، ضخامت نرمال برای زهکشی شیرابه، شیب سطحی کف محل‌دفن، سازگاری شیرابه، پتانسیل انسداد بیولوژیکی/شیمیایی و هدایت هیدرولیکی مواد زهکشی دانه‌ای؛ - انتقال بلندمدت تحت بارهای نهایی، پتانسیل انسداد بیولوژیکی/شیمیایی و سازگاری شیرابه با لایه‌ی زهکش ژئوسینتتیک؛ - لایه فیلتر/جداکننده از جنس ژئوتکستایل یا مصالح درشت‌دانه‌ی دانه‌بندی‌شده بین پسماند و لایه زهکش؛ و - مواد، قطر داخلی، ضخامت دیواره، اندازه، محل و فاصله سوراخ‌ها، ظرفیت جریان، ظرفیت سازه‌ای (شکست دیواره، انحراف لوله، فشار کمانش بحرانی)، دسترسی برای تمیز کردن، و برنامه بازرسی و تمیز کردن لوله های جمع آوری.
۳	اثبات این‌که شیب‌های جانبی سیستم جمع‌آوری شیرابه پایدار خواهند بود. به‌خصوص، استفاده از معادله‌های طراحی، برای ارزیابی: - پایداری مصالح زهکش دانه‌ای روی لایه خاک زیرین یا ژئوممبرین؛ - پایداری بین اجزای هرگونه لایه‌ی زهکش ژئوسینتتیک (ژئوتکستایل، ژئونت) و بین لایه‌ی زهکش ژئوسینتتیکی و لایه خاک زیرین یا ژئوممبرین؛ - پایداری لایه زهکش ژئوسینتتیکی در شیب‌های جانبی در برابر وزن خود لایه؛ - توانایی لایه زهکش ژئوسینتتیک برای مقاومت در برابر پایین کشیده‌شدن در حین جایگذاری پسماند و بعد از آن؛ - مناسب بودن آرایش مهاربندی برای لایه زهکش ژئوسینتتیک؛ و - پایداری هر لایه جداکننده یا فیلتر بر روی لایه زهکش ژئوسینتتیک.
۴	مشخصات نصب، شامل جزئیات زیر: - تجهیزات مورد استفاده در استقرار لایه زهکش دانه‌ای، - روش‌های کنترل ضخامت لایه زهکش دانه‌ای، - عمق مدفون‌سازی لوله‌های جمع‌آوری، - روش‌های اتصال لوله‌ها، - روش‌های استقرار و درزبندی، در صورت استفاده از لایه زهکش ژئوسینتتیک، - روش‌های استقرار لایه جداکننده یا فیلتر بالای لایه زهکش.

۴-۶-۵- کنترل و تضمین کیفیت ساخت

گزارش معمولاً باید شامل بحثی درباره تضمین کیفیت طرح که هم کنترل کیفی مصالح ساخت (CQC) و هم تضمین کیفیت ساخت (CQA) را همان‌گونه که در جدول ۴-۹ آمده (حسب مورد) باشد.

جدول ۴-۹- کنترل و تضمین کیفیت ساخت

ردیف	اطلاعات
۱	پی
۲	لاینرهای رسی متراکم‌شده
۳	لاینرهای ژئوسینتتیک رسی
۴	پیش‌گیری از خشک‌شدن لاینر رسی متراکم‌شده پیش از جاگذاری پسماند بر روی هر بخش از سیستم لاینر
۵	لاینرهای ژئوممبرین
۶	لایه‌های محافظ لاینر ژئوممبرین
۷	سیستم‌های جمع‌آوری شیرابه
۸	لایه‌های جداکننده یا فیلتر سیستم‌های جمع‌آوری شیرابه

این برنامه ممکن است شامل بحث‌هایی درباره مواردی چون مشخصات روش‌های آزمونی که باید بکار گرفته شوند، فرکانس نمونه‌برداری، دامنه قابل‌قبول داده‌ها و رویه‌هایی که باید در زمان عدم برآورده‌شدن مشخصات فنی به‌کار گرفته شوند، باشد. توضیحی درباره‌ی منطق پشت طرح معمولاً در طرح گنجانده می‌شود. طرح CQC/CQA معمولاً جزئیات مسئولیت‌های مامور کنترل کیفی ساخت را آنچنان که در جدول ۴-۱۰ آمده است را نیز تشریح می‌کند.

جدول ۴-۱۰- مسئولیت‌های مامور کنترل کیفی ساخت

ردیف	اطلاعات
۱	ارتباط با پیمانکار
۲	تفسیر و رفع ابهام نقشه‌ها و مشخصات با همراهی طراح، مالک و پیمانکار
۳	توصیه پذیرش یا رد کار انجام شده توسط پیمانکار ساخت توسط مالک یا بهره‌بردار.
۴	ثبت نمونه‌های تصادفی (به‌عنوان مثال تکراری) برای تحلیل توسط آزمایشگاه کنترل کیفی یا یک یا چند آزمایشگاه مستقل
۵	اطلاع این موضوع که مشکلات ساخت در زمان مقرر توسط پیمانکار برطرف نشده‌اند به مالک یا بهره‌بردار
۶	بررسی تجهیزات آزمایشگاهی، پرسنل و رویه‌های مورد استفاده توسط پیمانکار ساخت برای بررسی تغییرات مخرب مهم در طول زمان.
۷	نظارت بر انطباق با روش‌های لازم برای جلوگیری از خشک‌شدن لاینر رسی متراکم‌شده قبل از قراردادن پسماند روی هر قسمت از سیستم لاینر.
۸	بررسی سوابق کنترل کیفیت، خلاصه نگهداری و تعمیرات و تفسیر داده‌های آزمون برای صحت و مناسب بودن.
۹	گزارش‌دهی به مالک یا بهره‌بردار در مورد نتایج نظارت.

۴-۷- الزامات پایش گاز محل‌دفن

پایش گاز محل‌دفن جزء جدایی ناپذیر مدیریت گاز محل‌دفن است و باید بر اساس یافته‌های برنامهٔ ارزیابی ریسک گاز محل‌دفن برای هر محل‌دفن مشخص طراحی و اجرا شود. تعداد و محل نقاط پایش گاز به شرایط هر سایت وابسته است و باید بر اساس عوامل کلیدی زیر تعیین شود:

- نوع پسماند دفن شده
- نرخ تولید گاز و ترکیبات آن
- مسیرهای احتمالی مهاجرت گاز
- طبیعت و محل پذیرنده‌های بالقوه برای گاز محل دفن
- اثرات محتمل روی پذیرنده‌ها
- مدت زمان انتقال برای مهاجرت گاز از منبع به پذیرنده‌های بالقوه

پایش گاز حداقل باید موارد زیر را در بر بگیرد:

- سطح محل‌دفن
- ساختار زمین‌شناسی زیرسطحی
- تأسیسات زیرسطحی داخل و همجوار سایت

- ساختمان‌ها/سازه‌های داخل و همجوار سایت
- تجهیزات مدیریت/تصفیهٔ گاز محل‌دفن (مثل فلرها و موتورها)

در برخی موارد ممکن است پایش گاز محل‌دفن موجود در آب زیرزمینی و شیرابه نیز مناسب باشد. سطوح تعریف شده برای گاز محل‌دفن در محل‌های مختلف پایش در جدول زیر به این منظور هستند که هرگاه غلظت آلاینده های مشخص شده در ستون دوم از مقادیر مشخص شده در ستون سوم تجاوز کرد، بایستی سازمان محیط زیست ظرف حداکثر ۲۴ ساعت مطلع شود (در صورتی که افزایش غلظت فقط در نقاط پایش داخل سایت از سطوح مشخص شده تجاوز کرده و در مدت ۲۴ ساعت بر طرف شده‌است، نیازی به اطلاع به سازمان نیست). در این صورت باید یک برنامهٔ عملیاتی پاکسازی گاز محل‌دفن بایستی تهیه و برای سازمان ارسال شود.

جدول ۴-۱۱- سطوح مجاز تولید گاز در محل‌دفن

محل پایش	پارامتر(ها)	حدود غلظت
پوشش نهایی سطح محل‌دفن	غلظت متان در هوا*	۱۰۰ ppm
در محدودهٔ ۵۰ میلیمتری نفوذ درون پوشش نهایی	غلظت متان در هوا**	۱۰۰ ppm
نواحی پوشش میانی سطح محل‌دفن***	غلظت متان در هوا*	۲۰۰ ppm
در محدودهٔ ۵۰ میلیمتری نفوذ درون پوشش میانی	غلظت متان در هوا**	۱۰۰۰ ppm
بیوفیلترها	فلاکس متان	۱ $g/m^2/hr$
سازند زمین‌شناسی زیرسطحی در مرز محل‌دفن	غلظت‌های متان و دی‌اکسید کربن	۱ درصد نسبت حجمی متان یا ۱٫۵ درصد نسبت حجمی دی‌اکسید کربن بالاتر از زمینه
تأسیسات زیرسطحی درون محل‌دفن و نواحی همجوار	غلظت متان	۱۰۰۰۰ ppm
سازه‌ها/ساختمان‌های داخل و همجوار سایت	غلظت متان در هوا	۵۰۰۰ ppm
فلرهای گاز محل‌دفن	متان و ترکیبات آلی فرار	۹۸ درصد بازده تخریب

* نقطهٔ اندازه‌گیری ۵۰ میلیمتر بالاتر از سطح محل‌دفن است.

** نقطهٔ اندازه‌گیری ۵۰ میلیمتر از نقطهٔ تخلیه است.

*** نواحی پوشش میانی آن‌هایی هستند که پوشش مهندسی ندارند و برنامه‌ای برای پذیرش پسماند در آن‌ها در مدت سه ماه آتی نیز وجود ندارد.

اگر مقدار گاز در داخل یک ساختمان از ۱درصد v/v متان بیشتر باشد توصیه به جا به جایی از ساختمان است. همچنین باید سریعاً با آتشنشانی تماس گرفته شده و مطابق توصیه‌های اورژانسی عمل شود.

۵- بهره‌برداری

۵-۱- الزامات سیستم پذیرش پسماند

نکات کلیدی این بخش عبارتند از:

- انواع خاصی از پسماندها نمی‌توانند در محل‌دفن دفن شوند.
- طبقه بندی محل‌دفن‌ها با توجه به امکان پذیرش انواع پسماندهای خطرناک، غیر خطرناک یا بی اثر در آنها
- در صورت رعایت ضوابط پذیرش پسماند (WAC) برای هر نوع از محل‌دفن، می‌توان پسماندها را در آن محل‌دفن پذیرفت.
- اکثر پسماندها قبل از فرستاده شدن به محل‌دفن باید تصفیه شوند.
- وجود فرآیندهای رسمی برای شناسایی و بررسی پسماندها که بایستی قبل از پذیرش پسماندها در محل‌دفن انجام شود.
- اگر تصمیم بر آن شد که دفع پسماندها، بهترین گزینه برای مدیریت پسماندها می‌باشد بایستی قبل از پذیرش پسماند در محل‌دفن، اپراتور محل‌دفن اطمینان داشته باشد که پسماند شرایط مراحل پذیرش پسماند (WAP) و معیارهای پذیرش پسماند (WAC) را رعایت می‌کند در غیر اینصورت اپراتور ممکن است از پذیرش پسماند امتناع ورزد.

۵-۱-۱- مراحل پذیرش پسماند

با توجه به ضوابط این دستورالعمل، اپراتورهای محل‌دفن باید مراحل پذیرش پسماند (WAP) اختصاصی سایت خود را تهیه کنند. باید مشخص شود که آیا پسماند برای رفتن به محل‌دفن مناسب است یا خیر و کدام نوع محل‌دفن مناسب استفاده می باشد.

مراحل پذیرش پسماند (WAP) شامل سه مرحله برای شناسایی و بررسی دوره‌ای ویژگی های اصلی پسماندها است:

مرحله اول: مشخصات اصلی

قبل از فرستاده شدن پسماند به محل‌دفن، بایستی ترکیبات و مشخصات آن معین باشد تا مناسب بودن پسماند جهت پذیرش در محل‌دفن بررسی و همچنین نوع محل‌دفن مناسب جهت پذیرش پسماند نیز مشخص شود.

مرحله دوم: آزمایش انطباق

برای پسماندهایی که تولید آنها مرتباً در حال افزایش است، به عنوان مثال پسماندهای یک فرآیند صنعتی، بایستی پسماند به طور دوره‌ای بررسی شود تا اطمینان حاصل شود که ویژگی‌های آن تغییر نکرده‌اند.

مرحله سوم: تأیید در محل

اپراتور باید هر یک از پسماندهای تحویلی در محل‌دفن را بررسی کند و مشخص کند که آیا پسماند مورد تایید است و در انبار یا در فرایند حمل و نقل آلوده نشده است.

در کنار مراحل پذیرش پسماند (WAP)، همه دارندگان (تولیدکنندگان) پسماند وظیفه مراقبت از پسماند را به عهده دارند. این بدان معنی است که دارندگان پسماند باید:

- تمامی اقدامات معقول را برای جلوگیری از نقض هرگونه قانون، از جمله شرایط مجوز، انجام دهند.
- اطمینان حاصل کنند که پسماندها به طور مناسب نگهداری و از کنترل خارج نمی‌شوند.

تبصره: جهت جلوگیری از نقض قوانین توسط دیگران، به همراه پسماند، اطلاعات پسماند به صورت کتبی تحویل داده شود.

به عنوان یک تولیدکننده پسماند، به منظور تشریح وظایف مراقبت از پسماند بایستی مشخصات پسماندها شفاف باشد که مشخص شود آیا پسماند به محل‌دفن ارسال شود یا خیر. این مشخصات شامل ارزیابی خطرپذیری (پسماند خطرناک است یا خیر مگر اینکه پسماند کاملا غیرخطرناک باشد) و همچنین ارزیابی ترکیبات پسماند می‌باشد.

معیارهای پذیرش پسماندها برای پسماندهای بی‌اثر، غیرخطرناک و خطرناک به شرح زیر است:

- لیستی از ضایعات که ممکن است در محل‌دفن‌های بی اثر بدون آزمایش پذیرش شود.
- محدودیت در قابلیت نشت برخی پارامترهای خاص.
- محدودیت در میزان مواد آلی پسماندها.

تبصره: برای پسماندهای غیر خطرناک هیچ محدودیتی در محل‌دفن‌ها وجود ندارد.

در بسیاری از موارد، برای بررسی اینکه آیا پسماند در محدوده مجاز قرار دارد، باید نمونه برداری و آزمایش صورت گیرد.

۵-۱-۲- خلاصه‌ای از الزامات برای تولیدکنندگان پسماند

قبل از اینکه تولیدکننده پسماند بتواند پسماند را برای دفع به محل‌دفن ارسال کند، باید بررسی کند که محل‌دفن دارای مجوز مناسب باشد و نیز باید موارد زیر را تکمیل کرده باشد:

- برگه انتقال وظایف مراقبت یا برگه حمل پسماند خطرناک
- برگه اعلام پیش‌تصفیه
- مشخصات اصلی پسماندها، شامل موارد زیر:
  - توضیحات در مورد پسماند
  - کد پسماند (با استفاده از لیست پسماندها)
  - ترکیبات پسماند (در صورت لزوم با آزمایش)
  - تست معیارهای پذیرش پسماند (در صورت لزوم)

۵-۱-۳- پسماندهای ممنوعه

انواع پسماندهای زیر را نمی‌توان به محل‌دفن ارسال کرد:

- پسماند مایع؛
- پسماندهایی که در محل‌دفن، قابل انفجار، خورنده، اکسیدکننده، قابل اشتعال یا بسیار قابل اشتعال هستند؛
- پسماندهای عفونی بیمارستانی و کلینیکی با مرجعیت مراکز پزشکی یا دامپزشکی؛
- مواد شیمیایی حاصل از فعالیت‌های تحقیق و توسعه یا تدریس (مانند باقیمانده‌های آزمایشگاهی) که ناشناخته و یا جدید هستند و اثرات آن بر انسان و یا محیط زیست مشخص نیست؛
- تمام لاستیک‌های مستعمل کامل و خردشده بجز لاستیک‌های مورد استفاده در مواد مهندسی، لاستیک های دوچرخه و لاستیک‌هایی با قطر بیرونی بیش از ۱۴۰۰ میلی متر.

برخی از این نوع پسماندها در زیر شرح داده‌شده‌اند:

۵-۱-۳-۱- پسماند مایع

پسماند مایع عبارت است از:

(الف) هر نوع پسماندی که بلافاصله داخل حفره‌ای در سطح پسماند جریان یابد، یا

(ب) هر نوع پسماند حاوی مایع زهکشی نشده که بیش از ۲۵۰ لیتر یا ۱۰ درصد از حجم بار (هر کدام که مقدار کمتری را نشان دهد) باشد. اصطلاح زهکشی آزاد به معنای مایعی است که در بند (الف) تعریف شده است، صرف نظر از اینکه آن مایع داخل یک ظرف باشد.

اگر پسماند مایع نباشد (مطابق با تعریف در بند (الف) باید لجن یا جامد باشد. این موضوع به پسماندهای ریزدانه، پسماندهای همگن مانند رسوبات فیلتر، لجن فاضلاب و سیلت آبگذر جاده‌ها مربوط می‌شود. پسماندهایی که به

آرامی و نه سرعت زیاد به داخل حفره‌ای در سطح جریان یابند، لجن یا جامد ریزدانه خواهند بود؛ بنابراین ممنوع نیستند.

اگر مشخص است (یا تصور آن منطقی است) که مقادیر کمی مایع در یک پسماند عمدتا جامد وجود دارد، باید از معیار بند (ب) استفاده شود. به عنوان مثال، کارتن‌های شیر یا آبمیوه موجود در پسماندهای تجاری یا مایعاتی که به طور تصادفی به پسماند اضافه شده است. توجه شود که این شامل مایعی که از اجزای پسماند زهکشی شده یا فشرده شده است و آب بارانی که درون پسماند است نیز می‌شود.

میعانات گازی و شیرابه تولیدشده در محل‌دفن، از منظر دستورالعمل‌های پذیرش پسماند در محل‌دفن پذیرش نشده‌اند بلکه در محل تولید شده‌اند. بنابراین می‌توان آنها را مطابق با مجوز دفن پسماند مدیریت کرد (برای مثال، در صورت داشتن مجوز می‌توان شیرابه را مجدداً بازگردانی کرد). با این حال، شیرابه تولیدشده در محل‌دفن دیگر نمی‌تواند برای بازگردانی مجدد پذیرفته شود زیرا انجام این کار به مثابه‌ی پذیرش پسماند مایع برای دفع محسوب می‌شود.

۵-۱-۳-۲- خطرات ممنوعه

مواد منفجره، خورنده، اکسید کننده، قابل اشتعال یا بسیار قابل اشتعال طبق تعاریف دستورالعمل مواد منفجره، خورنده، اکسید کننده، بسیار قابل اشتعال و بسیار قابل اشتعال در مقررات مربوط به پسماند ویژه ذکر شده است.

۵-۱-۳-۳- پسماندهای عفونی و بهداشتی

پسماندهای عفونی فقط در صورتی که پسماند بیمارستان‌ها و سایر مراکز بالینی ناشی از موسسات پزشکی یا دامپزشکی باشد، ممنوع است. این بدان معنا نیست که پسماندهای عفونی از منابع دیگر یا در حقیقت سایر پسماندهای بالینی یا بهداشتی و درمانی باید به محل دفن پسماند ارسال شوند.

محل‌دفن‌های پسماندهای غیرخطرناک نباید پسماندهای بالینی و مرتبط که عفونی هستند را بپذیرند. چنین پسماندهایی از مراکز پزشکی یا دامپزشکی به وجود می‌آیند. محل‌دفن پسماندهای غیر خطرناک تنها در صورتی می‌توانند چنین پسماندهایی را بپذیرند که تصفیه شده و خطری نداشته باشند.

سایر پسماندهای مراقبت‌های بهداشتی (و ضایعات مشابه شهری و مراکز تولیدی) از جمله داروها، قطعات بدن، اندام‌ها و محفظه‌های خون نباید دفن شوند.

۵-۱-۳-۴- پسماند بی‌اثر

پسماندهای بی‌اثر، پسماندهایی هستند که دست‌خوش هیچ‌گونه تغییر فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی قابل‌توجهی نمی‌شوند. پسماندهای بی اثر حل نمی‌شوند، قابل سوختن نیستند و واکنش فیزیکی یا شیمیایی نمی‌دهند، دچار تجزیه بیولوژیکی نمی‌شوند و بر سایر موادی که در تماس با آنها قرار می‌گیرند تأثیر منفی نمی‌گذارند و همچنین به ندرت باعث آلودگی محیط زیست یا آسیب به سلامتی انسان می‌شوند. قابلیت نشت و میزان آلایندگی کل این نوع پسماند و سمیت‌زایی شیرابه ناچیز است و به ویژه کیفیت آب های سطحی و یا آب های زیرزمینی را به خطر نمی‌اندازند.

بر اساس دستورالعمل های پذیرش پسماند، با فرض بی اثر بودن، پسماندهای زیر بدون انجام آزمایش قابلیت ارسال به محل‌دفن پسماندهای بی اثر را دارا می باشند:

- یک نوع پسماند از یک جریان پسماند باشد.
- هیچ گونه سوء ظنی به آلودگی در آنها وجود نداشته باشد و وجود مواد دیگری مانند فلزات، آزبست، پلاستیک، مواد شیمیایی و غیره در حدی نباشد که خطر همراه بودن با پسماند را به اندازه کافی افزایش دهد تا دفع آنها در سایر محل‌دفن‌ها توجیه داشته باشد.

در صورت وجود ظن آلودگی (چه از نظر بصری و چه از نظر اطلاعات در مورد منشاء پسماند) پسماندها باید آزمایش معیار پذیرش پسماند (WAC) را انجام دهند (در غیر اینصورت از پذیرش در محل دفن پسماندهای بی اثر خودداری شود).

پسماندهایی که معیارهای فوق را برآورده نمی‌کنند، فقط در صورتی می‌توانند در محل‌دفن پسماندهای بی اثر پذیرش شوند که نتایج آزمایش تایید کند که:

- این پسماندها خطرناک نیستند؛ و
- از مقادیر حداکثر معیار پذیرش پسماند (WAC) تجاوز نمی‌کنند.

۵-۱-۳-۵- پسماندهای غیرخطرناک

محل‌دفن پسماندهای غیرخطرناک می‌تواند پسماندهای شهری به همراه ضایعات غیر خطرناک (از جمله پسماندهای بی اثر) را از هر مبدأ دیگری بپذیرد.

هیچ محدودیت معیار پذیرش پسماند (WAC) برای محل‌دفن پسماندهای غیر خطرناک وجود ندارد. این بدان معناست که هیچ محدودیتی برای محتوای آلی یک فاضلاب پذیرفته شده در محل‌دفن پسماندهای غیر خطرناک وجود ندارد.

شرط اصلی ورود پسماند به محل‌دفن پسماندهای غیر خطرناک، اطمینان حاصل نمودن از خطرناک نبودن پسماند است. برای تعیین غیر خطرناک بودن پسماند توجه به دو نکته زیر حائز اهمیت است:

- ورودی‌های نامشخص: این پسماندها با توجه به غلظت مواد خطرناک در آن‌ها، ممکن است خطرناک یا غیر خطرناک باشند. برای بررسی غیر خطرناک بودن پسماند، آزمایش تعیین ترکیبات پسماند الزامی است (ارزیابی اجزای جامد پسماند).
- ورودی های کاملا غیرخطرناک: این نوع پسماند، غیر خطرناک به نظر می‌رسد. برای این نوع پسماند هیچ آزمایش ترکیبات یا آزمایش معیار پذیرش پسماند (WAC) لازم نیست.

این بدان معناست که در موارد خاص آزمایشی (آزمایش ترکیبی یا آزمایش WAC) جهت شناسایی پسماندهای غیرخطرناک قبل از دفع در محل‌دفن پسماندهای غیر خطرناک لازم نیست انجام گیرد .

۵-۱-۳-۶- پسماندهای خطرناک

۵-۱-۳-۶-۱- پسماند های دانه ای

به منظور پذیرش این نوع پسماندها در محل‌دفن پسماندهای خطرناک، پسماندهای دانه ای نباید از حد مجاز مندرج در جدول زیر شامل میزان نشت شیرابه و مقدار محتوای مواد آلی تجاوز کنند. چنین پسماندهایی همچنین باید دارای ضریب مقاومت برشی حداقل ۵۰ کیلو پاسکال برای پسماندهای چسبند[۹] ، یا نسبت باربری[۱۰] در محل حداقل ۵٪ برای پسماندهای غیر چسبنده باشند.

۵-۱-۳-۶-۲- پسماندهای یکپارچه [۱۱]

پسماندهای یکپارچه نباید از حد مجاز ارائه شده برای پارامتر نشت شیرابه در هریک از جداول زیر تجاوز کنند. چنین پسماندهایی نیز باید دارای:

[9] Cohesive waste

[10] Bearing ratio

[11] Monolithic waste

- حداقل مقاومت فشاری غیر محصور ۱ مگاپاسکال پس از ۲۸ روز از مراقبت [۱۲] باشند.
- و همچنین بایستی دارای:
  - ابعاد بیش از ۴۰ سانتی متر در هر طرف، یا
  - عمق و فضای شکاف ، هنگام فشرده شدن بیش از ۴۰ سانتی متر.

به طور کلی می توان پسماندهای دانه ای را به پسماندهای یکپارچه تبدیل نمود. این نوع پسماندها فقط در صورتی در محل‌دفند قابل پذیرش هستند که قبل از مرحله یکپارچه سازی، مقادیر زیر را ارضا کنند:

- مقدار باقیمانده پس از سوزاندن[۱۳] برابر ۱۰٪، یا
- کل کربن آلی[۱۴] برابر ۶٪

۵-۱-۴- الزامات مربوط به نحوه بازرسی پسماندها

پسماندها را بدون اطلاع قبلی از ماهیت و ترکیبات و تایید پذیرش آن نبایستی در هیچ محل‌دفنی پذیرفت. پسماندهایی که در سایت، پذیرش می شوند بایستی در دسته پسماندهای مجاز با شرایط مجوز مربوطه قرار بگیرند. در نتیجه، تیم مدیریتی سایت بایستی محدودیت هایی در رابطه با پذیرش جریان پسماندهای مشخص اعمال کند. بنابراین نیاز است که از ماهیت و ترکیبات پسماندهای دفن شده در سایت آگاهی کامل پیدا کرد تا از مطابقت پسماند با شرایط مجوز و الزامات بهداشتی و ایمنی اطمینان حاصل شود. بنابراین تمامی پسماندهای دریافتی در سایت محل‌دفن بایستی:

- حاوی مستندات مناسب باشند
- توزین شوند
- مطابقت آنها با شرایط محل‌دفن چک شود

به عبارت دیگر هر وسیله نقلیه حامل پسماند بایستی برای موارد زیر بررسی شود:

- وزن ورودی (کامل)
- وزن خروجی (خالی)
- در دسترس بودن اسناد مربوطه
- بازرسی بصری هنگام توزین (در صورت امکان)

[12] curing

[13] Loss on ignition

[14] Total organic carbon

- بازرسی بصری پس از تخلیه در محل تخلیه (گزارش بازرسی برای هر وسیله نقلیه ثبت شود).

۵-۱-۴-۱- مستندات و آزمایشات انطباق

وسایل نقیله هنگام ورود به سایت بایستی در محل ورودی متوقف شوند. مستندات و مدارک مربوط به پسماند در محل ورودی تحویل داده می شود و بار پسماند وسیله نقیله و مدارک تحویلی بایستی به منظور بررسی مطابقت بازرسی شوند. کلیه پسماندهای رسیده به سایت بایستی به همراه اسناد و مدارک لازم مطابق با ضوابط قانونی و الزامات مشخص شده توسط سایت محل‌دفن و همچنین شامل توضیحات کامل در مورد پسماند باشند. برخی از فرم های انتقال پسماند بایستی در دو نسخه تهیه و تکمیل و نزد اپراتور سایت و فرستنده پسماند نگهداری شود. برگه انتقال بایستی شامل شرح پسماند باشد و اطلاعات مربوط به محل و فرآیند تولید پسماند و ترکیبات فیزیکی و شیمیایی آن را ارائه دهد. اگر به هر دلیلی شک و تردیدی نسبت به صحت پسماند وجود داشته باشد بایستی نمونه گیری و بررسی شود و تا زمان رسیدن تاییدیه پسماند، وسیله نقلیه مجاز به تخلیه بار خود نمی باشد. حتی برای پسماندهایی که به طور منظم به محل‌دفن ارسال می شود بایستی نمونه برداری دوره‌ای انجام شود تا از مطابقت آن با شرایط مجوز اطمینان حاصل شود. بنابراین اپراتور سایت محل‌دفن بایستی پسماندها را در سه سطح ممکن آزمایش و بررسی کند که عبارتند از:

مرحله اول: مشخصات اصلی پسماند

مشخصات اصلی پسماند توسط تولید کننده آن به منظور قابلیت دفن پسماند در یک محل‌دفن مشخص تعیین می گردد. مشخصات اصلی شامل تعیین دقیق ویژگی های فیزیکی و شیمیایی پسماند می باشد.

مرحله دوم: آزمایش انطباق

پسماندها در یک دوره تناوب مشخص به منظور بررسی تغییرات مشخصات اصلی آنها مجددا مورد آزمایش قرار می گیرند. دوره تناوب آزمایشات را مقامات نظارتی تعیین خواهند کرد.

مرحله سوم: تایید در محل

پسماند تحت آزمایشات و بررسی های ساده قرار خواهد گرفت تا اطمینان حاصل شود که پسماندها هنگام ورود به سایت، با توضیحات موجود در مستندات همراه مطابقت دارند.

۵-۱-۴-۲- کنترل پسماندهای ورودی

بررسی های انجام شده به عنوان بخشی از فرآیند نوین کنترل ورودی مختص سایت، بستگی به موارد زیر دارد:

- نوع وسیله نقلیه حامل پسماند
- ماهیت پسماند
- نحوه بارگیری پسماند (مانند بشکه ای یا به صورت ظروف در بسته)

آزمایشات انجام شده ممکن است شامل:

- بازرسی بصری
- نمونه برداری و آنالیز در سایت (مانند pH)

سه جنبه از بازرسی بارهای ورودی بایستی اجرا شوند که شامل:

- بازرسی اسناد و مدارک
- آزمایش تایید در محل سایت
- نگهداری نمونه ها به منظور آزمایشات تعیین ماهیت

با توجه به بررسی اسناد و مدارک، هنگام ورود پسماند به سایت اسناد به منظور تایید انطباق بایستی توسط شخص مسئولی که در قسمت پذیرش و یا باسکول قرار دارد انجام شود. اگر چنانچه اسناد مرتب بودند، محموله در قسمت پذیرش و یا باسکول بایستی توزین شود. در غیر این صورت وسیله نقلیه به منظور بررسی های بیشتر به محوطه انتظار هدایت می شود. در شرایط عادی، اگر وسیله ای نقلیه ای بدون اسناد و مدارک مناسب و یا با پسماند تایید نشده وارد سایت شود پرسنل سایت بلافاصله بایستی در اولین فرصت مراتب را به مقامات نظارتی اطلاع دهند (به همین دلیل است که محل دفن پسماند مدرن بایستی مجهز به وسایل ارتباطی از جمله تلفن باشد).

۵-۱-۴-۳- تایید در محل

مسئول پذیرش و یا باسکول بایستی وسیله نقلیه را نقاط زیر هدایت کند:

- منطقه دفن
- بازرسی در محل شامل بازرسی چشمی پسماند در حین تخلیه می باشد. کاملترین بازرسی چشمی را می توان در حین پراکنده کردن و فشرده سازی پسماند انجام داد.
- منطقه مشخص شده بازرسی پسماند
- ممکن است که یک تاییدیه در محل با جزییات بیشتر قبل از دفن پسماند نیز انجام شود.

نمونه های شاهد به منظور انجام آزمایشات مرحله دوم در یک دوره زمانی مشخص گرفته می شوند. برای به حداقل رساندن زمان تاخیری استفاده وسایل نقلیه از سایت، برنامه دوره های زمانی و انواع پسماندها بایستی ارائه گردد. برای بارهایی که امکان بازرسی قبل از تخلیه وجود ندارد بایستی یک برنامه بازرسی نقطه ای مقرر گردد،

برای این منظور محوطه ای برای این کار باید اختصاص داده شود. به منظور اطمینان از فرایند انطباق، امکاناتی بایستی فراهم شود که اجازه بازرسی پسماندها قبل از دفن نهایی را بدهد. امکانات لازم تا حدی به محدوده پسماندهای مجاز بستگی خواهد داشت. دو منطقه ای که امکان بازرسی پسماندها در آنها وجود دارد عبارتند از:

- محوطه پذیرش
- منطقه تخلیه

معمولا بخش باسکول اولین نقطه ای است که وسیله نقلیه به منظور بررسی مناسب بودن پسماند جهت پذیرش بازرسی می شود. مستندات همراه با محموله بار در این مرحله بررسی می شود. اگر بار روباز باشد، ممکن است امکان بازرسی بصری در بخش باسکول وجود داشته باشد. با این حال در این روش امکان بازرسی کل پسماند توسط پرسنل وجود نخواهد داشت زیرا فقط سطح بار قابل بررسی خواهد بود. همچنین بازرسی که می تواند در بخش پذیرش انجام شود با توجه به نوع وسیله نقلیه تحویل دهنده پسماند محدود می شود. امکان بازرسی و نمونه برداری وسایل نقلیه سرپوشیده در منطقه جابه‌جایی غیرعملی است. بارهای این نوع وسایل نقلیه با استفاده از روش بازرسی تصادفی قبل از رسیدن به منطقه تخلیه به بهترین شکل بررسی می شوند. بنابراین نیاز به فراهم کردن محوطه بازرسی جداگانه خواهد بود. در مواردی که مواد خطرناک درگیر نباشند، یک بازرسی دقیق و دسترسی ایمن ایستاده از محموله بار در محل پذیرش کافی خواهد بود.

در صورت نیاز به تخلیه به منظور بازرسی بار قبل از پذیرش در سایت، بایستی یک محوطه کوچک در سایت برای این منظور در نظر گرفته شود.

- چنین محوطه ای بایستی دارای دیوار حایل و سطحی سخت و تمیز می باشد.
- شیرابه خارج شده بایستی به عنوان یک آلاینده بالقوه در نظر گرفته شود و قبل از تخلیه باید توسط یک آبگیر به منظور آنالیز جمع آوری شود.
- موقعیت مکانی این منطقه بایستی با دقت به منظور جلوگیری از نگاههای مزاحم، ایجاد بو ناخوشایند و خطر مواجهه با مواد خطرناک انتخاب شود.

برای نگهداری وسایل نقلیه ای که دارای محموله بار مورد تایید نیستند بایستی منطقه ای در نظر گرفته شود. در چنین مواردی بایستی با مقامات نظارتی تماس گرفته و تا اقدامات لازم انجام گیرد.

۵-۱-۴-۴- ارتباط موثر

اگر اسناد تحویلی مرتب باشند، مسئول قسمت باسکول وسیله نقلیه را مستقیما به یک منطقه مشخص برای بازرسی و یا به محوطه تخلیه هدایت می کند. ارتباط صحیح بین بخش باسکول و تخلیه پسماند و آگاهی مناسب از قابل

پذیرش بودن جریان پسماند توسط تمامی پرسنل درگیر در انتقال پسماند از بخش پذیرش تا دفن نهایی الزامی می باشد. این امر به منظور اطمینان حاصل کردن از:

- اجرای صحیح و بدون توقف فرایندهای سایت
- پذیرش تنها پسماندهای مجاز
- ایمنی در کار در برخورد با پسماندها
- ثبت دقیق ورودی ها و مکان های دفن

۵-۱-۴-۵- دانش کارکنان

ضروری است کلیه پرسنلی که مسئول بررسی اسناد و مدارک همراه وسایل نقلیه هستند و اپراتورهای سایت در قسمت دفع پسماند مهارت و دانش کافی نسبت به:

- شناخت و فهم ضوابط پذیرش پسماند مربوط به سایت از نقطه نظر الزامات مجوز
- درک دلایل اساسی پایه ای برای معیارهای پذیرش سایت
- شناخت اطلاعاتی که بایستی در ارتباط با اسناد و مدارک همراه با بار ارائه شود.
- داشتن توانایی شناسایی پسماندهای ناسازگار و غیر قابل تایید
- شناخت انجام فرایندها در صورت تایید نشدن اسناد و یا محموله بار پسماند
- فرایندهای ایمنی سایت

اپراتورهای سایت در محل پذیرش و قسمت دفن پسماند نیاز است که آموزش داده شوند که صلاحیت و توانایی انجام امور در این بخش‌ها را پیدا کنند.

یک چک لیست بازرسی بصری باید تنظیم شود که در آن مشخصات اطلاعات بصری برای شناسایی مواد غیرقابل قبول را نشان دهد. این چک لیست باید برای هر نوبت تخلیه توسط وسیله نقلیه‌ای که در منطقه تخلیه پسماند فعالیت می کند پر شود.

۵-۱-۵- نحوه ثبت داده‌ها

۵-۱-۵-۱- جمع آوری داده

در زمینه مدیریت کیفیت کلی داده‌ها، می توان کیفیت داده ها را توسط موارد زیر مدیریت کرد:

- استفاده از پرسنل مجرب و با کیفیت: کارکنان باید با جمع‌آوری داده‌ها، استفاده و نحوه‌ی کاربرد آنها آشنا باشند.

- استفاده از پروتکل های نمونه گیری و رسیدگی به منظور اطمینان حاصل کردن از سازگاری روش‌های مورد استفاده: پروتکل‌ها شامل شرایط نمونه برداری کنترل کیفی به منظور بررسی کیفیت روش های نمونه برداری و روند رسیدگی هستند.
- استفاده از روش های ثبت داده استاندارد: به عنوان مثال، چک لیست‌ها و فرم‌های ورود داده شامل مراحل ثبت اطلاعات، با استفاده از تجهیزات ثبت خودکار جمع آوری شده اند.
- استفاده از آنالیزهای آزمایشگاهی اعتبار سنجی و تضمین کیفیت: استفاده از فرایندهای اعتبارسنجی همیشه کفایت آنالیزها را تضمین نمی‌کند. شفافیت روش‌شناسی با هر روش اعتبارسنجی همیشه بایستی از آزمایشگاه‌ها پیگیری شود.

۵-۱-۵-۲- تطبیق داده‌های پایش و بایگانی مقدماتی

۵-۱-۵-۲-۱- انواع داده‌ها

فرایند تطبیق داده عبارت است از جمع آوری و مرتب سازی داده‌های ورودی به فرمت مناسب به منظور بایگانی اولیه آنها. در صورتی که داده های ورودی به فرمت الکترونیکی باشند، باید یک نسخه کاغذی از داده‌های پردازش نشده به عنوان منبع در دسترس نگهداری شود.

اطلاعات ناشی از برنامه های پایش شامل موارد زیر است:

- داده‌های مربوط به پایش زیرساخت‌ها، انطباق و سایر استانداردها: به عبارت دیگر هدف فرایند پایش، نظارت بر جزییات ساخت‌وساز، جزییات سایت، ارزیابی و انطباق استانداردها و ارزیابی استانداردهای کیفیت محیط زیست است. این داده‌ها ممکن است با هر پایش تغییر نکنند اما با اینحال هر زمان که داده‌های پایش مورد بررسی قرار می‌گیرند این اطلاعات مورد نیاز است و برای این منظور بایستی به راحتی در دسترس قرار بگیرند.
- داده‌های مربوط به ممیزی های پایش ویژه: به عبارت دیگر، اندازه‌گیری‌ها و سوابق آزمایشگاهی، پرونده‌های حفاظتی و اطلاعات مشاهده‌ای.

۵-۱-۵-۲-۲- ورود و بایگانی اولیه داده‌ها

داده‌ها می توانند هم به صورت کاغذی و یا در کامپیوتر ذخیره شوند. هرکدام از این روش‌ها که انتخاب شوند فرایند بایگانی اولیه بایستی شامل:

- یک سیستم به منظور ارجاع دادن به تمامی داده های اصلی و اسناد آزمایشگاهی.
- ابزاری برای نشان دادن اینکه داده‌ها در کجا تغییر و یا حذف شده اند. نمونه هایی از این موارد می تواند در قسمت نظرات، داده های عددی و یا مقادیری که کمتر از آستانه تشخیص هستند اتفاق بیفتد.

- ابزاری برای تعیین اینکه داده ای معتبر است یا خیر.
- بایگانی کلیه پرونده های اصلی، آزمایشگاهی و سایر پرونده های مرتبط.

پرسنلی که وظیفه تطبیق داده‌ها را برعهده دارند بایستی با پایش یا برنامه مدیریت محیط زیست سایت آشنایی کامل داشته باشند (ترجیحا از سایت و تجهیزات پایش آن دیدن کرده باشند).

۵-۱-۵-۲-۳- اعتبارسنجی داده‌ها

اعتبار سنحی داده‌ها شامل بررسی داده‌ها به منظور وجود خطاها و ناسازگاری‌های ساده می باشد و هرجا امکان داشته باشد به اصلاح این داده‌ها می پردازد. انجام این کار بایستی دنبال شود تا احتمال بروز دوباره‌ی خطاهای مشابه کاهش یابد. قوانین اعتبارسنجی بایستی با احتیاط تدوین شوند تا از رد داده هایی که در عین افراطی بودن اشتباه نیستند، جلوگیری شود. این امر به ویژه در مواردی اعمال می شود که قوانین اعتبارسنجی در سیستم های رایانه ای گنجانیده شده باشند. شخصی که مسئول اعتبارسنجی داده ها است باید درک معنایی مناسبی از داده ها داشته باشد و به پرونده های زیر دسترسی داشته باشد:

- داده های ورودی جدید، از جمله سوابق نقض قانون اعتبارسنجی در هنگام تطبیق داده ها و بایگانی اولیه
- سوابق داده‌های اصلی
- تمامی داده‌های پایش گذشته
- برنامه پایش و کنترل سایت

۵-۱-۵-۲-٤- بررسی های اعتبارسنجی

تعدادی از روش‌های ساده بررسی‌های اعتبار سنجی وجود دارد که می توان بر روی داده ها انجام داد که شامل:

- بررسی داده های داخلی: *به کار بردن تست‌هایی برای مجموعه داده‌های جمع آوری شده از یک نقطه پایش از یک بررسی پایش ویژه*
- بررسی داده‌های خارجی: *انجام تست‌ها با هدف مقایسه با سایر داده‌های مرتبط.*

بررسی های اعتبار سنجی ویژه عبارتند از:

بررسی داده‌های داخلی

- خطاهای ساده

شامل خطاهای نوشتاری، شناسایی نمونه نادرست و داده‌های از دست رفته

- بررسی های منطقی

داده های خارج از محدوده معتبر

- بررسی داده‌های بیولوژیکی و شیمیایی

بررسی نسبت‌های شیمیایی، محاسبات تعادلی یون‌های بزرگ، مقایسه‌های میدانی/آزمایشگاهی

بررسی های خارجی

- مقایسه با آنالیزهای نمونه کنترل کیفیت
- مقایسه آنالیزهای گذشته با همان نقطه پایش
- مقایسه با آنالیزهای نقاط مشابه پایش
- ارزیابی سایر خصوصیات نمونه : *به عبارت دیگر تبعیت از پروتکل های اجرا و نمونه گیری، هرگونه انحراف قابل توجه از روند معمول*

۵-۱-۵-۲-۵- پردازش داده های غیر عادی یا نادرست

در برخورد با داده‌های غیر عادی و نادرست بایستی روند زیر طی شود:

- تایید مقادیر با سوابق اصلی میدانی و یا اسناد آزمایشگاهی
- ارجاع سوالات و تردیدهای حل نشده به پرسنل پایش میدانی و آزمایشگاهی
- تکرار دوباره آزمایشات و آنالیزها

گزارشات مراحل بالا بایستی مکتوب و نگهداری شوند. در همه موارد ممکن است امکان تکرار آزمایشات و آنالیزها به دلیل فاصله افتادن بین جمع آوری و تطبیق نتایج وجود نداشته باشد. با این وجود، در صورتی که داده های مشکوک شناسایی شده اند که برای تایید یا برای عملکرد دفن پسماند مهم هستند، نمونه گیری بایستی بلافاصله دوباره انجام شود.

اگر داده های نادرست یا سوال برانگیز پس از تحقیق در پرونده باقی بمانند، بایستی به شرح زیر اصلاح شوند:

- داده‌های مشکوکی که سناسایی شده اند بایستی در سوابق اطلاعات سایت درج گردند اما با یک توضیحی روشن علامت گذاری شوند.
- داده‌هایی که به وضوح نادرست هستند، بایستی از سوابق معتبر سایت حذف گردند. سوابق خالی با ارجاع به داده‌های معتبر علامت گذاری شده و توضیحی شفاف نیز در رابطه با آن داده خواهد شد.

- اگر داده ها پس از ارسال به سازمان حفاظت از محیط زیست اشتباه تشخیص داده شوند، باید به صورت کتبی و رسمی به سازمان اطلاع داده شود و یک توجیه فنی برای حذف یا اصلاح اطلاعات اشتباه از سوابق پرونده و ثبت عمومی به سازمان داده شود.

۵-۱-۵-۲-٦- ذخیره و بایگانی داده های معتبر

داده های کاری که تأیید شده اند بایستی در یک مکان دائمی اما در دسترس ذخیره شوند، جایی که برای بررسی منظم همواره در دسترس باشد. داده‌های مهتبر بایستی به طور مشخص از داده‌هایی که هنوز از لحاظ کیفیت اعتبار سنجی نشده اند متمایز شوند. این جداسازی می تواند با انتقال دادهای معتبر به یک محل بایگانی دائمی جداگانه انجام شود و یا در همان محل با علامت گذاری از سایر داده‌ها متمایز شوند. زمان احتمالی برنامه پایش بایستی در زمان مشخص کردن تجهیزات بایگانی و ذخیره سازی تعیین گردد. داده ها بایستی برای طول عمر سایت، که ممکن است چندین دهه باشد، ذخیره شوند. به منظور اطمینان حاصل کردن از سالم ماندن اطلاعات در این مدت، داده بایستی به درستی مرتب و استفاده گردند. اگر از رایانه در ذخیره سازی داده‌ها استفاده می شود، از داده‌ها به طور مرتب بایستی نسخه پشتیبان گرفته و در جای امن نگهداری شود. به علاوه، به دلیل احتمال از بین رفتن و یا حذف بخشی از داده‌های الکترونیکی، یک نسخه کاغذی بایستی از تمامی داده‌های معتبر به منظور بایگانی طولانی مدت تهیه شود. بایگانی کاغذهای حاوی داده‌های معتبر بایستی از داده‌های نامعتبرمتمایز باشد.

۵-۱-۵-۳- فرمت نگهداری سوابق

سوابق به صورت روزانه، هفتگی و ماهانه نگهداری می‌شوند. علاوه بر این یک دفترچه راهنمای سایت در دفتر سایت نگهداری می‌شود و کلیه جزئیات تحقیقات، طراحی و ساخت سایت را شامل می‌شود وجود این موارد بسیار ضروری است زیرا تغییر طراحی دفن پسماند در مراحل عملیاتی وجود دارد.

۵-۱-۵-۴- دفترچه راهنمای سایت

دفترچه راهنمای سایت باید شامل اطلاعات زیر باشد:

- داده‌های جمع آوری شده در هنگام انتخاب سایت
- گزارش ارزیابی اثرات زیست محیطی
- داده‌های بررسی و مشخصات سایت
- نقشه دقیق توپوگرافی
- طراحی کلیه اجزای محل‌دفن

- نقشه محل‌دفن و مراحل آن
- برنامه های عمرانی
- جزئیات برنامه مدیریت شیرابه
- جزئیات برنامه مدیریت گاز
- برنامه نظارت بر محیط زیست
- برنامه بسته شدن و پسا بسته شدن محل‌دفن
- کلیه مجوزهای مربوط به مقامات ذیربط

۵-۱-۶- نحوه گزارش‌دهی

۵-۱-۶-۱- گزارشات سایت

گزارش‌های روزانه، هفتگی و ماهانه شامل موارد زیر است:

- داده‌های وزنی (ورودی و خروجی روزانه برای هر وسیله نقلیه)
- داده‌های بازرسی پسماند (روزانه)
- مواد، انبارها و غیره (روزانه)
- قبوض / حساب‌ها (روزانه)
- سوابق بازدید کنندگان (روزانه)
- سوابق شکایات از مناطق اطراف (روزانه)
- بررسی توپوگرافی در مرحله عملیاتی (روزانه / هفتگی)
- ثبت عکس در مرحله عملیاتی (روزانه / هفتگی)
- داده‌های نظارت بر محیط زیست (هفتگی / ماهیانه)
- برنامه قراردهی پسماند و جلورفت واقعی (ساخت سلول) (روزانه / هفتگی) و بررسی (ماهانه)
- تولید شیرابه و تولید گاز (وقایع هفتگی / ماهیانه / شدید)
- اطلاعات هوا / آب و هوا (وقایع شدید)

- حوادث و غیره
- سایر

۵-۱-۷- چک لیست‌ها

صورت برداری از فعالیت ها و تجهیزات و ثبت داده ها و اطلاعات، از جمله وظایف مدیریت سایت محل‌دفن به شمار می آید. در ادامه چند نمونه از فرم های ثبت اطلاعات و داده‌ها در ارتباط با فعالیت های روزانه ای که در محل دفن انجام می گیرد ارائه شده است.

جدول ۵-۱- فرم ثبت روزانه بار ورودی وسایل نقلیه

نام محل‌دفن:

تاریخ و ساعت ورود:

مسئول پذیرش یا توزین: امضا

شماره وسیله نقلیه	زمان	پسماند		وزن ورودی	وزن خالی	وزن خالص دریافتی	
		منبع تولید	نوع			ماده پوششی	پسماند
جمع کل:							

- به ازای تعداد دفعاتی که وسیله نقلیه وارد سایت می شود این فرم بایستی پر شود.
- در صورتی که باسکول خراب باشد، حجم مواد، بایستی برآورد شود.
- منبع تولید شامل مسکونی، تجاری، کشاورزی و ... می باشد
- نوع پسماند شامل ماهیت و جنس پسماند می باشد مانند غیر خطرناک (نخاله ساختمانی).

جدول ۵-۲- فرم خلاصه فعالیت های روزانه

نام سایت محل‌دفن: نام و نام خانوادگی مدیر سایت: تاریخ و امضا					
ساعت کار سایت					
ساعت کار ماشین	روزهای کاری				
	روزهای تعطیل				
نفر-ساعت					
مواد پوششی	باقیمانده				
	مصرفی				
	دریافتی				
	شروع				
پسماند	بار				
تاریخ					

۵-۲- تعیین الزامات سیستم شناسایی و آنالیز پسماندهای ورودی

۵-۲-۱- نیاز به آزمایش خصوصیات اصلی (مرحله ۱)

برای به دست آوردن اطلاعات مورد نیاز برای خصوصیات اصلی، باید پسماند آزمایش شود. در موارد زیر، آزمایش پسماند ضروری نیست:

(الف) پسماند در لیستی از پسماندها باشد که نیازی به آزمایش ندارد.

(ب) تمام اطلاعات لازم برای خصوصیات اصلی در حال حاضر شناخته شده است.

(ج) بعضی از انواع پسماندها که آزمایش بر روی آنها غیر عملی است یا در مواردی که روشهای آزمایش مناسب نباشد و معیارهای پذیرش در دسترس نباشد.

۵-۲-۱-۱- پسماندهای فاقد نیاز به آزمایش

پسماندهای خاصی که نیاز به آزمایش ندارند:

- ضایعات بی اثر

- پسماندهای شهری که به عنوان پسماند غیر خطرناک و بصورت جداگانه جمع‌آوری شده از پسماندهای خانگی و همان مواد غیرخطرناک از مبدا دیگر طبقه‌بندی می‌شوند. این پسماندها باید پیش‌پردازش شوند.

در صورت وجود احتمال آلودگی پسماند در طی استفاده قبلی، تولید، ذخیره سازی یا حمل و نقل، لازم است که خصوصیات اصلی پسماندها آزمایش شود.

۵-۲-۱-۲- در دسترس بودن اطلاعات

این مورد معمولاً فقط در مورد پسماندهایی که بطور منظم در یک فرآیند و در یک نوع همان تجهیزات تولید می‌شود، صدق می‌کند. آن‌ها قبلاً آزمایش شده اند، یا در غیر این صورت مورد بررسی قرار گرفته‌اند، به طوری که داده ها از قبل موجود است (تولیدکننده یا اپراتورهای قبلی ممکن است پسماند را آزمایش کرده باشند). در این صورت، لازم نیست که هر اپراتور پذیرش محل‌دفن مشخصات اصلی را بررسی کند، مشروط بر اینکه وی به اطلاعات اولیه دسترسی داشته باشد. مراحل و فرایند تولید پسماند باید به خوبی شناخته شده باشد و مواد ورودی به فرآیند و خود فرآیند نیز به خوبی شناخته شده باشد. آزمایش انطباق منظم باید ثابت بودن ترکیب را تأیید کند. پسماندهای تأسیسات برای جمع آوری پسماند از ایستگاه‌های انتقال پسماند یا از برخی تصفیه‌ها، در این دسته قرار نمی‌گیرند.

۵-۲-۱-۳- غیر عملی بودن آزمایش

ممکن است مقدار کمی پسماند وجود داشته باشد که آزمایش آنها غیرعملی باشد. این وضعیت باید بسیار غیرمعمول باشد. همواره لازم است که اطلاعات کافی درباره پسماندها ها وجود داشته باشد تا مطمئن شد که معیارهای مربوطه برای نوع محل‌دفن و هر نوع الزامات خاص در مورد سایت رعایت می‌شود. در صورتی که یک محل‌دفن پسماندی را با شرایط این بند پذیرفت، شرایط و توجیه آن باید کتباً مستند باشد.

۵-۲-۲- آزمایش انطباق (مرحله ۲)

آزمایش انطباق به شرح زیر توصیف می‌شود:

آزمایش دوره‌ای با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل استاندارد ساده‌تر و آزمایش رفتار برای تعیین اینکه آیا پسماند با شرایط و یا معیارهای مرجع خاص مطابقت دارد یا خیر. تمرکز این آزمون بر متغیرهای کلیدی و رفتارهای مشخص شده توسط خصوصیات اصلی است. این سوابق باید به مدت ۲ سال نگه داشته شود.

همانطور که توضیح داده شد، آزمایش انطباق فقط مربوط به پسماند تولیدشده به طور منظم است. هر پسماندی که به‌طور مرتب تولید نشود (برای مثال، پسماندهای یکبارمصرف، خروجی از فرایندهای تصفیه پسماند) به توصیف اصلی اولیه مرحله ۱ نیاز دارند (از جمله آزمایش در صورت لزوم).

۵-۲-۳- تأیید در محل (مرحله ۳)

سه مرحله تأیید در محل وجود دارد:

- بررسی اسناد و مدارک
- بازرسی چشمی
- نمونه‌گیری دوره‌ای

۵-۲-۳-۱- بررسی مدارک مورد نیاز

پس از آن‌که پسماند ممکن است در محل‌دفن پذیرفته شود، در صورتی که همان موردی باشد که با خصوصیات اصلی و آزمایش انطباق نشان داده شده است و پسماندی است که در اسناد همراه توضیح داده شده است، قابل قبول است. اگر این‌گونه نباشد، پسماندها را نباید پذیرفت.

۵-۲-۳-۲- بازرسی چشمی

اپراتور باید بصورت چشمی تمام بار پسماندهای تحویل شده به محل‌دفن را بررسی کند و در صورت امکان، هم قبل و هم بعد از تخلیه، این کار را انجام دهد. مرجوع کردن بار در این مرحله از لزوم برداشتن پسماندها پس از قراردهی جلوگیری می‌کند. امکان بازرسی برخی از انواع ظروف قبل از قراردهی وجود ندارد. با این وجود، بعضی اوقات ممکن است مواردی برای سوءظن وجود داشته باشد - برای مثال بوی حلال‌های مرتبط با بار پسماندهای بی اثر - که در این موارد با بار باید مرجوع شود و یا بازرسی دقیق‌تر انجام شود.

۵-۲-۳-۳- نمونه‌گیری دوره‌ای

پسماندها باید بطور دوره ای نمونه‌برداری شوند. این نمونه‌ها برای حداقل یک ماه باید نگهداری شوند.

رقیق کردن یا ترکیب پسماند صرفاً برای رسیدن به معیارهای پذیرش پسماند ممنوع است. این بدان معناست که:

رقیق‌سازی ساده فیزیکی، بدون هیچ‌گونه تغییر شیمیایی همزمان یا تغییرات شیمیایی-فیزیکی، یک روند تصفیه‌ی غیرقابل قبول است. به منظور دستیابی به یک تغییر شیمیایی یا شیمیایی-فیزیکی در جایی که تصفیه مجاز باشد،

مخلوط پسماند یا مواد دیگر با پسماند قابل قبول است. استفاده از مواد قلیایی مانند آهک برای کاهش تحرک فلزات سنگین قابل قبول است، اما استفاده از این مواد برای رقیق کردن فلزات سنگین قابل قبول نیست.

آزمایش معیار پذیرش پسماند (WAC) (و همچنین آزمایش ترکیبی) باید روی پسماندها همانطور که در محل‌دفن انجام می‌شود، انجام شود؛ یعنی استفاده از پسماندهایی که پیش‌تصفیه بروی آنها انجام شده است. روش های آزمایش نیاز به پردازش نمونه‌های پسماند (بعضی از اوقات خشک کردن) قبل از تجزیه و تحلیل دارند. روش آزمایش مشخص‌شده، جزئیات کار پردازش آزمایشگاه و چگونگی گزارش نتایج را توضیح می‌دهد.

در آزمایش نشت نسبت مایع به جامد باید مقدار ۱۰ باشد.

۵-۳- چک لیست‌های ارزیابی سیستم‌های مدیریت شیرابه و گاز

۵-۳-۱- اهداف

اهداف برنامه پایش شیرابه عبارت‌اند از:

- تأیید اینکه دستگاه‌های مدیریت شیرابه به‌صورت طراحی‌شده کار می‌کنند؛
- ارائه اطلاعات در مورد پیشرفت تجزیه پسماندها؛ و
- ارائه اطلاعات در مورد تجدیدنظر احتمالی در پارامترهای پایش آب‌های زیرزمینی و آب سطحی.

۵-۳-۲- محل‌های پایش

نمونه‌گیری و اندازه‌گیری شیرابه (هم ازنظر حجم و هم ترکیب) باید به‌طور جداگانه در هر نقطه‌ای که شیرابه از محل خارج می‌شود، انجام شود. به‌منظور تعیین تعداد و محل نقاط کنترل شیرابه، هر سلول محل‌دفن باید به‌عنوان یک واحد جداگانه تلقی شود.

محل دقیق این نقاط پایش بر اساس همان سایت خاص مشخص می‌شود، اما باید با در نظر گرفتن مسیرهای جریان احتمالی شیرابه در داخل سلول قرار بگیرند، تا نمونه‌هایی از ترکیب شیرابه فراهم شود.

فرایندهای موجود در سایت مانند تصفیه شیرابه یا سایر برنامه‌های مدیریت شیرابه نیز باید مورد نظارت قرار گیرند، به‌عنوان مثال خارج کردن شیرابه تصفیه‌شده از یک سایت و یا حوضچه‌های ذخیره‌سازی شیرابه.

۵-۳-۳- پایش دوره ای و پارامترهای آنالیز

دفعات پایش شیرابه در محل‌دفن، محلی خاص خواهد بود و با مجوز پسماند اداره می‌شود.

باید به‌طور منظم مورد بازبینی قرار گیرد تا تغییرات در موارد زیر مشخص شود:

- مقدار و انواع پسماندهای ذخیره‌شده،
- تمرین عملی،
- اندازه سلول عملیاتی و
- اثربخشی سیستم زهکشی و جمع‌آوری شیرابه.

حداقل فرکانس پایش برای حجم و ترکیب شیرابه در مراحل عملیاتی و مراقبت‌های بعدی یک محل‌دفن باید مشخص شود. نظارت بر سطح شیرابه در بدنه پسماند برای اطمینان از کنترل موفقیت‌آمیز هد شیرابه مهم است. حجم شیرابه که محل‌دفن تخلیه‌شده و یا منتقل می‌شود باید به‌طور مداوم ثبت شود.

یک نمونه نماینده شیرابه از هرکدام از نقاط پایش باید برای تجزیه‌وتحلیل گرفته شود.

ترکیب شیرابه متغیر است و به تعدادی از عوامل نیز بستگی دارد:

- سن محل‌دفن،
- ترکیب پسماندها،
- میزان تجزیه در محل‌دفن،
- میزان نفوذ آب باران، و
- درجه حرارت.

بنابراین، پارامترهایی که باید مورد تجزیه‌وتحلیل قرار بگیرند، باید این تأثیرات را منعکس کنند و ویژگی‌های پیش‌بینی‌شده شیرابه را فراهم کنند.

۵-۳-۴- تست سمیت

بعضی‌اوقات ممکن است محدودیت سمیت در مجوز پسماند تعیین شود و یا آزمایش سمیت یک ماده ممکن است لازم باشد، به‌عنوان مثال شیرابه تصفیه‌شده‌ای که قرار است به آب‌های سطحی تخلیه شود. این حدود سمیت معادل مقادیر حد انتشار برای پارامترهای شیمیایی و فیزیکی است. این آزمایش‌ها برای جایگزینی ارزیابی اثرات بیولوژیکی تخلیه تا در محیط طبیعی در نظر گرفته نشده است. گونه‌های آزمایش ممکن است از باکتری تا و

جلبک تا بی‌مهرگان و ماهی تا باشد. استفاده از دستگاه‌های مبتنی بر اندازه‌گیری لومینسانس برای ارزیابی الگوهای سمیت مفید است. هنگام تعیین حد سمیت انتشار، مهم است که شرایط اختلاط پساب در آب دریافت‌کننده را در نظر بگیرید در غیر این صورت محدودیت سمیت ممکن است حفاظت کافی از زندگی آبزیان پایین‌دست نداشته باشد. بنابراین اطلاعاتی در مورد آب‌های دریافت‌کننده (به‌عنوان مثال حداقل جریان یک رودخانه) و مقدار رقیق‌سازی پساب موجود، موردنیاز است.

۵-۳-۵- دستورالعمل نمونه‌برداری

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، ممکن است از دستگاه‌های مختلفی برای نمونه‌برداری از آب‌های زیرزمینی و شیرابه استفاده شود و فن‌های مورداستفاده برای نمونه‌برداری از چاه‌های شیرابه همان روش مورداستفاده برای گمانه‌های آب زیرزمینی است.

هنگام نمونه‌گیری از شیرابه، باید دستورالعمل‌های زیر رعایت شود:

- نمونه‌برداری از یک نقطه جمع‌آوری بجای نمونه‌برداری از محل پمپاژ شیرابه محل‌دفن ارجحیت دارد.
- در هنگام نمونه‌گیری از تالاب‌های حاوی شیرابه یا گودال‌ها بایستی بسیار مراقب بود. اقدامات احتیاطی سایت بایستی در همه زمان‌ها رعایت شود.
- شیرابه و آب‌های زیرزمینی آلوده به شیرابه در مقایسه با آب‌های زیرزمینی تمیز، از نظر شیمیایی ناپایدار هستند. به‌طورکلی ترکیبات آن‌ها پیچیده است و در صورت تماس با هوا برای زمان قابل‌توجهی بین جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل ممکن است تغییر کنند.
- به‌منظور نمونه برداری از شیرابه از چاه‌های با قطر کوچک، آب راکد داخل چاه باید از چاه خارج شود. آزمایش نمونه خارج شده باید انجام شود تا رفتار عوامل تعیین‌کننده سایت (به‌عنوان مثال هدایت الکتریکی، pH، دما) به‌طور مداوم یا در فواصل زمانی حین خروج شیرابه مشاهده شود.
- برای مشخص شدن تثبیت شیمیایی واقعی آب پمپ شده، باید حجم کافی (معمولاً حداقل ۳ برابر حجم چاه) پمپ شود.
- شیرابه خارج شده یا آب‌های زیرزمینی آلوده بایستی به‌گونه‌ای دفع شوند که خطرات سلامتی را برای پرسنل پایش یا سایر کارکنان، خطر آلودگی[۱۵] نمونه ها و یا محیط‌زیست را به حداقل برساند. مسیرهای

[15] Cross-contamination

دفع می‌تواند شامل از بین بردن شیرابه از طریق انتقال به سیستم جمع‌آوری شیرابه یا دفع مستقیم در مناطق باز پسماند باشد.

- نمونه‌برداری بدون خارج سازی ممکن است درجایی انجام شود که آزمایش‌ها نشان داده باشند که بین نمونه‌های خارج شده و نشد، [۱۶] تفاوت معناداری وجود ندارد و یا درجایی که هیچ گزینه‌ی مطمئنی برای دفع آب‌های خروجی حین نمونه برداری وجود ندارد.

- در مورد چاه‌های شیرابه در پسماندهای کاملاً فشرده یا خشک، رسیدن به یک حجم نمونه کافی برای نمونه‌گیری ممکن است در یک بازه زمانی عملی نباشد. چنین رویدادی بایستی به‌عنوان "هیچ نمونه در دسترس" ثبت شود زیرا پمپاژ چاه تقریباً خشک باعث بالا بردن مقدار مواد جامد در نمونه‌ها می شود که در نتیجه غلظت بسیاری از پارامترهای شیمیایی، افزایش و دور از واقعیت خواهد شد.
- از آنجایی که نمونه برداری شیرابه از چاههای با قطرهای زیاد، چاههای لجن یا سیستم های جمع آوری ترکیبی الزامی می باشد. در چنین شرایطی نمونه‌های مجزا یا پمپ شده با نمونه‌برداری از سطح زیرین بایستی به دست آیند. در مورد نمونه‌های گرفته شده، باید تلاش شود که نمونه‌های منحصر به فرد در مکان‌ها و اعماق مختلف در داخل محفظه لجن گرفته شود. سوابق میدانی و گزارش‌های آزمایشگاهی باید به روش نمونه‌گیری استفاده‌شده اشاره کنند.
- هرگونه بو از چاه را باید در برگه میدانی ذکر کرد.

- برای تجزیه‌وتحلیل شیمیایی نمونه ها باید به ظروف نمونه برچسب مناسب زده شود تا از تکان خوردن یا آشفتگی یا هرگونه وجود هوا یا حباب‌های هوا که می‌تواند منجر به کاهش ترکیبات آلی فرار یا اکسیژن‌رسانی بیش‌ازحد به نمونه ها شود، جلوگیری شود.

- نمونه ها برای آزمایش میکروبیولوژیکی باید با استفاده از ظروف لاینریل انجام شوند.

- نمونه‌های آنالیز فلزات بایستی از طریق فیلتر غشایی ۰,۴۵ میکرومتر فیلتر شده و در فضای اسیدی حفظ شوند.

- توصیه می‌شود نمونه های مربوط به آنالیز فلزات در اسرع وقت و ترجیحا تا ۲۴ ساعت پس از نمونه برداری به منظور به حداقل رساندن تغییر در ترکیبات آنها فیلتر شوند. فیلتراسیون و نگهداری در محل برای نمونه‌هایی که ممکن است فلزات آن در هنگام انتقال ته‌نشین شود، توصیه می‌شود. بااین‌حال، برای اکثر

[16] Purged and unpurged

انواع نمونه‌ها ممکن است عملی‌تر باشد که نمونه را در اسرع وقت هنگام بازگشت به آزمایشگاه فیلتر کرد. توجه: اسیدی شدن باعث آزاد شدن سولفید هیدروژن (H_2S) یا سایر گازهای مضر می‌شود.

- تجهیزات مورد استفاده برای نمونه‌برداری از چاه‌های شیرابه هرگز نباید در نمونه‌برداری از چاه‌های گمانه‌ای نیز مورداستفاده قرار گیرد زیرا این امر می‌تواند خطر انتقال آلودگی را به همراه داشته باشد.
- تمام تجهیزاتی که قابل‌استفاده مجدد هستند، پس از استفاده باید با مواد شوینده آزمایشگاهی غیر فسفات کاملاً تمیز و سپس با آب مقطر شسته شوند.

۵-۳-۶- گاز محل‌دفن، درون و خارج از بدنه پسماند

هنگام نظارت بر گاز محل‌دفن ناشی از گمانه ها یا چاه ها، دستورالعمل‌های زیر بایستی رعایت شود:

- اقدامات احتیاطی بهداشتی و ایمنی باید در همه زمان‌ها رعایت شود. هنگام نمونه‌برداری از گاز محل‌دفن، نباید سیگار کشید. از استنشاق مستقیم گاز محل‌دفن و ورود به فضاهای محدود جلوگیری شود. برای جلوگیری از تماس با میعانات گازی محل‌دفن باید از دستکش‌های مقاوم شیمیایی استفاده شود.
- کلیه تجهیزات باید طبق دستورالعمل سازنده، کالیبراسیون و سرویس شوند.
- برای جلوگیری از ورود هوا و ایجاد تعادل با منطقه پایش، بایستی تمام دریچه ها یا چاه ها به شیرآلات نمونه برداری گاز قابل حمل مجهز باشند تا گمانه/چاه را از جو جدا کنند.
- به‌منظور جلوگیری از ترقیق شدن نمونه گازی با هوا، شیر نمونه‌برداری گاز باید در همه زمان‌ها بسته باشد مگر اینکه تجهیزات نمونه‌برداری از گاز به تشکیلات نظارتی متصل باشد. گمانه یا چاه باید پس از نمونه‌برداری مجدداً بسته شود. همچنین منافذ پایش باید دارای یک پوشش امنیتی باشند تا اطمینان حاصل شود که نمی‌توان دریچه ها را دست‌کاری کرد.
- بیشتر دستگاه‌های قابل‌حمل پایش گاز در معرض تماس با بخارآب یا ورود آب به تجهیزات هستند. برای بررسی لبریز شدن گمانه، ممکن است لازم باشد درپوش را برداشته و گمانه باز شود. باید حتماً دقت شود تا در حین پایش، مایع در تجهیزات نمونه‌برداری گاز وارد نشود.
- درجاهایی که از سوراخ‌های زیرزمینی نیز برای پایش انتقال گاز محل‌دفن در خارج از محل استفاده می شود، باید بر روی درپوش ها، پیچ و یک شیر کنترل نیز تعبیه شود. پایش گاز بایستی قبل از پایش آب‌های زیرزمینی انجام شود. لازم به ذکر است که ساخت یک گمانه پایش آب زیرزمینی می‌تواند بعضی مواقع

آن را برای پایش گاز ناکارآمد جلوه دهد و باید جزئیات ساخت‌وساز مورد ارزیابی قرار گیرد تا مشخص شود آیا برای پایش گاز نیز مناسب است یا خیر.

- فشار اتمسفر باید در طول هر دور نمونه‌گیری اندازه‌گیری شود و جزئیات آن در برگه میدانی ذکر شود. همچنین ممکن است پایش فشار گاز در چاه ها در بدنه پسماند ذکر شود و این ممکن است نشانه‌ای از احتمال وقوع انتقال گاز باشد.
- هرگونه پدیده غیرمعمول هنگام پایش در تأسیسات از قبیل پوشش گیاهی، صدای نشت گاز یا تشکیل حباب، هرگونه بوی به مشام رسیده و گرمای زمین نیز باید ذکر شود.
- گمانه‌های پایش شیرابه یا گمانه‌های برداشت برای پایش گاز در بدنه پسماند نامناسب هستند. اگر از چنین نقاط پایشی استفاده شود، نتایج را نمی‌توان با سایر نقاط مقایسه کرد و همچنین نمی‌تواند جایگزینی برای نقاط پایش ویژه طراحی‌شده در بدنه پسماند شود.
- برای دستیابی به کنترل کافی بر روی دستگاه‌های استخراج و تصفیه گاز، باید گازهای حجیم و سرعت جریان چاه‌های جمع‌آوری گاز و انشعابات آن مورد ارزیابی و پایش قرار گیرند. این چاه‌ها برای پایش غلظت گازهای محل‌دفن و جریان‌های داخل بدنه پسماند، مناسب نیستند.

جدول ۵-۳- چک لیست پایش گاز در محل‌دفن

فرم پایش گاز تولیدی در محل دفن پسماند		
آدرس سایت:	نام سایت: شماره مجوز پسماند:	
	مجوز:	
زمان نمونه برداری:	تاریخ نمونه برداری:	تاریخ مجوز:
تاریخ کالیبراسیون کامل بعدی: آخرین کالیبراسیون (تاریخ و گازها):		ابزار مورد استفاده:
فشار بارومتریک: (به عنوان مثال ۱۰۰۳-۱۰۰۱ میلی بار افزایش) دمای میانگین:	شرایط جوی:	پرسنل نظارت:

نتایج							
توضیحات	هیدروژن (%v/v)	هیدروژن سولفید (%v/v)	کربن مونواکسید (%v/v)	اکسیژن (%v/v)	کربن دی اکسید (%v/v)	متان (%v/v)	شماره ایستگاه نمونه برداری

توضیحات کلی:

جدول ۵-۴- چک لیست پارامترهای مورد نیاز جهت پایش شیرابه

نام سایت:

تاریخ و زمان نمونه برداری:

مسئول سایت:

امضا

پارامتر	واحد اندازه گیری	نتیجه
سطح آب	m	
دما	C	
اکسیژن محلول	mg/L	
pH	----	
هدایت الکتریکی	µS/cm	
کل جامدات معلق	mg/L	
کل جامدات محلول	mg/L	
آمونیاک	mg/L	
نیروژن اکسید شده	mg/L	
کل کربن آلی	mg/L	
BOD	mg/L	
COD	mg/L	
فلزات	mg/L	
قلیاییت ($CaCO_3$)	mg/L	
سولفات	mg/L	
کلراید	mg/L	
فسفر واکنشی مولیبدات	mg/L	
سیانید کل	mg/L	
فلوراید	mg/L	
مواد ریز آلی	µg/L	
کلیفرم	mg/L	
ارزیابی بیولوژیکی		
توضیحات:		

- جداول ۳-۶ راهنمای گزارش کمترین مقادیر برای پارامترهای جدول هستند.
- برای محل‌دفن هایی که پسماندهای آلی تجزیه پذیر را پذیرش می کنند توصیه می شود که برای پارامترهای آمونیاک، کل کربن آلی و کلراید کمترین مقادیر اولیه در نظر گرفته شود.
- فلزات اندازه گیری شده شامل: کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، منگنز، آهن، کادمیم، کروم، مس، نیکل، سرب، زینک، آرسنیک، بور و جیوه می باشد.
- ارزیابی بیولوژیکی مخصوص سایت

جدول ۵-۵- راهنمای مقدار مجاز برای حساسیت تست‌ها

پارامتر	واحد	روش اندازه گیری	مقدار مجاز برای حساسیت تست‌ها سالم	مقدار مجاز برای حساسیت تست‌ها آلوده
دما	°C	Thermometry	± 1	± 1
pH	واحد pH	Electrometry	± 0.2	± 0.2
هدایت الکتریکی	µS/cm	Electrometry	50	10
اکسیژن محلول	% saturation	Electrometry	± 5	± 0.1
اکسیژن محلول	mg/l	Electrometry	± 5	± 1
کل جامدات معلق	mg/l	Gravimetry	10	5
کل جامدات محلول	mg/l	Gravimetry	20	10
آمونیاک	mg/l	Ion selective electrode/Colorimetry	1	0.05
کل نیتروژن اکسید شده	mg/l	Colorimetry/Ion chromatography/Ion selective electrode	1	1
کل کربن آلی	mg/l	TOC Analyse	10	2
نیاز اکسیژن خواهی بیولوژیکی	mg/l	Electrometry or Titrimetr	10	2
نیاز اکسیژن خواهی شیمیایی	mg/l	Digestion/Colorimetry	20	10
کلسیم	mg/l	Atomic spectroscopy/Ion chromatography	10	1
منیزیم	mg/l	Atomic spectroscopy/Ion chromatography	10	1
سدیم	mg/l	Atomic spectroscopy/Ion chromatography	10	1
پتاسیم	mg/l	Atomic spectroscopy/Ion chromatography	10	1
آهن	mg/l	Atomic spectroscopy/Colorimetry	0.2	0.05
منگنز	mg/l	Atomic spectroscopy/Colorimetry	0.05	0.02
کادمیم	mg/l	Atomic spectroscopy/Colorimetry	0.005	0.0005
کروم	mg/l	Atomic spectroscopy/Colorimetry	0.05	0.005
مس	mg/l	Atomic spectroscopy/Colorimetry	0.05	0.005
سرب	mg/l	Atomic spectroscopy/Colorimetry	0.05	0.005
نیکل	mg/l	Atomic spectroscopy/Colorimetry	0.05	0.005
زینک	mg/l	Atomic spectroscopy/Colorimetry	0.1	0.008
آرسنیک	mg/l	Atomic spectroscopy	0.05	0.005
بور	mg/l	Atomic spectroscopy/Colorimetry	2	0.2
جیوه	mg/l	Atomic spectroscopy	0.001	0.0001
سیانید	mg/l	Colorimetry/Ion chromatography/Ion selective electrode after distillation	0.05	0.01
قلیاییت	mg/l	Potentiometric or Acidimetric titration	50	5
سولفات	mg/l	Ion chromatography/Turbidimetry	50	20
کلراید	mg/l	Colorimetry/Ion chromatography/Ion selective electrode	25	2
فلوراید	mg/l	Ion chromatography/Ion selective electrode	1	0.1
فسفر	mg/l	Atomic spectroscopy/Colorimetry	0.2	0.02
مواد ریز آلی	µg/l	See Table D.2	-	-
متان محلول	µg/l	Sensor/GCMS/GCFID	5	5
کلیفرم	mg/l	Membrane filtration, MPN or ColilertTM, dilution as required	10	<1

- به طور کلی کلمه سالم برای آبهای سطحی، زیرزمینی و آشامیدنی و واژه آلوده برای شیرابه مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- کل نیتروژن اکسید شده برابر با مجموع آنالیزهای نیترات و نیتریت خواهد بود.
- توصیه می‌شود آنالیز فلزات بر روی نمونه های آب های زیرزمینی و شیرابه با گذراندن نمونه ها از فیلتر ممبرین ۰/۴۵ میکرون انجام شود.

۵-۴- چک لیست‌های پایش سایر جنبه‌های مختلف عملیات دفن پسماند

۵-۴-۱- پارامترهای مورد پایش

پارامترهای کمی که باید مورد بررسی قرار گیرند عبارت اند از ۱) مقدار شیرابه، ۲) مقدار گاز، ۳) مقدار رواناب سطحی و ۴) مقادیر نشست پوشش نهایی.

پارامترهای کیفی که باید مورد نظارت قرار گیرند عبارت‌اند از:

- کیفیت شیرابه در محل‌دفن (در محل خروجی محل‌دفن)
- کیفیت شیرابه پس از تصفیه
- کیفیت آب زیرزمینی (بالادست و پایین‌دست)
- کیفیت آب سطحی در هنگام خروج از محل‌دفن
- کیفیت گاز در محل‌دفن
- کیفیت هوا بالای محل‌دفن و در شیر خروجی گاز
- کیفیت هوا در تأسیسات کنترل گاز

توجه: چک لیستهای مربوط به پایش و ارزیابی شیرابه و گاز محل‌دفن در بخش های قبل ارائه شده است.

۵-۴-۱-۱- چک لیست پایش کیفیت آب های سطحی

انجام برنامه پایش آب های سطحی در محیط اطراف سایت به منظور شناسایی آلودگی پیکره های آب‌های سطحی اطراف محل‌دفن که ممکن است به وسیله نشت شیرابه و یا تحت تاثیر بارندگی به صورت رسوبات از محل‌دفن خارج شده باشند بایستی انجام می گیرد.

اگر محل دفن پسماند نزدیک به آبهای سطحی باشد، بایستی یک برنامه پایش کیفیت آب‌های بالادست و پایین دست به منظور شناسایی یا اثر هرگونه کاهش در دریافت کیفیت آب توسط محل دفن پسماند، برنامه ریزی شود. برای هر پیکره آب سطحی که احتمال تاثیر پذیری آن وجود دارد، بایستی یک نقطه پایش در پایین دست محل‌دفن (برای آبهای جاری یا دائمی مانند رودخانه ها و نهرها) یا در نزدیکی محل دفن پسماند (برای آبهای ساکن همچون دریاچه ها و سدها) وجود داشته باشد. همچنین بایستی یک نقطه پایش در بالادست محل‌دفن (برای آب های جاری) و یا دور از محل دفن پسماند (برای آب های ساکن) وجود داشته باشد که پیشینه و یا عدم تاثیر پذیری کیفیت آب های سطحی در محل تایید شود. پایش کیفیت آب های محیطی می تواند به یک سلسله

شاخص های استاندارد از شیرابه محل‌دفن و اثرات محیط زیستی محدود شود. جدول ۳-۷ پارامترهای مورد نیاز به منظور ارزیابی و پایش کیفیت آب‌های سطحی را نشان می دهد.

جدول ۵-۶- چک لیست ارزیابی و پایش کیفیت آب های سطحی

نام سایت محل‌دفن:	تاریخ و زمان نمونه برداری:
مدیر مسئول:	
امضا:	

آلاینده ها	واحد اندازه‌گیری	نتیجه تست
pH		
اکسیژن محلول	mg/l	
هدایت الکتریکی	µS/cm	
کل جامدات معلق	mg/l	
نیتروژن-آمونیا	mg/l	
کل کربن آلی	mg/l	
کلیفرم	cfu/100 mL	
کل جامدات محلول	mg/l	
پتاسیم	mg/l	
توضیحات:		

- پارامتر کلیفرم تنها زمانی که آب های پایین دست برای آب آشامیدنی و یا مصارف تفریحی استفاده می شود اندازه گیری می شود.

۵-۴-۱-۲- چک لیست پایش کیفیت آبهای زیر زمینی

طراحی، تعداد و محل چاههای پایش آب زیرزمینی به منظور شناسایی هرگونه آلودگی خاک و آب زیرزمینی ناشی از محل‌دفن با استفاده از نمونه گیری های شاهد از آب زیر زمینی در شبکه بایستی کافی باشد. جدول ۳-۸ پارامترهای مورد نیاز برای یک برنامه پایش آب های زیرزمینی را نشان می دهد. بسته به پروفایل ریسک محل‌دفن و ترکیبات ویژه پسماندهای دفن شده این برنامه می تواند متفاوت باشد.

توصیه می‌شود که مکان هر نوع ابزار و تجهیزات با همکاری یک متخصص بر اساس توپوگرافی منطقه و چیدمان محل‌دفن، نهایی شود. حداقل چهار مجموعه از چاه‌های پایش آب زیرزمینی (یکی در بالادست جهت جریان آب زیرزمینی و سه عدد در پایین‌دست) برای نمونه‌برداری از هر آبخوان در هر محل‌دفن مطلوب در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۵-۷- چک لیست ارزیابی و پایش کیفیت آب های زیرزمینی

نام سایت محل‌دفن:	تاریخ و زمان نمونه برداری:
مدیر مسئول:	
امضا:	

آلاینده ها	واحد اندازه‌گیری	دوره آزمایش	نتیجه
pH، دما و پتانسیل اکسایش/کاهش		سه ماه یکبار	
تراز سطح آب	m AHD	سه ماه یکبار	
کل جامدات محلول	mg/l	سه ماه یکبار	
آنیوم و کاتیون های اصلی	mg/l	سه ماه یکبار	
قلیاییت (بیوکربنات و کربنات)	mg/l	سه ماه یکبار	
کل کربن آلی	mg/l	سه ماه یکبار	
آمونیا و مواد مغذی (نیترات، نیتریت و فسفر)	mg/l	سه ماه یکبار	
فلزات	mg/l	سالیانه	
آلاینده های آلی	mg/l	سالیانه	
توضیحات:			

- کاتیون و آنیون های اصلی شامل کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم، کلراید، فلراید و سولفات می باشند.
- فلزات شامل آلومینیوم، آرسنیک، باریوم، کادمیوم، کروم، کبالت، منگنز، جیوه، نیکل، زینک، مس و سرب می باشد.
- آلاینده های آلی عبارتند از: فنول‌ها، هیدروکربن های نفتی، هیدروکربن های تک حلقوی (به طور مشخص بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زیلن)، سموم ارگانوکلرین و ارگانوفسفر، هیدروکربن های آروماتیک چند حلقوی

جدول ۵-۸- فرم گزارش پایش و بازرسی جنبه های مختلف سایت

نام سایت:..... شماره ارجاع:.....							
تاریخ بازرسی:..... ساعت ورود:..... نام بازرس:.....							
دلیل بازرسی:..... ساعت خروج:..... شرایط جوی:..... سایت: باز/بسته							
وضعیت زمان بازرسی	نامطلوب ←				بررسی نشده →		توضیحات
	مطلوب ←				غیر قابل اجرا →		
انطباق برنامه پایش محیط زیست							
انواع پسماند							
لایه بندی/تراکم پسماند							
سیستم پوشش پسماند							
خرد کردن اشیاء حجیم							
پوشش/ لایه محافظ							
شرایط جاده‌های سایت							
وضعیت ورودی سایت							
تمیز کردن بزرگراه/چرخ ها							
مرتب سازی سایت							
آتش سوزی							
حشرات/جانوران موذی/پرندگان							
زهکشی آب های سطحی							
کنترل شیرابه (در محل)							
گاز محل‌دفن							
بو							
صدا							
گردوغبار							
ورودی/حصارکشی/امنیت							
ثبت داده‌های سایت							
انبار تجهیزات و سوخت							
وضعیت انبار مواد پوششی							
وضعیت محیط زیستی سایت	پراکندگی پسماند						
	شیرابه						
سایر مشاهدات/اقدامات مورد نیاز:							
اقدامات فوری مورد نیاز:							
نظرات مسئول سایت:							
نمونه ها گرفته شده اند: بله/خیر ثبت تصاویر: بله/خیر	امضای بازرس:						دریافت شده توسط:

۵-۴-۲- سیستم پایش محیط‌زیست

هدف یک سیستم پایش محیط‌زیست عبارت است از (الف) بررسی اینکه آیا محل دفن پسماند همان‌طور که طراحی شده است عمل می‌کند یا خیر؟ و (ب) اطمینان حاصل شود که محل دفن پسماند مطابق با استانداردهای قانونی محیط‌زیستی است.

پایش در محل دفن پسماند در چهار نقطه انجام می‌شود: (الف) روی سطح و داخل محل‌دفن (ب) در منطقه زیرسطحی غیراشباع زیر و اطراف محل‌دفن ج) در آب‌های زیرزمینی (اشباع‌شده) زیر و اطراف محل‌دفن (د) در هوای بالا و اطراف محل‌دفن.

پارامترهایی که به‌طور مرتب مورد پایش قرار می‌گیرند عبارت‌اند از:

- هد شیرابه در محل‌دفن
- کیفیت شیرابه و گاز در محل‌دفن
- حرکات بلندمدت پوشش محل‌دفن
- کیفیت مایع منافذ و گاز منافذ در منطقه وادوز
- کیفیت آب‌های زیرزمینی در مناطق اشباع
- کیفیت هوای بالای محل‌دفن، در تأسیسات کنترل گاز، در ساختمان‌های موجود یا نزدیک محل‌دفن و در هر مسیر ترددی ممکن.

شاخص‌های کیفیت شیرابه و کیفیت گاز محل‌دفن باید پس از انجام یک مطالعه در رابطه با نوع پسماند، سن پسماند، ترکیبات شیرابه و گازهایی که احتمالاً تولید می‌شوند و ویژگی‌های ژئوتکنیکی و همچنین هیدروژئولوژی مشخص و تعیین شوند. کلیه برنامه‌های پایش ابتدا باید شرایط پایه و پس‌زمینه‌ی پیش از پایش محل‌دفن را تعیین کنند. دوره تناوب پایش در سایت‌های مختلف، متفاوت خواهد بود اما باید به‌صورتی تنظیم شده باشد که بتواند در مراحل اولیه ظهور حوادث غیرمعمول و خطرات بتواند زمان لازم برای تشخیص و موقعیت‌یابی علت را داشته باشد و امکان برداشتن گام‌های اولیه برای مهار یا اصلاح را فراهم آورد. معمولاً یک دوره پایش ماهانه یا دوماهه در مرحله عملیاتی یک محل‌دفن تا ۳-۴ سال پس از بسته شدن محل‌دفن، مناسب در نظر گرفته می‌شود. اگر تمام سیستم عملکرد رضایت‌بخشی داشته باشد، این تناوب می‌تواند در سال‌های بعد به ۲-۳ بار در سال کاهش یابد.

اگر غلظت‌های اندازه‌گیری‌شده بالاتر از حد انتظار باشند، یا سیستم‌های کنترل تغییر بیابند و یا سیستم زهکش دچار گرفتگی شود و عملکرد آن دچار اختلال شود، ممکن است تناوب پایش افزایش یابد. تناوب پایش همچنین

ممکن است در دوره‌هایی که تولید گاز یا تولید شیرابه بیشتر است، مانند دوره باران‌های موسمی افزایش یابد. یک برنامه پایش باید ۱) یک آزمایشگاه مناسب خارج از سایت را انتخاب کند که قادر به اندازه‌گیری ترکیبات در سطوح تشخیصی صحیح، ۲) روش‌شناسی برای ثبت و ذخیره داده، و ۳) یک روش آماری برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها تعیین کند.

ابزار و تجهیزات زیر برای پایش استفاده خواهد شد:

- نمونه‌بردارهای آب زیرزمینی برای چاه‌های پایش آب‌های زیرزمینی؛
- نمونه‌بردارهای شیرابه برای پایش شیرابه در محل‌دفن و مخزن شیرابه؛
- لیزیمترهای خلأ، نمونه‌بردار نوک فیلتر، نمونه‌بردار زهکشی آزاد برای تشخیص نشت زیر لاینرهای محل‌دفن.
- نمونه‌بردار آب سطحی برای جمع‌آوری نمونه از حوضچه رسوب‌گذاری.
- سنسورهای کیفیت آب دانهول جهت اندازه‌گیری EC، pH، اکسیژن محلول و دما در چاه‌های شیرابه، چاه‌های آب زیرزمینی و حوضچه‌های رسوب‌گذاری.
- دستگاه‌های قابل‌حمل (پرتابل) جهت تشخیص گاز محل‌دفن برای پایش درمحل؛
- نمونه‌بردارهای فعال و غیرفعال هوا برای پایش کیفیت هوای محیط.

جدول ۳-۱۰ فرم گزارش مشاهدات و ارزیابی محیط زیستی محل دفن پسماند را ارائه می دهد.

جدول ۵-۹- فرم گزارش مشاهدات محیط زیستی در محل‌دفن

فرم گزارش مشاهدات محیط زیستی				صفحه ..... از.....	
نام سایت:		شماره مجوز سازمان محیط زیست:		از تاریخ:	
مسئول سایت:				تا تاریخ:	
تاریخ	نوع مشاهدات	مکان مشاهدات	جزییات	اقدامات انجام شده	ثبت شده توسط

یادداشت‌ها:	تضمین کیفیت				فرایند پردازش داده‌ها		
		نام مسئول	تاریخ اتمام	پاراف‌ها		تاریخ	پاراف‌های مسئول
	گزارش چک شده				تکمیل برنامه		
	کنترل کیفی				داده‌های مورد تایید		
	مدیر				ورود به سیستم		

بسمه تعالی

سازمان حفاظت محیط زیست
معاونت محیط زیست انسانی
دفتر مدیریت پسماند

تدوین دستورالعمل ارزیابی فنی و ضوابط زیست‌محیطی محل‌های دفن پسماندهای عادی و ویژه

گزارش مرحله چهارم

مشاور:
دفتر همکاری‌های علمی، صنعتی و فناوری
دانشگاه علم و صنعت ایران

شهریور ۹۹

فهرست

۱- تدوین نقش و جایگاه مطالعات طراحی محل دفن پسماند ۱

۱-۱- تعیین جایگاه مطالعات طراحی محل دفن پسماند ۱

۱-۱-۱- امکان‌سنجی و طبقه‌بندی سایت ۱

۱-۱-۲- مکان‌یابی ۲

۱-۱-۳- اخذ مجوزهای مربوطه ۲

۱-۱-۴- شناسایی سایت ۲

۱-۱-۵- ارزیابی اثرات محیط‌زیستی (EIA) ۲

۱-۱-۶- طراحی سایت ۳

۱-۱-۷- آماده‌سازی و راه‌اندازی سایت ۳

۱-۱-۸- بهره‌برداری و پر کردن ۳

۱-۱-۹- بستن و کاربری نهایی ۳

۱-۱-۱۰- پایش ۴

۱-۲- تعیین اهداف و خروجی‌های مورد انتظار از مطالعات طراحی محل دفن پسماند ۴

۱-۳- تعیین دامنه و عمق مطالعات طراحی محل دفن پسماند ۴

۱-۳-۱- طراحی مفهومی ۴

۱-۳-۱-۱- بهره‌برداری از محل‌دفن ۵

۱-۳-۱-۲- فازبندی اجرا و بهره‌برداری از سایت ۵

۱-۳-۱-۳- مدیریت شیرابه ۵

۱-۳-۱-۴- مدیریت رواناب‌های سطحی ۶

۱-۳-۱-۵- مدیریت گاز لندفیل ۶

۱-۳-۱-۶- پایش محیط‌زیستی ۶

۱-۳-۱-۷- بستن و کاربری نهایی ۷

۱-۳-۲- طراحی تفصیلی ۷

۱-۴- جمع‌آوری قوانین و دستورالعمل‌های ملی و بین‌المللی ۸

۱-۵- مقایسه مشابهت‌ها و تفاوت‌های دستورالعمل‌های ملی و بین‌المللی ۹

۲- ارزیابی فنی محل‌های دفن پسماند عادی و ویژه ۱۰

۲-۱- مرور ادبیات موضوع ۱۰

۲-۱-۱- شناسایی رویکردهای متداول در طراحی محل‌های دفن پسماند ۱۰

۲-۱-۲- تعیین طبقه بندیهای موجود در خصوص انواع محلهای دفن پسماند ۱۰

۲-۱-۳- تعیین اجزای اصلی و فرعی محلهای دفن پسماند ۱۰

۲-۲- تخمین محدوده مورد نیاز برای محل دفن و ظرفیت آن ۱۱

۲-۳- الزامات مربوط به طراحی سیستم‌های نفوذناپذیر تحتانی ۱۲
۲-۳-۱- معرفی کلی انواع سیستم‌های نفوذناپذیر ۱۳
۲-۳-۱-۱- سیستم لاینر تک ۱۳
۲-۳-۱-۲- سیستم لاینر مرکب ۱۳
۲-۳-۱-۳- سیستم لاینر دوگانه ۱۳
۲-۳-۲- معرفی رویکردهای متداول در نحوه انتخاب سیستم نفوذ ناپذیر ۱۴
۲-۳-۳- مبانی طراحی سیستمهای نفوذناپذیر ۱۴
۲-۳-۳-۱- جنس و نوع لاینرها ۱۴
۲-۳-۳-۱-۱- لاینرهای رسی طبیعی ۱۴
۲-۳-۳-۱-۲- لاینرهای رسی متراکم شده (CCL) ۱۴
۲-۳-۳-۱-۳- لاینرهای رسی- ژئوسینتتیکی (GCL) ۱۴
۲-۳-۳-۱-۴- لاینرهای ژئوممبرینی ۱۶
۲-۳-۳-۲- معرفی و تشریح مشخصات فنی انواع لاینر ۱۷
۲-۳-۳-۲-۱- لاینرهای رسی متراکم‌شده ۱۷
۲-۳-۳-۲-۲- لاینرهای رسی ژئوسینتتیکی ۲۷
۲-۳-۳-۲-۳- لاینرهای ژئوممبرینی ۳۲
۲-۳-۳-۳- تشریح مشخصات عملکردی انواع لاینر ۳۶
۲-۳-۳-۳-۱- لاینرهای رسی متراکم‌شده ۳۶
۲-۳-۳-۳-۲- لاینرهای رسی ژئوسینتتیکی ۳۸
۲-۳-۳-۳-۳- لاینرهای ژئوممبرینی ۴۱
۲-۳-۳-۴- بررسی استانداردهای مختلف ملی و بین‌المللی در زمینه اجزای لاینر ۴۲
۲-۳-۳-۴-۱- انواع محل‌های دفن پیشنهادی بر اساس قانون مدیریت پسماند کشور ۴۲
۲-۳-۳-۴-۲- ضوابط اتحادیه اروپا ۴۳
۲-۳-۳-۴-۳- سازمان حفاظت از محیط زیست ایالات متحده ۴۴
۲-۳-۳-۴-۴- آئین‌نامه ملی کشور آلمان ۴۶
۲-۳-۳-۴-۵- ضوابط تهیه شده توسط وزارت آب و جنگلداری آفریقای جنوبی ۴۷
۲-۳-۳-۴-۶- چین ۴۹
۲-۳-۳-۴-۷- ضوابط پیشنهادی سازمان‌های بین‌المللی برای کشورهای در حال توسعه ۴۹
۲-۳-۳-۴-۸- ضوابط موجود در دیگر کشورهای توسعه یافته ۵۱
۲-۳-۳-۵- بررسی رفتار چروک خوردگی ژئوممبرین HDPE تحت اثر بار و وقوع پدیده ترکزایی تنشی- محیطی ۵۴
۲-۴- مدل IWEM ۵۷
۲-۴-۱- مقدمه ۵۷
۲-۴-۲- توصیف مدل ۵۷
۲-۴-۳- محدودیت‌های مدل ۶۰
۲-۵- الزامات مربوط به طراحی لایه زهکش ۶۰

۲-۵-۱- انواع زهکش ۶۱
۲-۵-۱-۱- لایه‌های زهکش خاکی ۶۱
۲-۵-۱-۲- ژئونت ۶۲
۲-۵-۲- خصوصیات زهکش‌های خاکی ۶۳
۲-۵-۳- دانه‌بندی مصالح زهکش ۶۴
۲-۵-۴- طراحی لایه زهکش ۶۴
۲-۵-۵- روششناسی تعیین مقدار شیرابه تولیدی با استفاده از نرم افزارHELP ۶۶
۲-۵-۵-۱- شیرابه و انواع آن ۶۶
۲-۵-۵-۱-۱- شیرابه اولیه ۶۷
۲-۵-۵-۱-۲- شیرابه ثانویه ۶۷
۲-۵-۵-۲- طبقه‌بندی کلی مدل‌های تولید شیرابه ۶۷
۲-۵-۵-۲-۱- مدل‌های لایه‌ای ۶۸
۲-۵-۵-۲-۲- مدل‌های شبکه‌ای ۶۸
۲-۵-۵-۲-۳- مدل‌های آماری ۶۸
۲-۵-۵-۲-۴- مدل‌های تعادلی ۶۹
۲-۵-۵-۳- بررسی مدل شرودر و نرم افزار HELP ۶۹
۲-۵-۵-۳-۱- کلیات ۶۹
۲-۵-۵-۳-۲- لایه‌های تعریف شده در مدل شرودر ۷۱
۲-۵-۵-۳-۳- مزایای مدل شرودر ۷۳
۲-۵-۵-۳-۴- معایب مدل شرودر ۷۳
2-5-5-3-5- فرضیات و محدودیت‌های مدل شرودر ۷۴
۲-۶- مبانی طراحی سیستم‌های جمع‌آوری شیرابه ۷۵
۲-۶-۱- سیستم جمعآوری شیرابهٔ اولیه ۷۶
۲-۶-۲- عدم موفقیت سیستم جمعآوری شیرابه ۷۶
۲-۶-۳- طراحی ترانشه و لولهٔ شیرابه ۷۷
۲-۶-۴- لولهٔ جمعآوری شیرابه ۷۸
۲-۶-۵- سیستم جمعآوری شیرابهٔ ثانویه ۸۱
۲-۶-۶- سیستم خروج شیرابه ۸۲
۲-۶-۶-۱- جریان ثقلی ۸۲
۲-۶-۶-۲- لولهی بالابرنده ۸۳
۲-۷- الزامات مربوط به طراحی سیستم جمع‌آوری گاز ۸۳
۲-۷-۱- معرفی انواع سیستم جمع‌آوری گاز ۸۳
۲-۷-۱-۱- سیستم جمع‌آوری غیرفعال گاز ۸۴
۲-۷-۱-۲- سیستم عامل جمع‌آوری گاز ۸۴
۲-۷-۱-۲-۱- چاه‌های استخراج ۸۷

۲-۷-۱-۲-۲- لوله‌ی اصلی (سرلوله) ۸۸
۲-۷-۱-۲-۳- دمنده ۸۹
۲-۷-۱-۲-۴- مشعل ۸۹
۲-۸- الزامات مربوط به طراحی پوشش‌ها ۸۹
۲-۸-۱- معرفی انواع پوشش‌ها ۸۹
۲-۸-۲- معیارها و روش انتخاب نوع پوشش ۸۹
۲-۸-۲-۱- پوشش روزانه ۸۹
۲-۸-۲-۲- پوشش میانی ۹۰
۲-۸-۲-۳- پوشش نهایی ۹۱
۲-۸-۲-۳-۱- لایه‌ی سطحی ۹۲
۲-۸-۲-۳-۲- لایه‌ی محافظتی ۹۲
2-8-2-3-3- لایه‌ی آب‌بند ۹۳
۲-۸-۲-۳-۴- لایه‌ی زهکش گاز ۹۳
۲-۸-۲-۳-۵- لایه‌ی فونداسیون ۹۳
۲-۹- الزامات مربوط به بستن محل دفن ۹۴
۲-۹-۱- چارچوب قانونی ۹۴
۲-۹-۲- بستن محل دفن ۹۵
۲-۹-۲-۱- اجرای پوشش نهایی ۹۵
۲-۹-۲-۲- پوشش گیاهی ۹۶
۲-۹-۲-۳- تجهیزات دائمی ۹۶
۲-۹-۳- استفاده‌ی نهایی از محل‌دفن ۹۶
۲-۹-۳-۱- اقدامات احتیاطی در مورد استفاده نهایی ۹۷
۲-۹-۳-۲- مثال‌های موردی ۹۹
۲-۹-۳-۲-۱- استفاده نهایی از لندفیل Velsen در هلند ۹۹
۲-۹-۳-۲-۲- استفاده نهایی از لندفیل Nauerna در هلند ۱۰۰
۲-۹-۳-۲-۳- لندفیل Gaffey Street Landfill ۱۰۱
۲-۹-۳-۲-۴- لندفیل Tecnoparc de Montreal, Canada ۱۰۱
۲-۱۰- الزامات مربوط به سیستم مدیریت شیرابه ۱۰۲
۲-۱۱- الزامات مربوط به مدیریت گاز تولیدی ۱۰۴
۲-۱۱-۱-۱- پایش گاز لندفیل ۱۰۴
۲-۱۱-۱-۲- مدیریت گاز محل دفن ۱۰۶
۲-۱۱-۱-۳- الزامات مدیریت گاز ۱۰۸
۲-۱۲- الزامات مربوط به مشخصات سازه‌ها و تأسیسات مورد نیاز ۱۰۸
۲-۱۲-۱- زهکشی ۱۰۹
۲-۱۲-۲- اندازه‌گیری وزن توسط باسکول‌ها ۱۰۹

۲-۱۲-۳- امکانات زیربنایی ۱۱۰
۲-۱۲-۴- سازه‌ها ۱۱۰
۲-۱۲-۵- نرده‌کشی ۱۱۱
۲-۱۳- الزامات مربوط به تأمین راه‌های دسترسی و مدیریت ترافیکی در محل دفن ۱۱۱
۲-۱۳-۱- ملاحظات کلی ۱۱۱
۲-۱۳-۲- ملاحظات ترافیکی ۱۱۳
۲-۱۴- معیارهای راهبری محل دفن ۱۱۴
۲-۱۴-۱- مقدمه ۱۱۴
۲-۱۴-۲- رویه‌های عمومی ۱۱۴
۲-۱۴-۲-۱- ساعات کار عملیاتی محل دفن ۱۱۴
۲-۱۴-۲-۲- آماده‌سازی و نگهداری مدفن ۱۱۵
۲-۱۴-۲-۲-۱- آماده‌سازی ۱۱۵
۲-۱۴-۲-۲-۲- راهدار ۱۱۵
۲-۱۴-۲-۳- نگهداری عمومی ۱۱۶
۲-۱۴-۲-۳-۱- آب و هوای نامتعارف ۱۱۶
۲-۱۴-۲-۳-۲- چرخه حرکت کامیون‌ها و دریافت زباله در مدفن ۱۱۷
۲-۱۴-۲-۴- کنترل‌های زیست‌محیطی ۱۱۸
۲-۱۵- الزامات مربوط به اجزای جانبی و زیرساخت‌های محل‌های دفن ۱۱۸
۲-۱۵-۱- کنترل رواناب سطحی ۱۱۸
۲-۱۵-۲- کنترل آب زیرزمینی ۱۱۹
۲-۱۶- نحوه کنترل فرسایش باتوجه به وضعیت بارش ۱۲۰
۲-۱۷- ارتباط روش‌های بهره‌برداری و پایداری ساختاری ۱۲۳
۲-۱۷-۱- تراکم و پوشش زباله ۱۲۳
۲-۱۸- الزامات مربوط به پایش جنبه‌های مختلف عملیات دفن پسماند ۱۲۵
۲-۱۸-۱- فرسایش و رسوب ۱۲۵
۲-۱۸-۲- کیفیت آب سطحی ۱۲۵
۲-۱۸-۳- کیفیت هوا و نشت گاز ۱۲۵
۳- نحوه نظارت بر اجرای عملیات در محلهای دفن پسماند عادی و ویژه ۱۲۷
۳-۱- تعیین الزامات سیستم پذیرش پسماند ۱۲۷
3-1-1- هدف ۱۲۷
3-1-2- مراحل پذیرش پسماند ۱۲۷
3-1-3- خلاصه‌ای از الزامات برای تولیدکنندگان پسماند ۱۲۸
3-1-4- پسماندهای ممنوعه ۱۲۹

-1-4-1-3 پسماند مایع ۱۲۹
-2-4-1-3 خطرات ممنوعه ۱۳۰
-3-4-1-3 پسماندهای عفونی و بهداشتی ۱۳۰
-4-4-1-3 پسماند بی‌اثر ۱۳۰
۳-۱-۴-۴-۱- حدود مجاز پذیرش ۱۳۱
-5-4-1-3 پسماندهای غیرخطرناک ۱۳۱
۳-۱-۴-۶- پسماندهای خطرناک ۱۳۲
۳-۱-۴-۶-۱- پسماند های دانه ای ۱۳۲
۳-۱-۴-۶-۲- پسماندهای یکپارچه ۱۳۲
۳-۱-۵- تعیین الزامات مربوط به نحوه بازرسی پسماندها ۱۳۳
۳-۱-۵-۱- مستندات و آزمایشات انطباق ۱۳۳
۳-۱-۵-۲- کنترل پسماندهای ورودی ۱۳۴
۳-۱-۵-۳- تایید در محل ۱۳۵
۳-۱-۵-۴- ارتباط موثر ۱۳۶
۳-۱-۵-۵- دانش کارکنان ۱۳۶
۳-۱-۶- تعیین نحوه ثبت داده‌ها ۱۳۷
۳-۱-۶-۱- جمع آوری داده ۱۳۷
۳-۱-۶-۲- تطبیق داده‌های پایش و بایگانی مقدماتی ۱۳۷
۳-۱-۶-۲-۱- انواع داده‌ها ۱۳۷
۳-۱-۶-۲-۲- ورود و بایگانی اولیه داده‌ها ۱۳۸
۳-۱-۶-۲-۳- اعتبارسنجی داده‌ها ۱۳۸
۳-۱-۶-۲-۴- بررسی های اعتبارسنجی ۱۳۸
۳-۱-۶-۲-۵- پردازش داده های غیر عادی یا نادرست ۱۳۹
۳-۱-۶-۲-۶- ذخیره و بایگانی داده های معتبر ۱۴۰
۳-۱-۶-۳- فرمت نگهداری سوابق ۱۴۰
۳-۱-۶-۴- دفترچه راهنمای سایت ۱۴۰
۳-۱-۷- تعیین نحوه گزارشدهی ۱۴۱
۳-۱-۷-۱- گزارشات سایت ۱۴۱
۳-۱-۸- چک لیست ها ۱۴۲
۳-۲- تعیین الزامات سیستم شناسایی و آنالیز پسماندهای ورودی ۱۴۳
۳-۲-۱- نیاز به آزمایش خصوصیات اصلی (مرحله ۱) ۱۴۳
۳-۲-۱-۱- پسماندهای فاقد نیاز به آزمایش ۱۴۳
۳-۲-۱-۲- در دسترس بودن اطلاعات ۱۴۴
۳-۲-۱-۳- غیر عملی بودن آزمایش ۱۴۴
۳-۲-۲- آزمایش انطباق (مرحله ۲) ۱۴۴
۳-۲-۳- تأیید در محل (مرحله ۳) ۱۴۴

۳-۲-۳-۱- بررسی مدارک مورد نیاز ۱۴۵
۳-۲-۳-۲- بازرسی چشمی ۱۴۵
۳-۲-۳-۳- نمونه‌گیری دوره‌ای ۱۴۵
۳-۳- تعیین الزامات نظارت بر نحوه دفن پسماند ۱۴۶
۳-۳-۱- الزامات قراردهی پسماند ۱۴۶
۳-۳-۲- نکات عمومی در روش های مختلف قراردهی پسماند ۱۴۷
۳-۳-۳- الزامات متراکم کردن ۱۴۹
۳-۳-۴- الزامات اجرای پوششها ۱۵۰
۳-۳-۴-۱- پوشش روزانه ۱۵۱
۳-۳-۴-۲- پوشش میانی ۱۵۱
۳-۳-۴-۳- مواد جایگزین پوشش روزانه ۱۵۱
۳-۳-۴-۳-۱- الزامات مواد جایگزین پوشش روزانه ۱۵۲
3-3-4-3-2- مشخصات مواد جایگزین ۱۵۳
۳-۳-۵- اطمینان از پایداری شیبها ۱۵۴
۳-۳-۵-۱- بررسی توپوگرافی ۱۵۴
۳-۳-۵-۱-۱- نشست ۱۵۴
۳-۳-۵-۲- پایداری ۱۵۵
۳-۴- طراحی چک لیستهای مربوط به ارزیابی سیستمهای مدیریت شیرابه و گاز ۱۵۶
۳-۴-۱- اهداف ۱۵۶
۳-۴-۲- محل‌های پایش ۱۵۷
۳-۴-۳- پایش دوره ای و پارامترهای آنالیز ۱۵۷
۳-۴-۴- تست سمیت ۱۵۸
۳-۴-۵- دستورالعمل نمونه‌برداری ۱۵۸
۳-۴-۶- گاز لندفیل درون و خارج از بدنه پسماند ۱۶۰
۳-۵- طراحی چک لیستهای مربوط به ارزیابی ایمنی سایت ۱۶۵
۳-۵-۱- آموزش ۱۶۵
۳-۵-۲- سطح کارکنان ۱۶۶
۳-۵-۳- پزشکی ۱۶۶
۳-۵-۴- کمک‌های اولیه ۱۶۶
۳-۵-۵- تجهیزات مراقبت فردی ۱۶۷
۳-۵-۶- گاز تولیدی در لندفیل ۱۶۷
۳-۵-۷- زیرساخت، علایم و موانع سایت ۱۶۸
۳-۵-۸- سایر شرایط و ضوابط سایت ۱۶۹
۳-۵-۹- مواد خطرناک ۱۶۹

۳-۵-۱۰- خطرات الکتریکی ۱۷۰
۳-۵-۱۱- کاوش در پسماند ۱۷۰
۳-۶- طراحی چک لیستهای مربوط به پایش جنبههای مختلف عملیات دفن پسماند ۱۷۱
۳-۶-۱- پارامترهای مورد پایش ۱۷۱
۳-۶-۱-۱- چک لیست پایش کیفیت آب های سطحی ۱۷۱
۳-۶-۱-۲- چک لیست پایش کیفیت آبهای زیر زمینی ۱۷۲
۳-۶-۲- طراحی سیستم پایش محیط‌زیست ۱۷۵
۴- بازنگری ضوابط زیست‌محیطی محل‌های دفن پسماند ۱۷۸
۴-۱- مقدمه ۱۷۸
۴-۲- بازنگری ضوابط زیست‌محیطی محل‌های دفن پسماند عادی ۱۷۹
۴-۲-۱- معیارهای کلی و مشترک در استانداردهای بین‌المللی برای مکان‌یابی محل دفن ۱۷۹
۴-۲-۱-۱- زمین‌شناسی ۱۷۹
4-2-1-2- عوامل ایجاد مزاحمت برای محیط اطراف ۱۸۰
۴-۲-۲- معیارهای مکان‌یابی بر اساس استانداردهای بین‌المللی ۱۸۶
۴-۲-۲-۱- فرودگاه‌ها ۱۸۷
۴-۲-۲-۲- دشت‌های سیلابی ۱۸۷
۴-۲-۲-۳- تالاب‌ها ۱۸۸
۴-۲-۲-۴- زیستگاه‌های بحرانی و یا مناطق تحت حفاظت محیط‌زیست ۱۸۸
۴-۲-۲-۵- مناطق دارای گسل ۱۸۹
۴-۲-۲-۶- نواحی دارای تأثیرات لرزه‌ای ۱۸۹
4-2-2-7- مناطق ناپایدار ۱۸۹
۴-۲-۲-۸- محیط‌های هیدروژئولوژیکی حساس ۱۸۹
۴-۲-۲-۹- مناطق با کاربری‌های مختلف مسکونی تجاریو جاده‌های دسترسی ۱۸۹
۴-۲-۳- بررسی دستورالعمل‌های بین‌المللی در زمینه معیارهای مکان‌یابی محل دفن ۱۹۰
۴-۲-۳-۱- سازمان حفاظت از محیط‌زیست آمریکا (USEPA) ۱۹۰
۴-۲-۳-۲- سازمان حفاظت از محیط‌زیست استرالیا ۱۹۸
4-2-3-3- وزارت آب و جنگل‌داری آفریقای جنوبی ۱۹۹
۴-۲-۳-۴- بانک جهانی ۲۰۰
۴-۲-۳-۵- سازمان محیط‌زیست جمهوری بوتسوانا ۲۰۱
۴-۲-۳-۶- سازمان حفاظت از محیط‌زیست کانادا ۲۰۲
۴-۲-۳-۷- انجمن بین‌المللی پسماند ۲۰۳
۴-۲-۳-۸- ایرلند ۲۰۴
انجمن بین‌المللی پسماند ۲۰۷
انجمن بین‌المللی پسماند ۲۰۹
۴-۳- بازنگری ضوابط زیست‌محیطی محل‌های دفن پسماند ویژه (خطرناک) ۲۱۰

۴-۳-۱- معیارهای مورد توجه در راهنماهای مختلف ۲۱۰
۴-۳-۱-۱- پارک‌ها و مناطق حفاظت‌شده حیات‌وحش ۲۱۰
۴-۳-۱-۲- جلوگیری از تشکیل بیش‌ازحد شیرابه ۲۱۱
۴-۳-۱-۳- پیشگیری از آلودگی در مناطق پرجمعیت و عمومی ۲۱۱
۴-۳-۱-۴- جلوگیری از انتشار تصادفی آلاینده‌ها ۲۱۱
۴-۳-۱-۵- رودخانه‌ها و مناطق آبرفتی ۲۱۲
۴-۳-۱-۶- مناطق شهری و روستایی ۲۱۲
۴-۳-۱-۷- گسل‌ها ۲۱۳
۴-۳-۱-۸- جاده‌های اصلی ۲۱۳
۴-۳-۱-۹- چاه‌ها و قنات‌ها ۲۱۳
۴-۳-۱-۱۰- دشت‌های سیلابی ۲۱۳
۴-۳-۲- اسناد بین‌المللی بررسی شده ۲۱۳
۴-۳-۲-۱- بانک جهانی ۲۱۳
۴-۳-۲-۲- ایالات متحده ۲۱۴
۴-۳-۲-۳- کانادا ۲۲۱
۴-۳-۲-۴- کنوانسیون بازل ۲۲۲
۴-۳-۲-۵- راهنمای برنامهٔ محیط زیست سازمان ملل متحد (UNEP) ۲۲۳
۴-۳-۳- نتیجه‌گیری ۲۲۳
۴-۴- مقایسه ضوابط مکان‌یابی سایر کشورها با ضوابط زیست‌محیطی محل دفن ایران ۲۲۵
۴-۴-۱- ضوابط زیست‌محیطی سازمان حفاظت از محیط‌زیست ایران برای محل‌های دفع پسماندهای عادی و ویژه ۲۲۵
۴-۴-۲- مقایسه ایران با سایر کشورها ۲۲۷
۴-۴-۳- اصلاحات پیشنهادی برای ضوابط زیست‌محیطی سازمان حفاظت از محیط‌زیست ایران برای محل‌های دفع پسماندهای عادی و ویژه ۲۳۲
۵- بهسازی محل‌های دفن موجود ۲۳۵
۵-۱-۱- مقدمه ۲۳۵
۵-۱-۲- تعیین توپوگرافی محل دفن ۲۳۵
۵-۱-۳- ارزیابی مشخصات ژئوتکنیکی بستر محل دفن ۲۳۵
۵-۱-۴- ارزیابی مشخصات ژئوتکنیکی پسماندهای دفن‌شده ۲۳۶
۵-۱-۴-۱- خصوصیات فیزیکی (پایه) ۲۳۶
۵-۱-۴-۱-۱- ترکیبات و اجزاء پسماند ۲۳۶
۵-۱-۴-۱-۲- رطوبت ۲۳۶
۵-۱-۴-۱-۳- محتوی مواد آلی ۲۳۷
۵-۱-۴-۱-۴- چگالی ویژه (Gs) ۲۳۷
۵-۱-۴-۱-۵- وزن واحد ۲۳۷

۵-۱-۴-۲- خصوصیات ژئوتکنیکی ۲۳۷
۵-۱-۴-۲-۱- دانه بندی ۲۳۷
۵-۱-۴-۲-۲- حدود اتربرگ ۲۳۷
۵-۱-۴-۲-۳- مقاومت برشی ۲۳۸
۵-۱-۴-۲-۴- پارامترهای نشست پذیری پسماند ۲۳۸
۵-۱-۵- ارزیابی پایداری و نشست لندفیل های موجود قبل و بعد از بهسازی ۲۳۸
۵-۱-۶- تعیین طبقات شیب، شرایط، مسیر و میزان آب های سطحی و رواناب ها ۲۴۰

فهرست جداول

جدول ۲-۱- جزئیات آزمایش‌های تراکم مورد استفاده در ساخت لاینرهای رسی متراکم‌شده..... ۲۳
جدول ۲-۲- آزمایش‌های تعیین خصوصیات مواد اولیه لاینر رسی متراکم‌شده..... ۲۵
جدول ۲-۳- حداقل تناوب نمونه‌برداری برای بررسی منبع قرضه ۲۵
جدول ۲-۴- آزمایش‌های پیشنهادی برای مواد لاینر خاکی پس از قرار گرفتن در یک لیفت متراکم‌نشده ۲۶
جدول ۲-۵- حداکثر درصد قابل قبول برای عدم انطباق نتایج با معیارهای فنی مواد لاینر ۲۶
جدول ۲-۶- تست‌ها و ملاحظات پیشنهادی برای خاک متراکم شده ۲۷
جدول ۲-۷- مشخصات فنی GCL بر اساس استاندارد GRI-GCL3 ..... ۲۸
جدول ۲-۸- نوع محل دفن مناسب برای انواع پسماندهای مشخص شده در قانون مدیریت پسماند ایران ۴۳
جدول ۲-۹- آزمایش‌ها و تناوب توصیه‌شده برای مصالح زهکش ۶۳
جدول ۲-۱۰- ضرایب کاهش توصیه شده برای تعیین نرخ جریان مجاز ژئونت‌های دوصفحه‌ای ۶۶
جدول ۲-۱۱- سطوح مجاز تولید گاز در لندفیل ۱۰۵
جدول ۲-۱۲- فناوری‌های بالقوهٔ مناسب برای نرخ‌های مختلف تولید گاز ۱۰۷
جدول ۲-۱۳- گزینه‌های قابل انجام برای کنترل رواناب سطحی ۱۱۹
جدول ۲-۱۴- گزینه‌های موجود جهت کنترل فرسایش در محل‌های دفن پسماند..... ۱۲۱
جدول ۴-۱- تکنیک‌های کنترلی برای کاهش حضور پرندگان در محل دفن ۱۹۲
جدول ۴-۲- خلاصه دستورالعمل‌های بررسی‌شده در زمینه ضوابط مکان‌یابی محل دفن پسماند..... ۲۰۶
جدول ۴-۳- نمونه‌ای از معیارهای انتخابی و وزن اختصاص داده شده برای مکانیابی محل دفن پسماندهای خطرناک در ایالات متحده. ۲۱۴
جدول ۴-۴- نمونه‌ای از ارزش وزنی به دست آمده در روش ارائه شده در اسناد US EPA. ۲۱۵
جدول ۴-۵- معیارهای ارائه شده در دستورالعمل‌های بررسی شده در خصوص مکانیابی محل دفن پسماندهای خطرناک (ویژه). ۲۲۴

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱- اجزای متداول یک محل دفن مهندسی ۱۱
شکل ۲-۲- اجزای یک لاینر رسی ژئوسینتتیکی ۱۵
شکل ۲-۳- کانی مونت موریونیت؛ ساختار صفحه‌ای (راست) و ترسیم فضایی (چپ) ۱۶
شکل ۲-۴- کاربرد ژئوممبرین در محل‌های دفن پسماند؛ اجرا بر روی لاینر رسی ژئوسینتتیکی (بالا راست)، اجرا بر روی لاینر رسی متراکم‌شده (بالا چپ) و اجرا جهت پوشش نهایی (پایین) ۱۸
شکل ۲-۵- نمودار وزن مخصوص خشک در مقابل درصد رطوبت (راست) و نمایش ساختار خاک قبل و بعد از رطوبت بهینه (چپ) ۱۹
شکل ۲-۶- ایجاد اتصال بین لاینر خاکی جدید و لاینر خاکی قدیمی ۲۱
شکل ۲-۷- فرایند پیشنهادی جهت تعیین محدوده قابل قبول مقادیر درصد رطوبت-وزن مخصوص خشک بر اساس ملاحظات هدایت هیدرولیکی ۲۳
شکل ۲-۸- آزمایش‌های بنتونیت بر اساس GRI-GCL3: بنتونیت در یک استوانه مدرج جهت اندازه‌گیری مقدار تورم (راست) و آزمایش FLUID LOSS (چپ) ۲۹
شکل ۲-۹- اجرای لایه‌ی پوششی بر روی GCL ۳۰
شکل ۲-۱۰- پهن کردن رول GCL به صورت مکانیکی و دستی ۳۰
شکل ۲-۱۱- هم‌پوشانی رول‌های GCL و ریختن بنتونیت بین رول‌ها ۳۱
شکل ۲-۱۲- نحوه خودترمیمی در اطراف یک پیچ فرورفته در GCL و نیز پر شدن یک حفره در GCL ۳۱
شکل ۲-۱۳- نحوه‌ی صحیح ذخیره‌سازی GCL ۳۲
شکل ۲-۱۴- ترک‌خوردگی در لاینر رسی متراکم‌شده در اثر خشک شدن در زیر ژئوممبرین ۳۷
شکل ۲-۱۵- حداقل‌های مورد نیاز جهت دفن پسماندهای غیر خطرناک طبق ضوابط RCRA ۴۵
شکل ۲-۱۶- حداقل‌های مورد نیاز جهت دفن پسماندهای خطرناک طبق ضوابط RCRA ۴۶
شکل ۲-۱۷- ضوابط پیشنهادی دستورالعمل لندفیل آفریقای جنوبی برای لندفیل‌های عادی (غیرخطرناک) ۴۸
شکل ۲-۱۸- ضوابط پیشنهادی دستورالعمل لندفیل آفریقای جنوبی برای لندفیل‌های خطرناک ۴۸
شکل ۲-۱۹- استاندارد لاینر تحتانی لندفیل پسماند شهری چین ۴۹
شکل ۲-۲۰- حداقل الزامات کف محل دفن در کشورهای مختلف ۵۱
شکل ۲-۲۱- حداقل‌های مورد نیاز جهت دفن پسماندهای غیر خطرناک طبق ضوابط RCRA ۵۲
شکل ۲-۲۲- نشت به دلیل سوراخ در ژئوممبرین در دو حالت تماس کامل و چروک خوردگی ژئوممبرین ۵۳
شکل ۲-۲۳- حداقل‌های مورد نیاز جهت دفن پسماندهای خطرناک طبق ضوابط RCRA ۵۳
شکل ۲-۲۴- نمایی از مکانیزم وقوع پدیده ترک‌زایی تنشی ۵۶
شکل ۲-۲۵- تصویری از وقوع پدیده ترک‌زایی تنشی ۵۶
شکل ۲-۲۶- نمونه خروجی مدلسازی مدل IWEM ۵۸
شکل ۲-۲۷- مولفه‌های اصلی تاثیرگذار بر موازنهٔ جرمی آب در محل‌های دفن ۶۹
شکل ۲-۲۸- نمونهٔ کلوخ جدا شده از درون لولهٔ جمع‌آوری شیرابه پس از ۴ سال بهره‌برداری ۷۷

شکل ۲-۲۹- جزییات ترانشهٔ جمع‌آوری شیرابه برای لاینر رسی ۷۸
شکل ۲-۳۰- لاینر، سیستم جمع‌آوری شیرابه و هد شیرابهٔ ایجاد شده بر روی لاینر ۷۹
شکل ۲-۳۱- جزییات یک سیستم جمع‌آوری گاز غیرفعال ۸۴
شکل ۲-۳۲- نمونه یک چاه سیستم جمع‌آوری فعال گاز ۸۶
شکل ۲-۳۳- چیدمان اجزای یک سیستم جمع‌آوری فعال گاز ۸۷
شکل ۲-۳۴- نمونه جزئیات اتصال سرلوله به لوله‌ی استخراج ۸۸
شکل ۲-۳۵- مثالی از دو سیستم پوشش نهایی با الف) لاینر رسی متراکم‌شده و ب) GCL با حداقل میزان نفوذ آب به درون لندفیل ۹۴
شکل ۲-۳۶- سیستم تهویه‌ی ایجادشده در زیر یک ساختمان اداری احداث‌شده روی لندفیل (هلند) ۹۸
شکل ۲-۳۷- لندفیل VELSEN در هلند ۱۰۰
شکل ۲-۳۸- ساختمان اجراشده بر روی لندفیل NAUERNA در هلند ۱۰۱
شکل ۲-۳۹- سلسله مراتب مدیریت گاز لندفیل ۱۰۶
شکل ۴-۱- جریان گرانشی شیرابه ناشی از اختلاف ارتفاع سطح محل دفن و سطح آب ۱۸۵
شکل ۴-۲- شعاع تأثیر یک رودخانه در ایجاد دشت سیلابی در دوره بازگشت‌های مختلف ۱۸۸
شکل ۵-۱- نمای شماتیک نمونه هندسه پشته های اصلاحی برای شیب مدفن ها ۲۴۰

۱– تدوین نقش و جایگاه مطالعات طراحی محل دفن پسماند

در این بخش، به‌طور مختصر به بررسی مطالعات مورد نیاز برای برنامه‌ریزی، مکان‌یابی، طراحی و اجرای یک محل دفن پرداخته شده و نقش و جایگاه مطالعات طراحی در این میان مورد تاکید قرار می‌گیرد. در این راستا، خروجی‌هایی که از یک سلسله‌مطالعات مربوط به محل دفن باید بدست آید، ارائه می‌شود.

۱-۱- تعیین جایگاه مطالعات طراحی محل دفن پسماند

در این بخش، ابتدا به مطالعات مورد نیاز برای احداث یک محل دفن پرداخته می‌شود و سپس جایگاه مطالعات طراحی در این میان مشخص می‌شود.

به‌طور کلی، مطالعات زیر برای احداث و بهره‌برداری از یک محل دفن ضروری است:

۱) امکان‌سنجی و طبقه‌بندی سایت
۲) مکان‌یابی
۳) اخذ مجوزهای مربوط به زمین
۴) شناسایی سایت
۵) ارزیابی اثرات محیط‌زیستی (EIA)
۶) طراحی سایت
۷) آماده‌سازی و راه‌اندازی سایت
۸) بهره‌برداری و پر کردن
۹) بستن و کاربری نهایی سایت
۱۰) پایش

در ادامه به اختصار در مورد این گام‌ها صحبت می‌شود.

۱-۱-۱- امکان‌سنجی و طبقه‌بندی سایت

در این بخش از مطالعات، باید جریان کمّی و کیفی پسماند مورد نظر برای دفن شناسایی و مشخص شود. تعیین کمیت پسماند در دوره بهره‌برداری بر مساحت مورد نیاز که باید در فاز مکان‌یابی مدنظر قرار گیرد، تاثیرگذار است. تعیین طبقه‌بندی و خصوصیات کیفی پسماند نیز بر نوع محل‌دفن مورد طراحی تاثیرگذار است. به عبارت دیگر، در این فاز باید مشخص شود یک لندفیل برای پسماندهای عادی مدنظر است یا پسماندهای خطرناک. این نکته نیز در مطالعات مکان‌یابی و دامنه‌ی مطالعات مکان‌یابی تاثیرگذار است. یکی دیگر از نکاتی که در این بخش باید مدنظر قرار گیرد، پتانسیل شیرابه‌زایی پسماند است.

۱-۱-۲- مکان‌یابی

پس از تعیین مشخصات پسماند و طبقه‌بندی لندفیل مورد نیاز، مطالعات مکان‌یابی انجام می‌شود. مکان‌یابی، شامل طیف گسترده‌ای از بررسی‌های فنی، حذف سایت‌های با مشکلات ذاتی (مطابق ضوابط فصل چهارم)، شناسایی سایت‌های کاندید، بررسی معیارهای اقتصادی، مقبولیت عمومی، وضعیت محیط‌زیستی، رتبه‌بندی سایت‌ها و در نهایت انتخاب سایت برتر است. پس از انتخاب سایت برتر، برخی مطالعات مقدماتی در محل به شرح زیر می‌تواند ضروری باشد:

- اطلاعات پایه
- بررسی‌های اولیه‌ی هیدروژئولوژیکی
- بررسی محیط‌زیستی اولیه (IEE)
- بررسی فاکتورهای کلیدی در طراحی
- اقدامات مشورتی با گروه‌های اجتماعی درگیر

۱-۱-۳- اخذ مجوزهای مربوطه

این بخش می‌تواند به عنوان بخشی از مطالعات مکان‌یابی نیز در نظر گرفته شود. زمین سایت انتخابی بسته به نوع مالکیت آن و تعارضات موجود نیازمند اخذ مجوزهای قانونی و تغییر در مالکیت آن است. از دیگر اهداف این بخش، ثبت‌نام سایت مربوطه در پایگاه داده‌های سازمان محیط‌زیست یا ادارات کل استانی و نیز ایجاد امکانی برای اخذ تعهدات ضروری برای اجرا و بهره‌برداری مطابق ضوابط دستورالعمل طراحی است.

۱-۱-٤- شناسایی سایت

در بخش شناسایی سایت، موارد و جنبه‌های متعددی باید بررسی شود که از قرار زیر است:

- جغرافیای فیزیکی سایت مانند محدوده‌ی موضعی عملیات شناسایی، توپوگرافی، هیدرولوژی، زیرساخت‌های موجود، اقلیم، پوشش گیاهی و کاربری اراضی
- خصوصیات زیرسطحی شامل خاک، زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی
- پتانسیل ایجاد مشکلات ناشی از گاز لندفیل و مسائل آلودگی هوا

۱-۱-۵- ارزیابی اثرات محیط‌زیستی (EIA)

مانند هر مطالعه‌ی EIA دیگری، دو هدف عمده از این مطالعه دنبال می‌شود:

- شناسایی و تعیین راه‌های مختلفی که یک سایت پیشنهادی، موجود یا بسته‌شده می‌تواند بر محیط پذیرنده‌ی خود تاثیر بگذارد؛ و

- حصول اطمینان از اینکه اثرات شناسایی‌شده را می‌توان از طریق یک طراحی و اجرای مناسب در ترکیب با پایش مداوم، به حداقل رساند.

در بررسی اثرات محیط‌زیستی محل دفن، باید اثرات محیط زیستی ایجادشده در صورت بروز مشکل در محل دفن در اثر طراحی یا اجرای نامناسب (به عنوان مثال نشت قابل توجه آلاینده‌ها) نیز پرداخته شود.

۱-۱-٦- طراحی سایت

مرحله‌ی طراحی سایت یکی از مهم‌ترین مراحل برنامه‌ریزی برای احداث یک محل دفن است. این مرحله خود به چندین زیرمرحله تقسیم می‌شود که در بخش‌های بعد بدان اشاره می‌شود. این مرحله دارای ارتباط تنگاتنگی با کلیه مراحل پیش از خود دارد. برخی الزامات طراحی با توجه به شرایط مکان‌یابی و محدودیت‌های موجود تعیین می‌شوند. برخی دیگر نیز از نوع اقدامات کاهش اثرات طرح با توجه به گزارش EIA هستند که باید مدنظر قرار گیرند. سایر موارد نیز با توجه به قوانین و دستورالعمل‌های موجود و ضرورت تامین حداقل‌های طراحی از یک‌سو و مطالعات شناسایی سایت از سوی دیگر طراحی می‌شوند. لذا طراح باید قادر باشد با استفاده از ابزارهای طراحی خود، نسبت به رفع محدودیت‌های ایجادشده در فاز مکان‌یابی و اثرات شناسایی‌شده در فاز EIA با حفظ اقتصاد طرح اقدام کند.

۱-۱-۷- آماده‌سازی و راه‌اندازی سایت

این مرحله شامل اجرایی‌کردن خروجی‌های مرحله‌ی طراحی است و ماحصل آن، یک سایت آماده برای آغاز عملیات دفن پسماند است.

۱-۱-۸- بهره‌برداری و پر کردن

بهره‌برداری از یک لندفیل باید در قالب یک طرح بهره‌برداری (Operatin Plan) انجام شود که این طرح می‌تواند در فاز طراحی یا در همین فاز تدوین شود. موارد مربوط به این فاز در بخش سوم گزارش به تفصیل آورده شده‌اند.

۱-۱-۹- بستن و کاربری نهایی

کاربری نهایی سایت بر اساس مطالعات و طراحی‌ای که پس از بسته‌شدن انجام می‌شود، تعیین خواهد شد. با توجه به طول عمر محل دفن، تغییرات در کمیت و کیفیت پسماند دفنی، تغییرات ارزش زمین و کاربری اراضی در مجاورت محل دفن، و نیازهای موجود می‌توان کاربری مناسب را برای محل دفن در نظر گرفت.

۱-۱-۱۰- پایش

این بخش، به دوره‌ی پس از اتمام فرایند دفن اطلاق می‌شود که باید خروجی‌های اصلی محل دفن که عبارتند از گاز و شیرابه، به مدت ۳۰ سال پایش شوند تا از عدم تاثیر بر جوامع اطراف و آب‌های زیرزمینی و سطح اطمینان حاصل شود. در این رابطه نیز در فصل سوم به تفصیل توضیح داده شده است.

۱-۲- تعیین اهداف و خروجی‌های مورد انتظار از مطالعات طراحی محل دفن پسماند

هدف از مطالعات طراحی محل دفن پسماند، ارائه‌ی مشخصات کلان (مانند حجم، ارتفاع، طول عمر، جانمایی، ...) و مشخصات فنی و جزئیات (مانند سیستم لاینر، سیستم جمع‌آوری، خروج و مدیریت شیرابه، شیب‌های محل دفن، سیستم جمع‌آوری و استحصال گاز تولیدی، مشخصات مصالح مصرفی، سیستم پوشش نهایی، سیستم جمع‌آوری و هدایت آب‌های سطحی، کنترل پایداری ژئوتکنیکی محل‌دفن، رقوم کف و نهایی محل‌دفن، ...) به‌صورتی است که چند مورد زیر تامین شود:

- حداقل‌های اشاره‌شده در دستورالعمل در رابطه با طراحی المان‌های اصلی تامین شود؛
- الزامات اشاره‌شده در مطالعات EIA به عنوان برنامه کاهش اثرات پوشش داده شود؛
- حداکثر ارتباط بین شرایط سایت و مطالعات مربوطه و فاز طراحی به منظور حداقل‌سازی هزینه‌ها و اثرات محیط‌زیستی شکل گیرد؛
- خروجی مطالعات بسته به اینکه از نوع طراحی مفهومی (فاز یک) باشد یا طراحی تفصیلی (فاز دو)، بتواند در مراحل بعد (به ترتیب طراحی فاز دو یا فرایند ساخت محل دفن) مورد استفاده قرار گیرد.

مطالعات طراحی فاز دو همچنین باید همراه با نقشه‌های اجرایی، مشخصات فنی مصالح مصرفی و متره و برآورد هزینه‌های اجرای طرح ارائه شود.

۱-۳- تعیین دامنه و عمق مطالعات طراحی محل دفن پسماند

دامنه‌ی مطالعات طراحی بسته به اینکه طراحی از نوع مفهومی (فاز یک) یا تفصیلی (فاز دو)باشد متفاوت است. در ادامه به هر کدام پرداخته می‌شود.

۱-۳-۱- طراحی مفهومی

در فاز طراحی مفهومی، تا حد بسیار مناسبی باید کلیه‌ی اجزای اصلی محل دفن طراحی و جزئیات آن‌ها ارائه شود. این جزئیات عبارتند از:

۱-۳-۱-۱- بهره‌برداری از محل‌دفن

در این بخش موارد زیر باید مدنظر قرار گیرد:

- تشریح تاسیسات موجود و پیش‌بینی‌شده، مشخصات پسماند، و روش‌های بهره‌برداری مورد استفاده
- ظرفیت و طول عمر محل دفن
- جمعیت تحت پوشش
- صنایع تحت پوشش
- نرخ دفن پسماند
- تشریح کلی فرایند دفن
- مطلوبیت اقتصادی سایت
- کاربری‌های پیش‌بینی‌شده برای پس از دفن
- انواع جریان پسماند ورودی
- دریافت پسماند صنعتی (جریان پسماند صنعتی از هر صنعت باید به تفکیک مشخص شود)

۱-۳-۱-۲- فازبندی اجرا و بهره‌برداری از سایت

در این بخش، فازبندی ساخت و تکمیل سلول‌های اصلی سایت باید تشریح شود. در این راستا، یک طرح سیستماتیک از ساخت، بهره‌برداری و بستن فازهای اصلی طرح باید ارائه شود.

در این بخش موارد زیر می‌تواند ارائه شود:

- معیارهای طراحی برای تعیین ابعاد محل دفن، آرایش فضایی، ظرفیت، موقعیت و مشخصه‌های محافظت از محیط زیست؛
- ملاحظات طراحی، ساخت و بهره‌برداری برای توسعه‌ی اولیه‌ی سلول‌ها؛
- ساخت سلول‌های منفرد و ترتیب پر شدن؛
- پایداری شیب‌ها در ارتباط با ساخت، ترتیب پر شدن، و طرح لاینر بر روی شیب؛
- نقشه‌های توسعه‌ی محل‌دفن؛
- یوتیلیتی‌های مورد نیاز مانند برق، آب، تصفیه فاضلاب، ...
- مصالح خاکی برای ساخت و توسعه‌ی سایت
- تکنولوژی‌های کنترل اثرات محیط‌زیستی

۱-۳-۱-۳- مدیریت شیرابه

در این بخش، سیستم مدیریت شیرابه پیشنهادی برای فازهای فعال لندفیل، بسته‌شدن لندفیل و کاربری‌های آتی بای تشریح شود. موارد قابل ارائه در این بخش عبارتند از:

- تخمین کمیت و کیفیت شیرابه تولیدی
- تعیین فرضیات اصلی و معیارهای طراحی
- طراحی مفهومی سیستم لاینر به عنوان محصورکننده‌ی شیرابه، شامل نمایش مقاطع عرضی از سیستم پیشنهادی، ضخامت اجزا، شیب‌های حداقل، و نفوذپذیری لایه‌ها.
- طراحی استاندارد (مبتنی بر ضوابط دستورالعمل) یا طرح جایگزین (در صورتی که طرح جایگزین برای لاینر ارائه می‌شود، باید مستندات کافی جهت اثبات کفایت آن ارائه شود)؛
- سیستم جمع‌آوری و خروج شیرابه شامل مقطع عرضی، پلان جانمایی سیستم، منهول‌ها، ...
- طرح سیستم ذخیره‌سازی شیرابه
- امکان‌سنجی سیستم تصفیه و دفع شیرابه

۱-۳-۱-٤- مدیریت رواناب‌های سطحی

در این بخش، روش پیشنهادی برای مدیریت رواناب‌های سطحی در فازهای فعال و پس از بسته شدن لندفیل ارائه می‌شود.

۱-۳-۱-۵- مدیریت گاز لندفیل

در این بخش، علاوه بر مطالعات اولیه در مورد روند تولید گاز در محل دفن پسماند، جانمایی تجهیزات مورد نیاز، هزینه‌های اجرای سیستم و ...، نقشه‌های اجرایی اولیه برای سیستم کنترل گاز لندفیل به شرح زیر باید ارائه شود:

- چاه‌های استخراج گاز و فواصل آن‌ها
- آرایش لوله‌های جانبی و سرلوله‌ها
- تله‌های رطوبت‌گیر، ذخیره‌سازی و تصفیه؛ و
- تجهیزات مکانیکی مورد نیاز (بلوئر، مشعل، ...)

۱-۳-۱-٦- پایش محیط‌زیستی

در این بخش، مطابق مفاد ارائه‌شده در گزارش EIA، جزئیات برنامه پایش باید ارائه شود. این برنامه باید موارد زیر را پوشش دهد:

- آب زیرزمینی
- آب سطحی
- شیرابه
- گاز لندفیل
- هوا (در صورت امکان)

۱-۳-۱-۷- بستن و کاربری نهایی

در این بخش باید روند بستن محل دفن مطابق با ترتیب پر شدن سلول‌ها و الزامات آن ارائه شود.

۱-۳-۲- طراحی تفصیلی

در مطالعات طراحی تفصیلی، طراحی باید بر مبنای مطالعات شناسایی سایت و مطالعات طراحی مفهومی انجام شود. خروجی‌های این مرحله عبارت است از:

- نقشه‌های اجرایی و مشخصات فنی
- گزارش طراحی

نقشه‌های اجرایی باید شامل موارد زیر باشد:

- پلان، پروفیل و مقاطع عرضی خاکبرداری‌های مورد نیاز؛
- توپوگرافی کف محل‌دفن؛
- جزئیات سیستم لاینر به همراه مشخصات فنی اجزا؛
- پلان سیستم زهکشی شیرابه شامل جانمایی لوله‌ها، فواصل، موقعیت منهول‌ها، ...؛
- جزئیات سیستم جمع‌آوری و خروج شیرابه، مشخصات لوله‌ها، منهول‌ها، رقوم ارتفاعی، شیب‌بندی، ...؛
- سطح نهایی لندفیل شامل پلان، پروفیل و مقاطع عرضی؛
- جزئیات اجرای پشته‌ها، پوشش نهایی، مشخصات لایه‌ها، ...
- جاده‌های دسترسی شامل پلان، پروفیل و مقاطع عرضی؛
- جاده‌های عملیاتی بر روی لندفیل؛
- سیستم مدیریت رواناب سطحی شامل پلان، پروفیل و مقاطع عرضی، جزئیات کانال‌های هدایت رواناب، مشخصات فنی مصالح، ...؛
- سیستم مدیریت گاز لندفیل؛

گزارش طراحی تفصیلی باید شامل موارد زیر باشد:

- خلاصه اجرایی، نتایج و پیشنهادات
- مبانی طراحی، فرضیات اصلی، معیارهای طراحی و محدودیت‌های سایت؛
- تشریح اجزای اصلی لندفیل و عملکرد آن‌ها
- صیف نوشتاری نقشه‌های اجرایی و مشخصات فنی
- ارائه مستندات مبنی بر اینکه اجزای لندفیل دارای عملکرد مطابق طراحی خواهند بود؛
- نتایج آزمایش‌های مصالح؛
- تعیین مشخصات فنی مصالح مورد استفاده.

۱-٤- جمع‌آوری قوانین و دستورالعمل‌های ملی و بین‌المللی

در تدوین این دستورالعمل، از منابع متعددی استفاده شده است که برخی از آن ها به شرح زیر است:

- EPA, 1993. Solid Waste Disposal Facility Criteria
- Basel Convention, 2002. Technical Guidelines on Specially Engineered Landfill
- European Communities, 1999. Council Directive 1999/31/EC on the Landfill of Waste
- NSW EPA, 2015. Draft Environmental Guidelines: Solid Waste Landfills
- Washington State Department of Ecology, 1987. Solid Waste Landfill Design Manual
- Department of Water Affairs & Forestry (South Africa), 2005. Minimum Requirements for Waste Disposal by Landfill
- World Bank, 1999. Solid waste landfills in middle and lower income countries : a technical guide to planning, design, and operation
- Oregon Solid Waste Landfill Guidance
- EPA Victoria, 2014. Siting, design, ʌperation and rehabilitation of landfills
- GSE Environmental, 2007. Drainage design manual
- US EPA, 1989. Requirement for hazardous waste landfill; design, construction and operation
- British Columbia MoE, 1993. Landfill Criteria for Municipal Solid Waste
- Republic of Botswana, 1997. Guidelines for the disposal of waste by landfill

همچنین از کتب مرجع متعددی در این رابطه بهره گرفته شده است که برخی از آن‌ها به شرح زیر است:

- Bagchi, 2004. Design of Landfills and Integrated Solid Waste Management
- Daniel, 1993. Geotechnical Practice for Waste Disposal Facilities
- Rowe et al., 2004. Barrier Systems for Waste Disposal Facilities
- Gray and Koerner, 2001. Geotechnical Aspects of Landfill Design and Construction
- Townsend et al., 2015. Sustainable Practices for Landfill Design and Construction
- Daniel and Koerner, 2007. Waste Containment Facilities
- Reddy and Sharma, 2004. Geoenvironmental Engineering
- Christensen, 2011. Solid Waste Technology and Management
- Koerner, 2012. Designing with Geosynthetics
- Hans Gunter Ramke, 2001, Appropriate Design and Operation of Sanitary Landfills

۱-۵- مقایسه مشابهت‌ها و تفاوت‌های دستورالعمل‌های ملی و بین‌المللی

بررسی مشابهت‌ها و تفاوت‌های دستورالعمل‌های ملی و بین‌المللی در هر بخش به صورت جداگانه انجام شده است.

۲- ارزیابی فنی محل‌های دفن پسماند عادی و ویژه

۲-۱- مرور ادبیات موضوع

۲-۱-۱- شناسایی رویکردهای متداول در طراحی محل‌های دفن پسماند

راهنمای فنی معیارهای واحدهای دفن پسماند تدوین شده توسط سازمان محیط زیست ایالات متحدهٔ آمریکا (US EPA)، دو رویکرد در استانداردهای طراحی ارائه‌شده تعریف می‌کند:

استانداردهای نسخه‌محور[۱]

در این رویکرد استانداردهای مشخصی برای هر بخش از محل دفن تعریف می‌شوند. برای مثال اینکه عنوان شود یک لاینر مرکب[۲] باید شامل لایه‌ای به ضخامت ۰/۷۵ میلی‌متر از یک ژئوممبرین انعطاف‌پذیر باشد که روی یک لایه خاک متراکم به ضخامت ۶۰ سانتی‌متر با هدایت هیدرولیکی کمتر یا مساوی 1×10^{-7} cm/sec قرار گرفته‌است.

استانداردهای مبتنی بر عملکرد[۳]

در این رویکرد به جای ارائه‌ی الزامات از پیش‌تعیین‌شده، عملکرد سیستم لاینر مبنا قرار می‌گیرد. برای مثال اگر عنوان شود لازم است لاینر به گونه‌ای طراحی شود که تضمین کند غلظت آلاینده‌های مشخصی در آب زیرزمینی (که در استاندارد گفته می‌شود) از حد مشخص‌شده بیشتر نباشد، با یک رویکرد عملکردمحور مواجه هستیم. در این رویکرد امکان استفاده از فناوری‌های نوینی که ممکن است در زمان تدوین راهنما وجود نداشته‌اند نیز پیش‌بینی شده‌است.

۲-۱-۲- تعیین طبقه بندی‌های موجود در خصوص انواع محل‌های دفن پسماند

به ابتدای بخش ۲-۳-۳-۴- مراجعه شود.

۲-۱-۳- تعیین اجزای اصلی و فرعی محل‌های دفن پسماند

به‌طور کلی، یک محل دفن پسماند متشکل از اجزای زیر است:

۱- خاک بستر

۲- پوشش کف (لاینر)

---

[۱] Prescriptive based standards

[۲] Composite

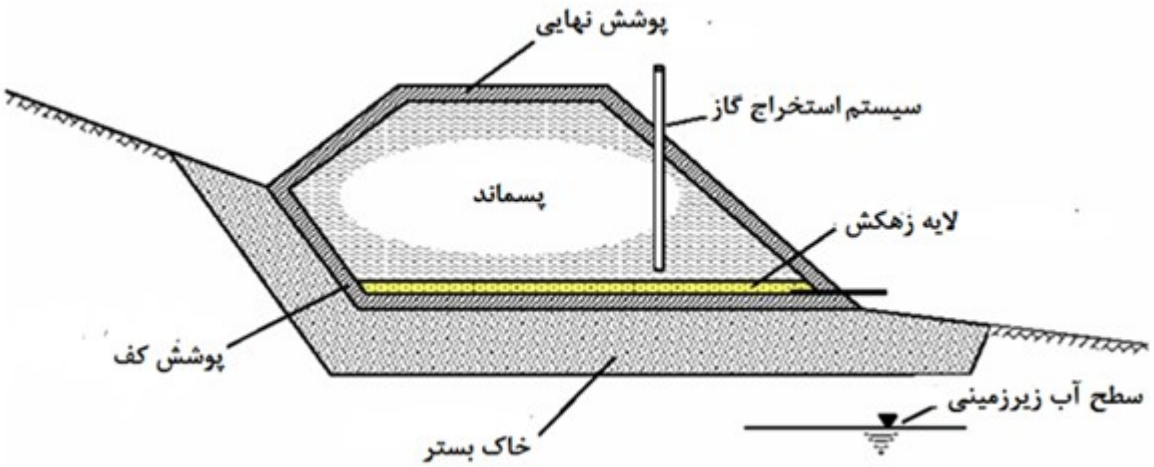
[۳] Performance based standards

۳- سیستم جمع‌آوری و خروج شیرابه (لایه‌ی زهکش)

۴- توده‌ی پسماند

۵- پوشش نهایی (کاور)

۶- سیستم استخراج گاز



شکل ۲-۱- اجزای متداول یک محل دفن مهندسی

۲-۲- تخمین محدوده مورد نیاز برای محل دفن و ظرفیت آن

زمین مورد نیاز و طول عمر محل دفن را می توان بر اساس نرخ تولید پسماند، نوع پسماند، جمعیت، چگالی پسماند فشرده‌شده در محل دفن و پیش‌بینی مقدار تأسیساتی که شاید در آینده در محل مستقر شوند، برآورد کرد. برای انجام محاسبات، راهنمایی‌های زیر مفید خواهد بود:

- نسبت تراکم (نسبت حجم مواد دریافتی به حجم مواد دفن شده بعد از فشرده شدن)، به نوع پسماند، درصد تراکم در کامیون، تأسیسات تراکم در محل دفن، عمق ترانشه‌ها، تعداد لایه‌ها و قابلیت تراکم پذیری خاک، بستگی دارد. این نسبت اغلب بین ۰/۸ تا ۱/۱ برای پسماند شهری و تا ۳ متغیر است؛
- با کمک داده‌های موجود در سراسر کشور و به ویژه در شهرهای مجاور یا مشابه، می توان حدود نرخ تولید پسماند شهری را برای هر شهروند برآورد کرد. با توجه به داده های اندک موجود، این عدد بین نیم تا یک کیلوگرم برای هر نفر در روز متغیر است؛
- آگاهی از چگالی مواد در کامیون‌ها در زمان ورود به محل دفن، لازم است. طبیعی است که چگالی مواد در وسایل نقلیه با سیستم‌های مختلف یکسان نیست، برای مثال چگالی مواد در وانت‌های روباز و کامیون-های پسماندکش با هم یکی نخواهد بود.

- در محاسبات، باید حجم مواد پوششی در بین لایه‌های مختلف و پوشش نهایی را هم در نظر گرفت. ضخامت لایه‌های پوششی میانی اغلب حدود ۳۰ سانتی‌متر است و ضخامت لایهٔ پوششی نهایی حدود ۶۰ سانتی‌متر است.

حجم محل دفن مورد نیاز را می توان از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$V = \frac{(1 + cs)MN}{d}$$

که در این رابطه:

V = حجم مورد نیاز برای دفن کل پسماندهای ورودی در بازه طراحی محل دفن بر حسب مترمکعب؛

M = میانگین وزن پسماند تولیدی سالیانه در بازه طراحی برحسب تن؛

N = بازه طراحی محل دفن برحسب سال؛

d = چگالی نهایی پسماند بر حسب تن بر مترمکعب؛ و

cs = نسبت خاک پوششی مورد استفاده به کل پسماند ورودی؛

هستند. نسبت خاک پوششی ارتباط تنگاتنگی با الگوی بهره‌برداری از محل دفن، فرکانس اجرای خاک پوششی، سیستم موجود مدیریت پسماند و قابلیت استفاده از کمپوست پسماند مخلوط به عنوان خاک پوششی و ضخامت لایه اجراشده بستگی دارد. با در نظرداشتن مجموع این موارد، این ضریب می‌تواند از ۰/۱ تا ۰/۲۵ متغیر باشد.

۲-۳- الزامات مربوط به طراحی سیستم‌های نفوذناپذیر تحتانی

حیاتی‌ترین المان یک محل دفن، که برای محافظت از محیط زیست به طور کلی، و ممانعت از آلودگی خاک پایین‌دست و آب زیرزمینی به طور خاص، ضروری است، سیستم لاینر تحتانی است. تمرکز اصلی در توسعه‌ی سیستم لاینینگ تحتانی، جلوگیری از ورود شیرابه به آب زیرزمینی یا سطحی است.

سیستم لاینینگ تحتانی باید کل سطح لندفیل اعم از کف و دیواره‌های آن را بپوشاند. این سیستم از یک لاینر نسبتا نفوذناپذیر تشکیل می‌شود که در ترکیب با سیستم جمع‌آوری و خروج شیرابه (LCRS)، وظیفه کنترل حرکت شیرابه به خارج از لندفیل را برعهده دارد.

انتقال آلاینده‌ها از درون لاینر می‌تواند در اثر هر دو پدیده‌ی فرارفت[1] و انتشار[2] باشد. در پدیده‌ی فرارفت، حرکت مواد محلول در اثر وجود یک گرادیان هیدرولیکی صورت می‌گیرد در حالی که در انتشار، حرکت در اثر وجود یک گرادیان غلظت (تفاوت در غلظت محلول در دو نقطه) رخ می‌دهد. در محیط‌های با تخلخل زیاد، فرارفت مود غالب انتقال است، در حالی که در محیط‌های با نفوذپذیری پایین، دیفیوژن عامل اصلی انتقال جرم است. در

[1] Advection

[2] Diffusion

لاینرهای محل دفن، انتقال مواد محلول از طریق ترکیبی از هر دو مکانیزم فرارفت و انتشار است. مطالعات نشان می‌دهند که میزان نفوذپذیری لاینر، تاثیری بر نرخ انتشار از درون لاینر نداشته و صرفا بر روی میزان نفوذ از طریق فرارفت موثر است. در عوض، ضخامت لاینر عامل کنترل‌کننده‌ی انتشار است.

۲-۳-۱- معرفی کلی انواع سیستم‌های نفوذناپذیر

بطور کلی، سه نوع سیستم لاینینگ تحتانی وجود دارد: سیستم لاینر تک، سیستم لاینر مرکب و سیستم لاینر دوگانه.

۲-۳-۱-۱- سیستم لاینر تک

لاینرهای تک متشکل‌اند از یک لاینر رسی متراکم‌شده، یک لاینر رسی ژئوسینتتیکی یا یک لاینر ژئوممبرینی. در کشورهای توسعه‌یافته، این لاینر عمدتا در محل‌های دفن پسماندهای ساختمانی استفاده می‌شوند. از آنجا که این محل‌های دفن، پسماندهای حاوی رنگ، پسماند شهری، چوب پردازش‌شده و قطران مایع را پذیرش نمی کنند، لذا استفاده از یک لاینر تک برای حفاظت از آب‌های زیرزمینی کافی خواهد بود.

۲-۳-۱-۲- سیستم لاینر مرکب

یک لاینر مرکب، متشکل است از یک لایه ژئوممبرین در ترکیب با یک لاینر رسی (اعم از متراکم‌شده یا ژئوسینتتیکی). لاینرهای مرکب، عملکرد بسیار بهتری در کاهش نشت شیرابه به خاک و آب زیرزمینی نسبت به لاینرهای تک دارند. استفاده از یک لاینر مرکب، عملکرد بهتری از مجموع عملکرد یک لاینر رسی و یک لاینر ژئوممبرینی به تنهایی دارد که در ادامه در این باره صحبت خواهد شد.

۲-۳-۱-۳- سیستم لاینر دوگانه

پیش‌فرض اصلی در طراحی و انتخاب یک لاینر دوگانه، حتمی بودن نشت از لاینر اولیه است. در نتیجه، با تعبیه یک لایه لاینر و سیستم آشکارساز نشت شیرابه، به کنترل هر چه بهتر نشت آلاینده‌ها از درون لاینر کمک می کند. اگرچه این سیستم عمدتا برای محل‌های دفن پسماند خطرناک مورد توصیه دستورالعمل‌های طراحی است، ولی به‌صورت گسترده‌ای در محل‌های دفن پسماندهای عادی نیز در کشورهای توسعه‌یافته استفاده شده است.

۲-۳-۲- معرفی رویکردهای متداول در نحوه انتخاب سیستم نفوذ ناپذیر

۲-۳-۳- مبانی طراحی سیستم‌های نفوذناپذیر

در این قسمت، به مواردی از قبیل جنس مواد مورد استفاده برای لاینر، مشخصات فنی و عملکردی مانند ضخامت، نفوذپذیری، چیدمان لایه ها و برخی مسائل ویژه در مورد هر نوع لاینر که نیازمند ملاحظات ویژه است، پرداخته می‌شود.

۲-۳-۳-۱- جنس و نوع لاینرها

۲-۳-۳-۱-۱- لاینرهای رسی طبیعی

این لاینرها، خاک‌های طبیعی غنی از رس هستند که دارای نفوذپذیری پایینی هستند. از آن‌جا که نمی‌توان از یکپارچگی و عدم وجود نقایص هیدرولیکی در چنین خاک‌هایی اطمینان حاصل کرد، استفاده از آن‌ها باید صرفا به عنوان یک لایه‌ی پشتیبان جهت لاینر اصلی محدود شود.

۲-۳-۳-۱-۲- لاینرهای رسی متراکم شده[1] (CCL)

CCLها تا یک دهه پیش متداول‌ترین نوع لاینر در بسیاری از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه بوده‌اند. لاینرهای رسی متراکم شده از کوبیدن خاکی با ویژگی‌های معین با میزان رطوبت خاصی ساخته می‌شوند. هدف از تراکم، از بین بردن کلوخ‌های موجود در خاک و تبدیل آن به یک جرم همگن عاری از هرگونه فضاهای خالی بزرگ و پیوسته می‌باشد.

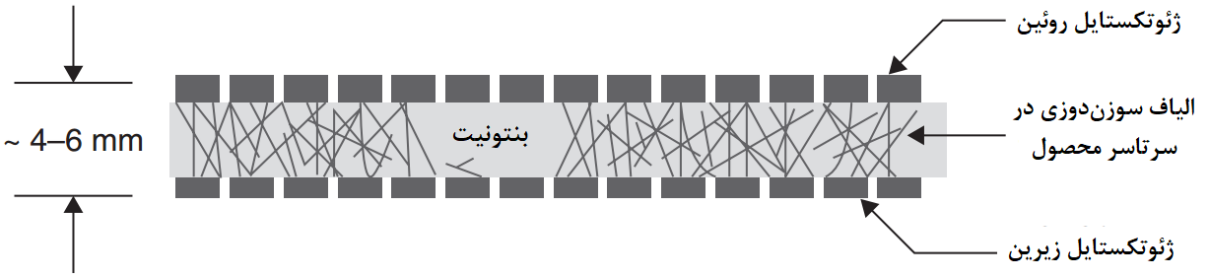
۲-۳-۳-۱-۳- لاینرهای رسی- ژئوسینتتیکی (GCL)

اولین کاربرد GCL در یک لندفیل پسماند خطرناک به سال ۱۹۸۶ میلادی برمی‌گردد. از آن پس، استفاده از این محصول در سیستم‌های محصورسازی آلاینده‌ها مانند لندفیل، برکه‌های سطحی و غیره به سرعت رو به گسترش نهاده است به گونه‌ای که امروزه، در اغلب لاینرهای طراحی و اجرا شده در ایالات متحده، کانادا و اروپا از GCL به عنوان جایگزین CCL استفاده می‌شود. دو انگیزه‌ی اصلی تمایل مهندسین به GCL در مقایسه با دیگر سیستم-های موجود مانند CCL و ژئوممبرین (GM) عبارت است از صرفه جویی در هزینه و قابلیت انجام معادل‌سازی فنی با CCL.

GCL متشکل است از یک لایه‌ی نازک بنتونیت سدیمی (و در بعضی موارد بنتونیت کلسیمی) که به یک یا دو لایه‌ی ژئوسینتتیک متصل شده‌اند. لایه‌ی ژئوسینتتیک می‌تواند ژئوتکستایل یا ژئوممبرین باشد. ژئوتکستایل را

[1] Compacted Clay Liner

می‌توان توسط چسب، به روش منگنه‌ای و بخیه کردن به بنتونیت متصل نمود (شکل ۲-۲). در روش منگنه‌ای، با امتداد دادن تعدادی از الیاف ژئوتکستایل رویین در بنتونیت و ژئوتکستایل زیرین، یک ساختار به‌هم‌پیوسته ایجاد می‌شود. رشته‌های پیوند دهنده در GCL باعث می‌گردند که یکپارچگی محصول در چرخه خشک و تر شدن و نیز در هنگام حمل و نصب حفظ شود و علاوه بر این فشار به صورت یکنواخت به بنتونیت در حال انبساط وارد گردد.



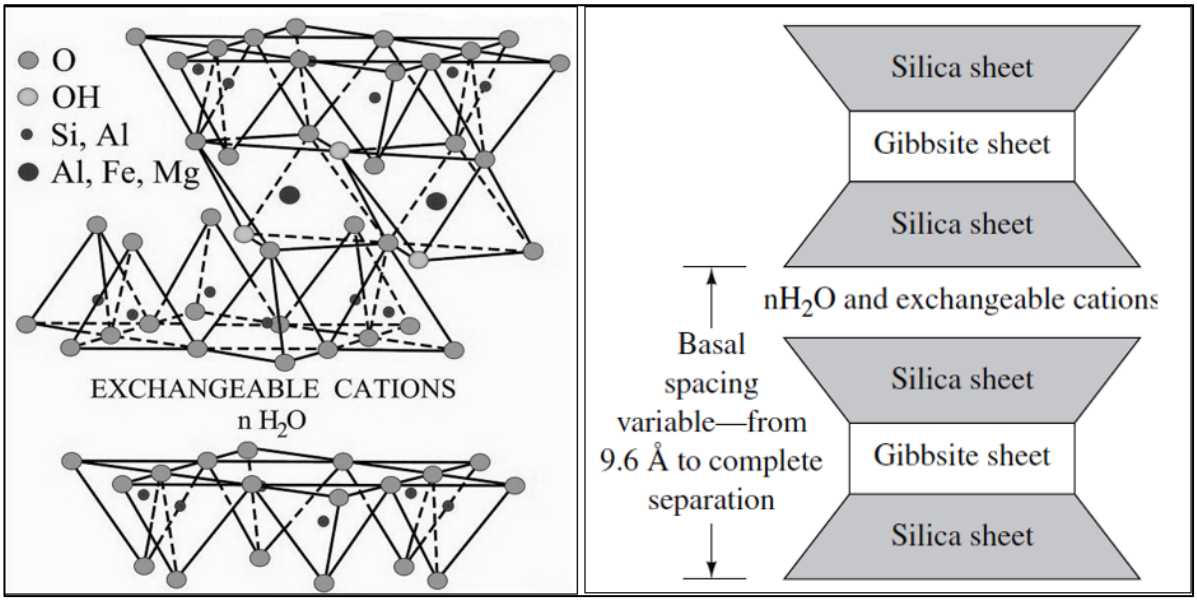
شکل ۲-۲- اجزای یک لاینر رسی ژئوسینتتیکی

به دلیل انعطاف‌پذیری فرایند تولید و نیز نوآوری‌های سریع، عملکرد انواع مختلف GCL کاملا وابسته به فرایند تولید بوده و می‌تواند بسیار متغیر باشد. تفاوت‌های اصلی بین انواع مختلف GCL عبارتند از: کانی‌شناسی و نوع بنتونیت مورد استفاده در GCL (بنتونیت پودری یا گرانوله، بنتونیت سدیم یا کلسیم، و غیره)، نوع ژئوتکستایل (بافته شده یا بافته نشده)، یا اضافه کردن یک لایه ژئوممبرین، و روش‌های اتصال[۳].

روند کلی تولید GCL به‌صورت زیر است:

- پهن کردن ژئوتکستایل زیرین (بافته شده)
- ریختن بنتونیت در دو لایه بر روی ژئوتکستایل
- پهن کردن ژئوتکستایل رویین (بافته نشده)
- فرایند منگنه کردن (Needle punching)
- رول کردن GCL

خاک بنتونیت عمدتا از یک مینرال رسی به نام مونت موریونیت تشکیل شده است. این مینرال، متشکل است از یک ورقه‌ی اکتاهدرال که بین دو ورقه سیلیکا قرار می‌گیرد (شکل ۲-۳). به دلیل دارا بودن چنین ساختاری، مونت موریونیت را یک کانی ۲ به ۱ می‌نامند.



شکل ۲-۳- کانی مونت موریونیت؛ ساختار صفحه‌ای (راست) و ترسیم فضایی (چپ)

بنتونیت به دلیل اینکه بخش اعظم آن از مونت موریونیت تشکیل شده است، دارای دو ویژگی عمده است:

الف- قابلیت افزایش حجم تا حدود ۱۰-۸ برابر حجم اولیه خود در صورت تماس با آب را داراست که یکی از ویژگی‌های بسیار مهم بنتونیت در رابطه با آب‌بندی محسوب می‌شود. به علت چنین افزایش حجم قابل توجهی، در صورت نقص در لاینر رسی، بنتونیت به‌صورت خودبه‌خودی، لاینر را ترمیم می‌کند.

ب- قابلیت انجام گسترده‌ی جانشینی‌های هم‌شکل در مونت موریونیت که باعث می‌شود بنتونیت دارای ظرفیت تبادل کاتیونی بسیار بالایی (۱۵۰-۸۰ میلی اکی والان بر ۱۰۰ گرم خاک) باشد. در نتیجه، بنتونیت قابلیت نگهداری محدوده‌ی وسیعی از آلاینده‌ها و به‌خصوص فلزات سنگین در درون بافت خود را دارد.

پ- مونت موریونیت دارای سطح مخصوص بالایی برابر با ۸۰۰ متر مربع بر گرم است. این بدین معناست که اگر تمام ذرات ۱۰ گرم مونت موریونیت به صورت پهلوبه‌پهلو گسترده شوند، می‌توانند یک زمین فوتبال را پوشش دهند. در نتیجه، بنتونیت دارای نفوذپذیری بسیار پایینی است.

انواع مختلفی از بنتونیت وجود دارند که بر حسب کاتیون غالب موجود در آن‌ها نام‌گذاری می‌شوند مانند بنتونیت سدیم، بنتونیت کلسیم، بنتونیت پتاسیم و غیره. از این میان، بنتونیت سدیم دارای بالاترین خواص منبسط‌شوندگی و جذب آب بوده و در نتیجه پرکاربردترین نوع بنتونیت جهت مصارف آب‌بندی و محصورسازی است.

۲-۳-۳-۱-٤- لاینرهای ژئوممبرینی

بر اساس تعریف ASTM D 4439، لاینرهای ژئوممبرینی غشاهای با نفوذپذیری بسیار پایینی هستند که جهت جلوگیری از مهاجرت مایعات در پروژه‌های مهندسی مورد استفاده قرار می‌گیرند. سه نوع اصلی ژئوممبرین که در حال حاضر مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از:

- پلیمرهای ترموپلاستیک: این پلیمرها را می‌توان ذوب کرد و پس از سرد شدن مجددا به حالت اولیه خود برمی‌گردند. مثال‌هایی از این نوع ژئوممبرین عبارتند از ژئوممبرین PVC، ژئوممبرین پلی اتیلنی که خود به سه دسته پلی‌اتیلن با چگالی بسیار کم (VLDPE)، پلی‌اتیلن خطی با چگالی کم (LLDPE) و پلی‌اتیلن با چگالی بالا (HDPE) تقسیم می‌شوند، ژئوممبرین پلی‌اتیلنی کلره (CPE) و غیره.
- پلیمرهای ترموست: این پلیمرها را تنها یک بار می‌توان فرآوری نمود. شاخص‌ترین مثال این پلیمرها، ژئوممبرین اتیلن پروپیلن (EPDM) است.
- پلیمرهای ترکیبی ترموپلاستیک- ترموست.

در کاربردهایی مانند لندفیل، ژئوممبرین‌های ترموپلاستیک دارای بیشترین کاربرد هستند. PVC و PE به دلیل خواص بسیار مناسبی که از خود نشان می‌دهند مورد استفاده وسیع هستند. اگرچه ژئوممبرین PVC به دلیل انعطاف‌پذیری و آسانی نصب در بسیاری از لندفیل‌ها مورد استفاده قرار گرفته است، ولی ژئوممبرین HDPE و LLDPE به ترتیب بیشترین کاربرد را جهت استفاده در لاینر و پوشش نهایی دارند.
تصاویری از کاربرد ژئوممبرین در محل‌های دفن پسماند و حوضچه‌های سطحی در شکل ۲-۴ آورده شده است.

۲-۳-۳-۲- معرفی و تشریح مشخصات فنی انواع لاینر

در این بخش، لاینرهای معرفی‌شده در بخش قبل از منظر مشخصات فنی و روش آزمایش و ویژگی‌های عملکردی این لاینرها در شرایط مختلف بررسی خواهند شد.

۲-۳-۳-۲-۱- لاینرهای رسی متراکم‌شده

الف- مشخصات خاک

این لاینرها عمدتا از خاک طبیعی ساخته می‌شوند که بعضا با دیگر مواد مانند بنتونیت جهت بهبود عملکرد هیدرولیکی ترکیب می‌شوند. در صورت وجود مصالح مناسب و تراکم کافی، دستیابی به نفوذپذیری پایین ($\leq 1\times10^{-7}$ cm/s) امکان‌پذیر است.
خاک مناسب جهت ساخت لاینر باید دارای خصوصیات زیر باشد:

- درصد ریزدانه بیش از ۳۰-۲۰٪

شکل ۲-۴- کاربرد ژئوممبرین در محل‌های دفن پسماند؛ اجرا بر روی لاینر رسی ژئوسینتتیکی (بالا راست)، اجرا بر روی لاینر رسی متراکم‌شده (بالا چپ) و اجرا جهت پوشش نهایی (پایین)

- شاخص خمیری بزرگ‌تر از ۱۰-۷٪
- درصد شن کم‌تر از ۳۰٪
- حداکثر اندازه ذرات برابر با ۵۰-۲۵ میلی‌متر.

در بسیاری از مواقع، جهت دستیابی به نفوذپذیری پایین، بنتونیت به خاک موجود افزوده می‌شود.

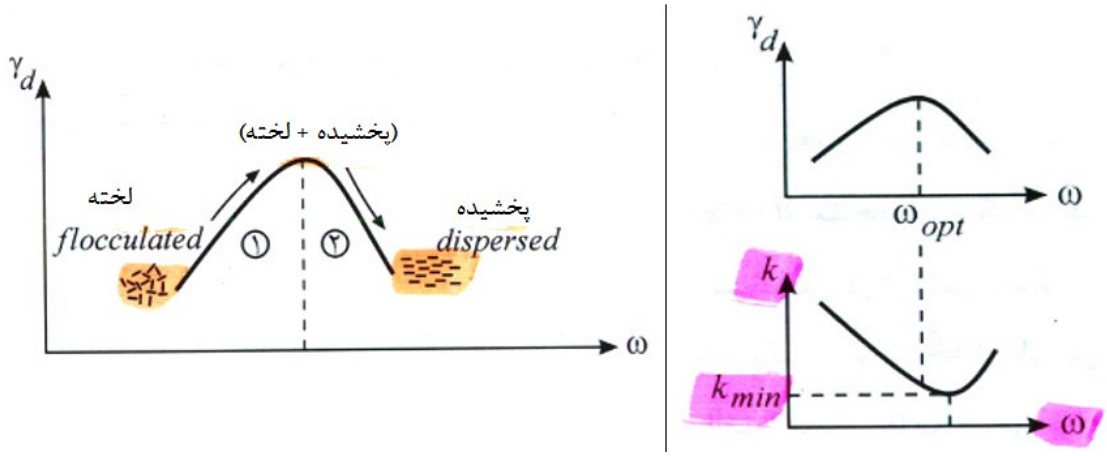
ب- اجرای لاینر رسی متراکم شده

جهت دستیابی به تراکم حداکثر، خاک بایستی با رطوبت بهینه (OMC) کوبیده شود. منتها چنین رطوبتی منجر به حداقل نفوذپذیری نخواهد شد و در عوض باید خاک با رطوبتی ۶-۲ درصد بیش از رطوبت بهینه کوبیده شود. همان‌گونه که در شکل ۲-۵ مشاهده می‌شود، در شاخه‌ی سمت راست نقطه رطوبت بهینه، ساختار خاک به صورت پخشیده می‌باشد که باعث کاهش نفوذپذیری لاینر می‌شود. در واقع، به دلیل از بین رفتن کلوخه‌ها و حفرات بین

آن‌ها در حالتی که خاک با رطوبتی بیش از رطوبت بهینه کوبیده می‌شود، جریان آب یا شیرابه قادر نخواهد بود به آسانی از درون لایه خاک عبور کرده و در نتیجه نفوذپذیری کاهش می‌یابد. در آزمایشی، میزان نفوذپذیری خاک با اضافه کردن ۴٪ رطوبت بیش از رطوبت بهینه به میزان ۱۰۰ برابر نسبت به حالتی که رطوبت بهینه اعمال شده بود، کاهش یافت. خاک بایستی در لایه‌های ۱۵ سانتی‌متری و تا میزان ۹۵٪ پروکتور استاندارد کوبیده شود. برای تراکم لاینرهای رسی از غلطک‌های پاچه بزی استفاده شود که عمل کوبیدن و ورز دادن خاک را با هم انجام می‌دهند. حداقل وزن این غلطک‌ها برای سطوح افقی ۱۸۰۰۰ کیلوگرم و برای سطوح شیب‌دار ۱۴۰۰۰ کیلوگرم می‌باشد. دندانه‌های غلطک بایستی حداقل ۱۵ سانتی‌متر درازا داشته باشند تا بطور کامل در لایه‌ی تحت تراکم نفوذ کرده و تا لایه‌ی زیرین آن امتداد یابند. این عمل منجر به درهم شکستن سطوح مشترک بین لایه‌ها می‌شود.

یکی از پارامترهای مهم در اجرای CCL، جلوگیری از ایجاد ترک در لاینر است. اصولا ترک در CCL به دو دلیل عمده رخ می‌دهد: ترک ناشی از خشک شدگی و انقباض، و ترک ناشی از چرخه‌های ذوب- یخ. از آنجا که جهت دستیابی به نفوذپذیری پایین، خاک را بایستی با رطوبتی بیش از رطوبت بهینه متراکم نمود، در نتیجه احتمال انقباض لاینر رسی پس از قرار گرفتن در معرض تابش نور خورشید و وزش باد بسیار بالا می‌رود. لذا با اتخاذ تدابیری مانند ریختن یک لایه پسماند بر روی لاینر یا اجرای لایه‌ی زهکش باید از بروز این پدیده جلوگیری کرد. لازم به ذکر است که اجرای لایه‌ی ژئوممبرین بر روی CCL کمکی به جلوگیری از خشک شدن آن نمی‌کند، چرا که با گرم شدن ژئوممبرین، احتمال خشک شدگی لاینر بالاتر می‌رود.

مناسب بودن خصوصیات یک لاینر رسی متراکم شده بایستی از طریق ساخت یک پد آزمایشی قبل از اجرای لاینر اصلی مورد بررسی قرار گیرد.



شکل ۲-۵- نمودار وزن مخصوص خشک در مقابل درصد رطوبت (راست) و نمایش ساختار خاک قبل و بعد از رطوبت بهینه (چپ)

ج- کنترل کیفیت ساخت (CQC) و تضمین کیفیت ساخت (CQA)

کنترل کیفیت ساخت (CQC) و تضمین کیفیت ساخت (CQA) برای لاینرهای رسی به منظور برآورده کردن سه هدف انجام می‌شوند: ۱) اطمینان از اینکه مواد انتخاب شده برای ساخت لاینر مناسب هستند، ۲) اطمینان از اینکه مواد انتخاب شده به طور مناسب در محل قرار گرفته و متراکم شده‌اند و ۳) اطمینان از اینکه لاینر متراکم شده به طور مناسب محافظت می‌شود.

برخی از این موضوعات مثل محافظت لاینر در برابر خشک شدن پس از تراکم، تنها نیاز به استفاده از روش‌های معمول دارند. برخی دیگر، مثل پردازش اولیهٔ مواد، پیچیده‌تر هستند زیرا به نوع مواد و مراحل مختلف ساخت بستگی دارند. هدف از تضمین کیفیت ساخت این است که اطمینان حاصل شود که محصول نهایی الزامات مورد نیاز را برآورده می‌کند. برای رسیدن به این هدف به یک برنامه دقیق برای آزمایش و مشاهده نیاز است. هدف از کنترل کیفیت ساخت، کنترل فرآیند ساخت و تولید برای برآورده کردن الزامات مورد نیاز است. در مورد ژئوسینتتیک‌ها تمایز بین CQC و CQA واضح است: متصدی نصب ژئوسینتتیک CQC را انجام می‌دهد و یک سازمان مجزا CQA را انجام می‌دهد. اما در مورد کارهای خاکی، CQC و CQA ارتباط بسیار نزدیکی با هم دارند و به روشنی ژئوسینتتیک‌ها نمی‌توان بین آن‌ها تمایز قائل شد. در ادامه روش‌های CQA برای لاینرهای رسی بیان شده‌اند اما توجه به این نکته لازم است که در عملیات خاکی، عملیات CQA و CQC ارتباط نزدیکی با هم دارند.

الزامات لاینر

برای برآورده کردن سه هدف ذکر شده در قسمت قبل گام‌های زیر بایستی دنبال شوند:

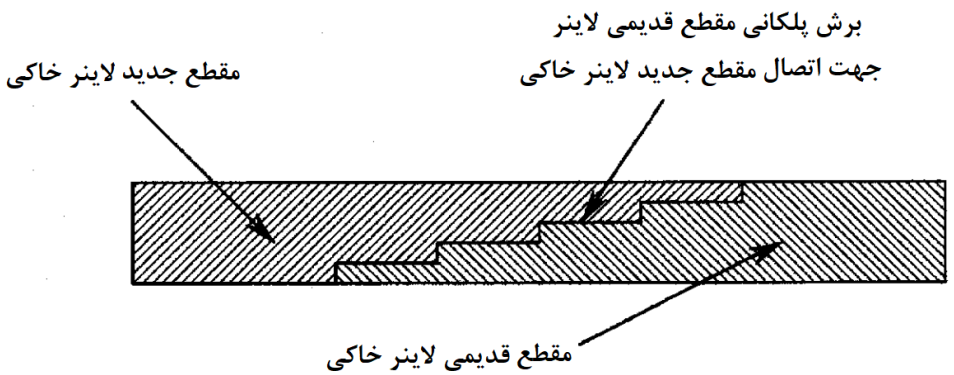
۱) بستری که لاینر رسی روی آن قرار خواهد گرفت بایستی به طور مناسب آماده شود.
۲) مواد مورد استفاده در ساخت لاینر بایستی مناسب بوده و مطابق با برنامه‌ها و الزامات پروژه باشد.
۳) مواد مورد استفاده در ساخت بایستی در صورت لزوم آماده‌سازی شود تا درصد رطوبت تنظیم شده، ذرات درشت حذف شده، کلوخه‌های خاک شکسته شده و در صورت لزوم اصلاح‌کننده‌هایی مثل بنتونیت اضافه شوند.
۴) خاک باید در لیفت‌هایی با ضخامت مناسب قرار گرفته و سپس به خوبی ورز داده و متراکم شود.
۵) لاینر متراکم شده باید در برابر آسیب ناشی از خشک شدن یا یخ زدن محافظت شود.
۶) سطح نهایی لاینر باید به طور مناسب آماده شود تا لایهٔ بعدی که روی لاینر قرار خواهد گرفت را به خوبی تحمل کند.

آماده‌سازی بستر

بستری که لاینر روی آن قرار می‌گیرد باید به خوبی آماده شود و تحمل تراکم و ماشین‌آلات سنگین را داشته باشد. بسته به طراحی انجام شده، لاینر خاکی ممکن است روی مواد طبیعی یا ژئوسینتتیک قرار بگیرد. اگر لاینر رسی پایین‌ترین جزء سیستم لاینر است، خاک یا سنگ طبیعی محل به عنوان بستر استفاده می‌شود. در چنین

مواردی معمولاً بستر کوبیده می‌شود تا نقاط نرم حذف شوند. در سایر موارد که لاینر رسی روی اجزای ژئوسینتتیکی سیستم لاینر (برای مثال ژئوتکستایل) قرار می‌گیرد (در لاینرهای دوگانه)، نکتهٔ اساسی صاف بودن ژئوسینتتیکی است که خاک روی آن قرار می‌گیرد و نیز محافظت لایهٔ ژئوسینتتیک از آسیب در طول ساخت اولین لیفت لاینر خاکی.

در زمان اضافه کردن لاینر خاکی به لاینری که قبلاً ساخته شده، لازم است اتصال کافی بین دو قطعه فراهم شود. در چنین مواردی باید حفاری در حد ۲ تا ۵ متر در لاینر موجود انجام شده و لاینر قبلی به صورت پلکانی برش داده شود تا اتصال کافی بین دو قطعه فراهم شود.



شکل ۲-۶- ایجاد اتصال بین لاینر خاکی جدید و لاینر خاکی قدیمی

انتخاب مواد اولیه

فرآیند انتخاب مواد ساخت و تأیید مناسب بودن مواد به طور کلی به صورت زیر است:

۱- یک منبع که پتانسیل استفاده به عنوان منبع قرضه را دارد تعیین شده و ویژگی‌های آن از قبیل حد روانی، حد پلاستیک، و درصد ریزدانه تعیین می‌شود. همچنین باید حضور مواد مخربی از قبیل ریشه گیاهان، مواد آلی و نخاله ساختمانی در منبع قرضه بررسی شود.

۲- در زمان آغاز عملیات ساخت تست‌ها و بازدیدهای CQC و CQA دیگری نیز ممکن است لازم باشد تا مناسب بودن مواد قرضه تأیید شود.

۳- بعد از قرارگرفتن یک لیفت خاک نیز تست‌های CQA بیشتری بایستی برای تأیید نهایی مناسب بودن مواد انجام شوند.

انجام آزمایش به تنهایی لزوماً برای اطمینان از کفایت مواد کافی نیست. بازدیدهای میدانی توسط پرسنل واجد شرایط CQA ضروریست تا عدم حضور مواد خارجی (از قبیل ریشهٔ گیاهان، چوب، مواد آلی، قلوه سنگ، آجر، نخاله یا سایر مواد غیر مجاز) در مواد لاینر تأیید شود.

پیش پردازش

برخی مراحل که ممکن است قبل از استفاده از مواد لازم باشند عبارتند از خشک کردن خاکی که بیش از اندازه مرطوب است، خیس کردن خاکی که بیش از اندازه خشک است، حذف ذرات با اندازهٔ بزرگ، خرد کردن کلوخه‌های خاک، همگن کردن خاک و اضافه کردن بنتونیت.

قرار دادن، ورز دادن و تراکم

برنامه CQC/CQA بایستی به صورتی طراحی شود که اطمینان حاصل شود که تراکم کافی ایجاد خواهد شد. به این منظور بایستی حداکثر ضخامت لیفت‌ها پیش و بعد از تراکم تعیین شده و نوع و وزن ماشین‌آلات تراکم به نحوی تعیین شوند که اطمینان حاصل شود انرژی تراکم کافی فراهم خواهد شد.

محافظت

هر لیفت کامل شده و نیز لاینر نهایی بایستی در برابر خشک شدن و یخ زدن محافظت شود.

آماده‌سازی سطح نهایی

سطح لاینر بایستی به طور مناسب متراکم شده و صاف شود تا به عنوان شالوده‌ای برای لاینر ژئوممبرین یا سایر قسمت‌هایی که بعداً روی آن قرار خواهند گرفت عمل کند. تأیید آماده‌سازی سطح نهایی یک قسمت مهم از فرآیند CQA است.

الزامات تراکم

موارد مربوط تست‌های تراکم، رسم منحنی تراکم و سایر موارد در بخش مربوط به لاینرهای رسی توضیح داده شد. در این قسمت موارد تکمیلی ارائه شده‌اند. بایستی منحنی تراکم برای خاک مورد نظر رسم شود. همانگونه که در شکل ۲-۵ مشخص است، در درصد رطوبتی کمی بیشتر از درصد رطوبت بهینه (ω_{opt} + ۲-۳٪)، کمترین میزان هدایت هیدرولیکی بدست می آید. با این وجود، بیشتر بودن درصد رطوبت از رطوبت بهینه منجر به ایجاد ترک خوردگی های شدید پس از خشک شدن می شود. لذا حدود مجاز درصد رطوبت عبارت است از:

$$\omega_{opt} - 2 \ll \omega \ll \omega_{opt} + 1$$

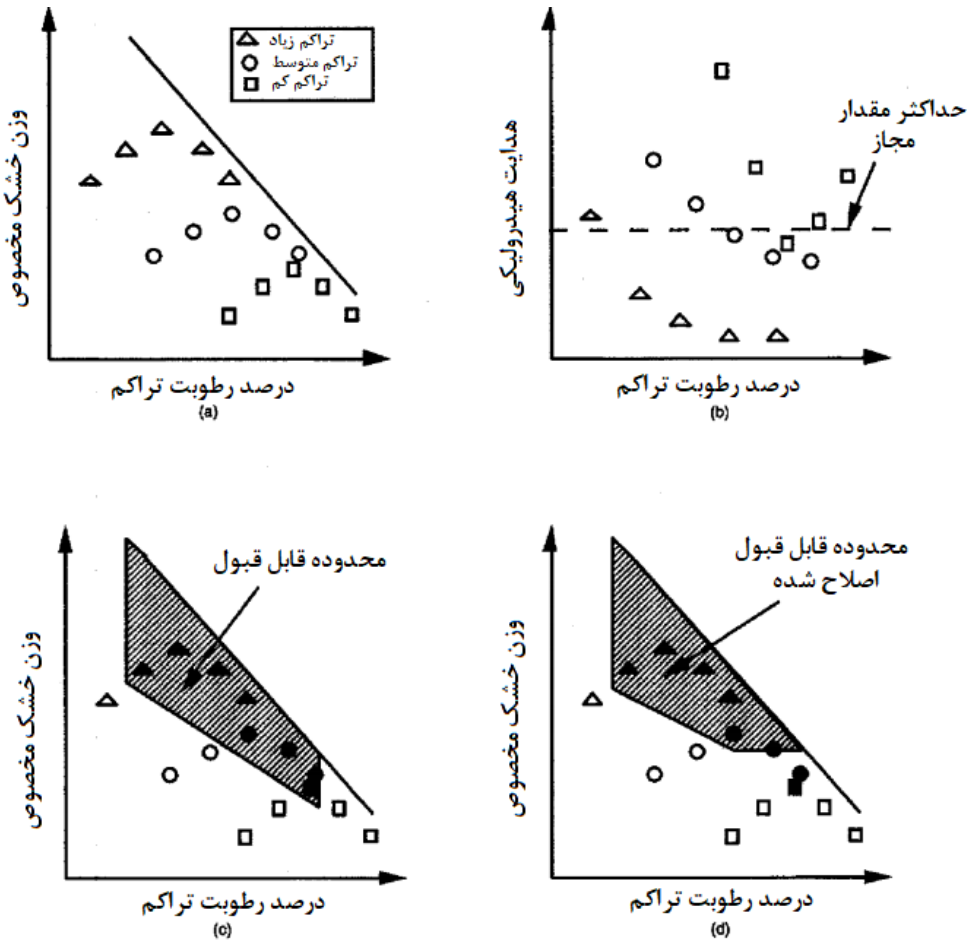
همچنین، درصد تراکم لاینر نبایستی از ۹۵ ٪ آشتوی اصلاح شده کمتر شود. با این وجود، در صورتی که تامین الزامات فوق دشوار باشد، با دنبال کردن رویکرد زیر و تایید دستگاه نظارت، استفاده از مقادیر دیگر درصد رطوبت و چگالی بلامانع است. مراحل این روش در زیر آمده است:

۱- خاک آماده سازی شده و در آزمایشگاه با درصد رطوبت های مختلف با پروکتور استاندارد و اصلاح شده کوبیده و نمودار آن ترسیم گردد (شکل a).

۲- بر روی نمونه های کوبیده شده، آزمایش نفوذپذیری انجام و نمومدار هدایت هیدرولیکی در برابر درصد رطوبت ترسیم گردد (شکل b).

۳- نمودار ترسیم شده در گام اول باید بر اساس معیار حداکثر مقدار مجاز هدایت هیدرولیکی بازترسیم شود. در نتیجه یک ناحیه از نقاط قابل قبول را می توان ترسیم کرد.

این ناحیه قابل قبول بایستی بر اساس معیارهایی مانند مقاومت برشی و یا پتانسیل خشک شدگی اصلاح شود.



شکل ۲-۷- فرایند پیشنهادی جهت تعیین محدوده قابل قبول مقادیر درصد رطوبت-وزن مخصوص خشک بر اساس ملاحظات هدایت هیدرولیکی

تست‌های تراکمی که بیش‌تر معمول هستند عبارتند از تراکم استاندارد و تراکم اصلاح شده (تست‌های پروکتور) (ASTM D698 و ASTM D4557). تعداد لایه‌ها، وزن چکش و ارتفاع سقوط چکش در جدول ۲-۱ ارائه شده است. آزمایش تراکم استاندارد دانسیتهٔ خشکی را شبیه‌سازی می کند که تقریباً معادل با دانسیتهٔ خشک میدانی با استفاده از تجهیزات تراکم با اندازهٔ متوسط با وزن ۱۰ تا ۲۲ تن است. آزمایش تراکم اصلاح‌شده نیز معادل استفاده از تجهیزات تراکم سنگین با وزن ۳۵ تا ۴۰ تن برای تراکم در سایت است.

جدول ۲-۱- جزئیات آزمایش‌های تراکم مورد استفاده در ساخت لاینرهای رسی متراکم‌شده

روش تراکم	تعداد لیفت	وزن چکش (kg)	ارتفاع سقوط (mm)	انرژی تراکم ($kN\text{-}m/m^3$)
استاندارد	۳	۲/۵	۳۰۵	۵۹۴
اصلاح‌شده	۵	۵	۴۵۷	۲۶۹۳

پرسنل CQA معمولاً درصد رطوبت و دانسیتهٔ خاک متراکم‌شده در سایت را اندازه‌گیری و آن را با درصد رطوبت بهینه که در آزمایشگاه به دست آمده است (که معمولاً به صورت یک بازه گزارش می‌شود) مقایسه می‌کنند.

آزمایش مواد اولیه

آزمایش‌هایی که معمولاً روی خاک قرضه انجام می‌شوند در جدول ۲-۲ نشان داده شده‌اند. حداقل تناوب نمونه برداری نیز در جدول ۲-۳ ارائه شده‌است.

آزمایش لیفت‌ها

علاوه بر آزمایش مواد قرضه، پس از قرار گرفتن لیفت‌های خاک پیش از تراکم و برای تأیید ویژگی‌های مواد لاینر خاکی لازم است نمونه‌برداری و آزمایش انجام شود. نوع تست‌ها و تناوب نمونه برداری در جدول ۲-۴ ارائه شده است. انحراف و تفاوت نتایج آزمایش‌های مواد لاینر با الزامات فنی در صورتی که حداکثر به اندازهٔ معیارهای ارائه شده در جدول ۲-۵ باشد، قابل قبول است.

تعیین نوع وسیلهٔ تراکم و تعداد عبور

نوع و وزن غلتک، مشخصات پاچه‌های روی غلتک و وزن غلتک در واحد طول سطح کوبیده‌شده، پارامترهایی هستند که بایستی مشخص باشند. همانطور که اشاره شد، در حالت کلی غلتک‌های سنگین با پاچه‌های بلند که کاملاً در لیفت‌های شل خاک نفوذ می‌کنند بهترین نوع تجهیزات تراکم هستند. با این حال این غلتک‌ها در مواردی مثل بعضی از خاک‌های مخلوط حاوی بنتونیت (که برای رسیدن به هدایت هیدرولیکی پایین نیازی به ورز دادن ندارند)، ممکن است بهترین انتخاب نباشند. غلتک‌های فولادی صاف یا غلتک‌های چرخ لاستیکی ممکن است به نتایج بهتری برای این خاک‌ها بیانجامند.

متراکم کردن لاینرهای خاکی در روی شیب‌های به اندازهٔ ۳ (افقی) به ۱ (عمودی) یا تندتر می‌تواند چالش برانگیز باشد. پرسنل CQC و CQA در چنین مواردی باید عملیات را به دقت زیرنظر داشته و بازرسی کافی انجام دهند. همچنین در مواردی که لاینر روی یک لایهٔ آسیب‌پذیر مثل مواد ژئوسینتتیک یا مواد زهکش اجرا می‌شود باید دقت زیادی به خصوص در اجرای اولین لیفت به کار گرفته شود. معمولاً در این موارد لیفت اول فقط به صورت اسمی و با بولدوزر یا غلتک فولادی صاف یا چرخ لاستیکی کوبیده شده و جزء ضخامت لاینر لحاظ نمی‌شود.

جدول ۲-۲- آزمایش‌های تعیین خصوصیات مواد اولیه لاینر رسی متراکم‌شده

پارامتر	روش آزمایش ASTM	عنوان استاندارد ASTM
درصد رطوبت	D2216	Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass
	D4643	Standard Test Method for Determination of Water (Moisture) Content of Soil by the Microwave Oven Method
	D4944	Standard Test Method for Field Determination of Water (Moisture) Content of Soil by the Calcium Carbide Gas Pressure Tester Method
	D4959	Standard Test Method for Determination of Water (Moisture) Content of Soil by Direct Heating Method
حدود اتربرگ	D4318	Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
توزیع اندازه ذرات	D422	Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils
منحنی تراکم	D698	Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft-lbf/ft^3 (600 kN-m/m^3))
	D1557	Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soils Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft^3 (2,700 kN-m/m^3))
هدایت هیدرولیکی	D5084	Standard Test Method for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter
	D5856	Standard Test Method for Measurement of Hydraulic Conductivity of Porous Material Using a Rigid-Wall, Compaction-Mold Permeameter

جدول ۲-۳- حداقل تناوب نمونه‌برداری برای بررسی منبع قرضه

پارامتر	تناوب آزمایش
درصد رطوبت	۱ تست به ازای هر ۲۰۰۰ مترمکعب
حدود اتربرگ	۱ تست به ازای هر ۵۰۰۰ مترمکعب
درصد ریزدانه	۱ تست به ازای هر ۵۰۰۰ مترمکعب
درصد شن	۱ تست به ازای هر ۵۰۰۰ مترمکعب
منحنی تراکم	۱ تست به ازای هر ۵۰۰۰ مترمکعب
هدایت هیدرولیکی	۱ تست به ازای هر ۱۰۰۰۰ مترمکعب

جدول ۲-۴- آزمایش‌های پیشنهادی برای مواد لاینر خاکی پس از قرار گرفتن در یک لیفت متراکم‌نشده

پارامتر	روش آزمایش	تناوب آزمایش
درصد ریزدانه	ASTM D1140	۱ تست به ازای هر ۸۰۰ مترمکعب
درصد شن	ASTM D422	۱ تست به ازای هر ۸۰۰ مترمکعب
حدود اتربرگ	ASTM D4318	۱ تست به ازای هر ۸۰۰ مترمکعب
منحنی تراکم	مطابق موارد پیش‌گفته	۱ تست به ازای هر ۴۰۰۰ مترمکعب

جدول ۲-۵- حداکثر درصد قابل قبول برای عدم انطباق نتایج با معیارهای فنی مواد لاینر

پارامتر	حداکثر درصد رواداری مجاز
حدود اتربرگ	۵
درصد ریزدانه	۵
درصد شن	۱۰
اندازه کلوخه‌ها	۱۰
هدایت هیدرولیکی آزمایشگاهی	۵

مقادیر مذکور به عنوان رواداری مجاز، علاوه بر نتایج خارج از محدوده‌ای هستند که در یک لیف یا یک منطقه متمرکز نشده‌اند

انرژی تراکم تابعی از تعداد عبور غلتک روی سطح خاک است. معمولاً یک عبور به این صورت تعریف می‌شود: یک عبور وسیلهٔ (ماشین) تراکم برای غلتک‌های خودکششی، و یک عبور غلتک برای غلتک‌های کششی. در برخی موارد الزامات فنی یک حداقل پوشش را الزامی می‌دانند. پوشش (C) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$C = [A_f / A_d] \times N \times 100\%$$

در این رابطه N تعداد عبور غلتک، A_f مجموع مساحت پاچهٔ روی غلتک و A_d مساحت خود غلتک است. الزامات فنی در برخی موارد ۱۵۰ تا ۲۰۰ درصد پوشش غلتک را ضروری می‌دانند. پیشنهاد می‌شود بازدیدهای دوره‌ای برای کنترل تعداد عبور غلتک از یک نقطه انجام شود. حدوداً ۳ بازبینی در هر هکتار برای هر لیفت پیشنهاد می شود. حداقل تعداد عبور به عوامل متعددی بستگی دارد اما تجربه نشان می‌دهد معمولاً حداقل ۵ تا ۱۵ عبور غلتک از یک نقطه برای رسیدن به تراکم مناسب ضروریست.

آزمایش‌های خاک متراکم شده

آزمایش‌های پیشنهادی و حداقل تناوب آزمایش در جدول ارائه شده‌است. همچنین حداکثر عدم انطباق مجاز در نتایج برای خاک متراکم شده در جدول نشان داده شده‌است.

جدول ۲-۶- تست‌ها و ملاحظات پیشنهادی برای خاک متراکم شده

پارامتر	روش آزمایش	حداقل تناوب آزمایش
درصد رطوبت (سریع)	ASTM D3017 ASTM D4643 ASTM D4944 ASTM D4959	۱۳ تست در هکتار به ازای هر لیفت
آزمایش درصد رطوبت	ASTM D2216	یک تست به ازای هر ۱۰ تست درصد رطوبت سریع
دانسیته کل (سریع)	ASTM D2922 ASTM D2937	۱۳ تست در هکتار به ازای هر لیفت
دانسیته کل	ASTM D1556 ASTM D1587 ASTM D2167	یک تست به ازای هر ۲۰ تست درصد رطوبت سریع
تعداد عبور غلتک	مشاهده	۳ تست در هکتار به ازای هر لیفت

پارامتر	حداکثر درصد رواداری مجاز
درصد رطوبت	۳٪ و داده‌های خارج از محدوده‌ای که در یک لیفت یا یک محدوده تمرکز نیافته‌اند، و هیچ درصد رطوبتی کمتر از ۲٪ یا بیشتر از ۳٪ مقدار مجاز
دانسیته خشک	۳٪ و داده‌های خارج از محدوده‌ای که در یک لیفت یا یک محدوده تمرکز نیافته‌اند، و هیچ دانسیته خشکی که کمتر از ۰/۸ کیلونیوتن بر مترمکعب از مقدار مورد نیاز کوچک‌تر باشد
تعداد عبور غلتک	۵٪ و داده‌های خارج از محدوده‌ای که در یک لیفت یا یک محدوده تمرکز نیافته‌اند

۲-۳-۳-۲-۲- لاینرهای رسی ژئوسینتتیکی

یکی از معتبرترین استانداردها در مورد GCL، توسط انیستیتو تحقیقاتی ژئوسینتتیک ایالات متحده و تحت عنوان GRI-GCL3 ارائه شده است. مشخصات فنی انواع مختلف GCL بر اساس این استاندارد در جدول ۲ آورده شده است. در ادامه، تعدادی از آزمایش‌های کنترل کیفی GCL که بر اساس استانداردهای ASTM می‌باشند، به‌طور خلاصه تشریح می‌شوند.

آزمایش شاخص تورم (Swell Index)

در این آزمایش که بر اساس ASTM D5890 انجام می‌شود، ۲ گرم از بنتونیت در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب یون‌زدایی‌شده به مدت ۱۶ ساعت هم زده می‌شود (شکل ۲-۸). حداقل تورم رس برداشته شده از روی رس ته‌نشین‌شده بایستی 24 mg/2g باشد.

جدول ۲-۷- مشخصات فنی GCL بر اساس استاندارد GRI-GCL3

Property	ASTM Test Method	Reinforced GCL			Non-Reinforced GCL			Testing Frequency
		GT-Related	GT Polymer Coated	GM-GF Related	GT-Related	GT Polymer Coated	GM-GF Related	
Clay (as received)								
swell index (ml/2g)	D5890	24	24	24	24	24	24	50 tonnes
fluid loss (ml)(1)	D5891	18	18	18	18	18	18	50 tonnes
Geotextiles (as received)								
cap fabric (nonwoven) - mass/unit area (g/m^2)(2)	D5261	200	200	200	100	100	n/a/100	20,000 m^2
cap fabric -(woven) - mass/unit area (g/m^2)	D5261	100	100	100	100	100	100	20,000 m^2
carrier fabric (nonwoven composite) - mass/(g/m^2)(2)	D5261	240	240	240	100	100	n/a/100	20,000 m^2
carrier fabric (woven) - mass/unit area (g/m^2)	D5261	100	100	100	-	-	-	20,000 m^2
coating - mass/unit area (g/m^2)(3)	D5261	n/a	100	n/a	n/a	100	n/a	4,000 m^2
Geomembrane/Geofilm (as received)								
thickness(4) (mm)	D5199/D5994	n/a	n/a	0.40/0.50/0.10	n/a	n/a	0.40/0.75/0.10	20,000 m^2
density (g/cc)	D1505/D792	n/a	n/a	0.92	n/a	n/a	0.92	20,000 m^2
break tensile strength, MD&XMD (kN/m)	D6693	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	6.0	20,000 m^2
break tensile strength, MD (kN/m)	D882	n/a	n/a	2.5	n/a	n/a	2.5	20,000 m^2
GCL (as manufactured)								
mass of GCL (g/m^2)(5)	D5993	4000	4050	4100	4000	4050	4100	4,000 m^2
mass of bentonite (g/m^2)(5)	D5993	3700	3700	3700	3700	3700	3700	4,000 m^2
moisture content(1) (%)	D5993	35	35	35	35	35	35	4,000 m^2
tensile str., MD (kN/m)	D6768	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	20,000 m^2
peel strength (N/m)	D6496	360	360	360	n/a	n/a	n/a	4,000 m^2
permeability(1) (m/sec), "or"	D5887	5×10^{-11}	n/a	n/a	5×10^{-11}	n/a	n/a	25,000 m^2
flux(1) (m^3/sec-m^2),	D5887	1×10^{-8}	n/a	n/a	1×10^{-8}	n/a	n/a	25,000 m^2
GCL permeability(1),(6) (m/sec) (max. at 35 kPa)	D6766	1×10^{-8}	n/a	n/a	1×10^{-8}	n/a	n/a	yearly
GCL permeability(1),(6) (m/sec) (max. at 500 kPa)	D6766 mod.	5×10^{-10}	n/a	n/a	5×10^{-10}	n/a	n/a	yearly
Component Durability								
geotextile and reinforcing yarns (7) (% strength retained)	See § 5.6.2	65	65	n/a	65	65	n/a	yearly
geomembrane	See § 5.6.3	n/a	n/a	GM Spec(8)	n/a	n/a	GM Spec(8)	yearly
geofilm/polymer treated(7) (% strength retained)	See § 5.6.4	n/a	85	80	n/a	85	80	yearly

n/a = not applicable with respect to this property :

(1) These values are maximum (all others are minimum)

(2) For both cap and carrier fabrics for nonwoven reinforced GCLs; one, or the other, must contain a scrim component of mass ≥ 100 g/m^2 for dimensional stability. This only applies to GM/GCL composites which are exposed to the atmosphere for several months or longer so as to mitigate panel separation.

(3) Calculated value obtained from difference of coated fabric to as-received fabric

(4) First value is for smooth geomembrane; second for textured geomembrane; third for geofilm

(5) Mass of the GCL and bentonite is measured after oven drying per the stated test method

(6) Value represents GCL permeability after permeation with a 0.1 M calcium chloride solution (11.1 g CaCl2 in 1-liter water); for termination criterion see § 5.6.1

(7) Value represents the minimum percent strength retained from the as-manufactured value after oven aging at 60°C for 50 days

(8) Durability criteria should follow the appropriate specification for the geomembrane type used; i.e., GRI GM-13 for HDPE, GRI GM-17 for LLDPE or GRI GM-18 for fPP

زمایش از دست رفتن مایع (Fluid Loss)

در این آزمایش که بر اساس ASTM D5891 انجام می‌شود، ابتدا دوغاب بنتونیت در یک میکسر ساخته شده و سپس دوغابی با ۶٪ محتوی بنتونیت بر روی فیلتر کاغذی قرار داده شده و به مدت ۱۵ دقیقه تحت فشار ۷۰۰ کیلوپاسکال قرار می‌گیرد (شکل ۲-۸). حداکثر میزان مایعی که در انتهای پرس باید جمع‌آوری شده باشد، ۱۸ میلی‌لیتر است.

شکل ۲-۸- آزمایش‌های بنتونیت بر اساس GRI-GCL3: بنتونیت در یک استوانه مدرج جهت اندازه‌گیری مقدار تورم (راست) و آزمایش Fluid Loss (چپ)

روش‌های نصب و اجرای GCL

اجرای GCL در مقایسه با دیگر گزینه‌های لاینر مانند لاینر رسی متراکم‌شده (CCL) و ژئوممبرین از سهولت بسیار بیش‌تری برخوردار است. بستر اجرای GCL بایستی صاف، خوب‌متراکم‌شده، خشک، بدون برآمدگی‌های ناگهانی، ترک، حفره، یخ‌زدگی یا پوشش گیاهی باشد.

پس از جایگذاری GCL و ریختن خاک پوششی بر روی آن، GCL توسط رطوبت موجود در خاک و یا توسط رطوبت موجود در بستر و تحت فشار محصورکننده‌ی ناشی از خاک، هیدراته می‌شود (شکل ۲-۹).

باید دقت داشت که در هنگام نصب از هیدراته شدن بنتونیت موجود در GCL جلوگیری شود؛ چرا که منجر به تورم آزاد بنتونیت و در نتیجه جداشدگی صفحات ژئوتکستایل از یکدیگر می‌شود.

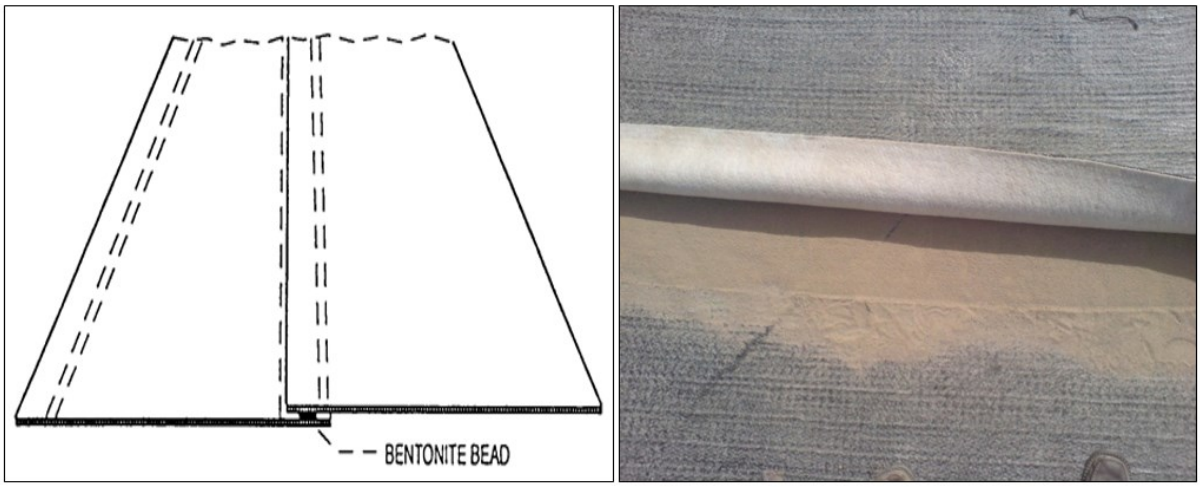
پهن کردن GCL می‌تواند به وسیله جرثقیل (بیل مکانیکی) همراه با رول‌بار یا با غلطاندن رول به صورت دستی صورت گیرد (شکل ۲-۱۰). در شیب‌ها و در صورت وجود دسترسی کافی، GCL را می‌توان در بالای شیب قرار داده و سپس توسط اکیپ اجرا، رول به سمت پایین شیب کشیده شود. هم‌چنین، GCL باید به گونه‌ای نصب شود که درزهای مابین رول‌ها به موازات شیب باشند. در هنگام نصب، باید از ایجاد هم‌پوشانی کافی

رول‌های GCL مجاور یکدیگر اطمینان حاصل شود. هم‌پوشانی در کف و به عرض ۳۰ سانتی‌متر در هنگام پهن کردن رول‌ها صورت می‌گیرد. در محدوده‌ی هم‌پوشانی پودر بنتونیت ریخته می‌شود (شکل ۲-۱۱).

شکل ۲-۹- اجرای لایه‌ی پوششی بر روی GCL

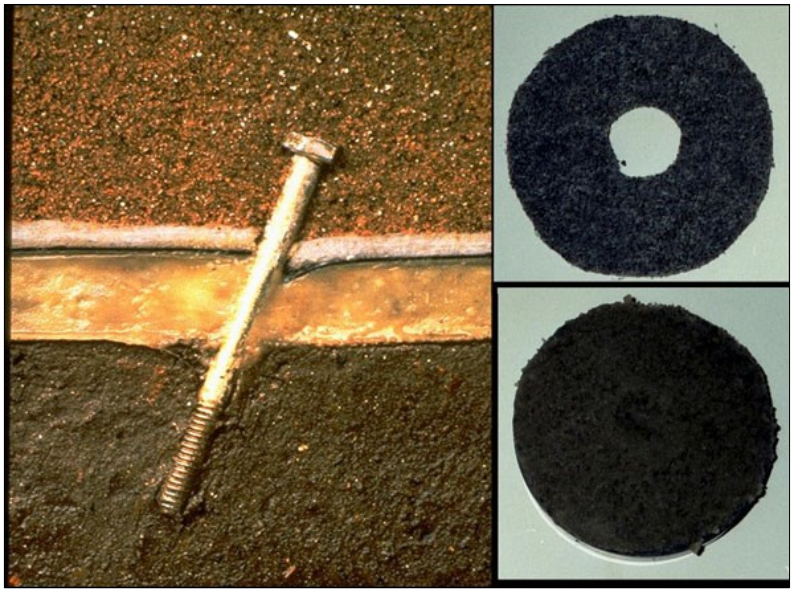
شکل ۲-۱۰- پهن کردن رول GCL به صورت مکانیکی و دستی

GCL را نباید در آب یا در هوای بارانی نصب کرد. فقط به میزانی GCL باید نصب شود که در پایان روز کاری بتوان آن را با خاک، ژئوممبرین و یا هر المان محافظت‌کننده‌ی دیگری پوشاند. GCL را نباید به‌صورت نپوشیده در طول شب رها کرد. در صورتی که GCL در غیاب فشار محصورکننده هیدراته شود، باید تعویض شود.



شکل ۲-۱۱- هم‌پوشانی رول‌های GCL و ریختن بنتونیت بین رول‌ها

یکی از مشکلات مرتبط با اجرای GCL، احتمال سوراخ‌شدگی GCL است که می‌تواند باعث افزایش نفوذپذیری آن شود. هرچند به دلیل خاصیت خودترمیمی GCL، میزان نفوذپذیری در مقایسه با GCL سالم تنها مقدار کمی افزایش می‌یابد. دیگر مطالعات نشان داده است جهت پر شدن کامل حفره‌ای به قطر ۳۰ میلی‌متر درون GCL، تنها به ۱۵ روز زمان نیاز است. به‌طور کلی، حفرات کوچک‌تر از ۳۰ میلی‌متر، تاثیر سوء چندانی بر روی نفوذپذیری GCL ندارند. در شکل ۲-۱۲، تصویری از خاصیت خودترمیمی GCL نشان داده شده است.

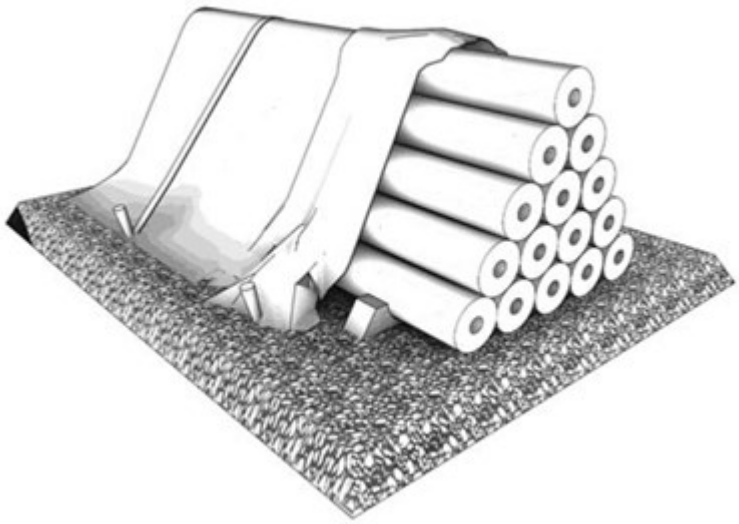


شکل ۲-۱۲- نحوه خودترمیمی در اطراف یک پیچ فرورفته در GCL و نیز پر شدن یک حفره در GCL

ذخیره‌سازی

ذخیره‌سازی محصول باید در محیط خشک با سطح صاف زیرین صورت گیرد. برای جلوگیری از رسیدن آب به محصول می‌باید رول‌ها در محدوده مسقف نگهداری شود یا این‌که پوشش آب‌بند مناسب (مانند دولایه پلاستیک ضخیم) بر روی آن کشیده شود. تحت هیچ شرایطی رول‌های GCL نباید کشیده شده، از یک انتها بلند شده و یا از درون ماشین حمل به روی زمین هل داده شوند.

حداکثر تعداد قابل ذخیره رول‌ها به صورت طبقاتی برابر ۱۵ رول در ۵ ردیف است. ذخیره‌سازی و جابجایی GCL باید مطابق استاندارد ASTM D5888 انجام شود.



شکل ۲-۱۳- نحوه‌ی صحیح ذخیره‌سازی GCL

۲-۳-۳-۲-۳- لاینرهای ژئوممبرینی

خواص فیزیکی ژئوممبرین

خواص فیزیکی ژئوممبرین عبارتند از ضخامت، چگالی، شاخص جریان مذاب (MI)، انتقال بخار آب (WVT) و انتقال بخار حلال (SVT).

- *ضخامت*: ضخامت ژئوممبرین بر اساس استاندارد ASTM D5199 اندازه گیری می‌شود. آزمایش شامل استفاده از یک گیج اندازه گیری ضخامت تحت فشار ۲۰ کیلوپاسکال و به مدت ۵ ثانیه است.
- *چگالی و جرم واحد سطح*: چگالی ژئوممبرین بر اساس ASTM D1505 اندازه گیری می‌شود. اغلب ژئوممبرین‌های HDPE موجود دارای چگالی کمتر از ۱ گرم بر سانتی‌مترمکعب هستند. جهت اندازه‌گیری جرم واحد سطح نیز از ASTM D1910 استفاده می‌شود.
- *شاخص جریان مذاب (MI)*: این آزمایش نمایانگر میزان سیالیت رزین ژئوممبرین مذاب است. جهت آزمایش، پلیمر در یک کوره حرارت داده می‌شود تا ذوب گردد و سپس به مدت ۱۰ دقیقه تحت

یک بار ثابت قرار می‌گیرد. روش آزمایش مطابق با استاندارد ASTM D1238 است. بالاتر بودن میزان MI نمایانگر چگالی کمتر است. در این آزمایش همچنین ناخالصی‌های رزین قابل مشاهده خواهد بود.

- *انتقال بخار آب (WVT)*: ژئوممبرین‌ها دارای نفوذپذیری بسیار پایینی هستند. محدوده هدایت هیدرولیکی ژئوممبرین که به صورت غیر مستقیم از آزمایش WVT بدست می‌آید برابر $۰/۵\times۱۰^{-۱۰}$ تا $۰/۵\times۱۰^{-۱۳}$ سانتی‌متر بر ثانیه است. روش آزمایش. در این آزمایش که بر اساس ASTM E96 است، یک فنجان حاوی آب توسط یک نمونه ژئوممبرین آب‌بند می‌شود. آب درون فنجان دارای رطوبت نسبی ۱۰٪ است که کمتر از رطوبت خارج می‌باشد. با اندازه‌گیری میزان رطوبت ازدست‌رفته در خلال زمان، WVT محاسبه شده و بر اساس آن میزان نفوذپذیری (k) تفسیر می‌شود.
- *انتقال بخار حلال (SVT)*: از آن‌جا که ژئوممبرین در بسیاری از موارد، محصورکننده‌ی مایعاتی غیر از آب است، انجام این آزمایش ضروری است. این آزمایش شبیه WVT است با این تفاوت که از حلال مورد استفاده در سایت باید جهت انجام آزمایش استفاده شود.

خواص مکانیکی ژئوممبرین

خواص مکانیکی ژئوممبرین عبارتند از رفتار کششی، مود برشی و پیوستگی درز، مقاومت پارگی، شکستگی و ضربه، مقاومت سطح مشترک بین ژئوممبرین و دیگر مواد، و رفتار شکست ترد ژئوممبرین.

- *آزمایش‌های کشش*: سه نوع آزمایش کشش که غالبا مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از:

۱- آزمایش‌های کششی که بر روی نمونه‌های کوچک با عرض کم و معمولا جهت کنترل کیفیت ژئوممبرین انجام می‌شوند. به این آزمایش‌ها، آزمایش‌های شاخص گفته می‌شود. روش‌های ASTM جهت این آزمایش‌ها عبارتند از D638، D882 و D571. از آنجا که این آزمایش‌ها بیشتر منعکس‌کننده‌ی رفتار تک‌بعدی ژئوممبرین هستند، از نوع دیگری از آزمایش‌ها استفاده می‌شود تا معرف شرایط کرنش صفحه‌ای ژئوممبرین باشند.

۲- آزمایش‌های یکنواخت، با عرض زیاد یا نواری بر روی نوارهای به عرض ۲۰ سانتی‌متر و بر اساس ASTM D4885 انجام می‌شوند. این آزمایش‌ها زمان‌بر بوده (به عنوان مثال، با نرخ کرنش 1 mm/min جهت ۲۰۰٪ کرنش به ۳ ساعت و جهت ۱۰۰۰٪ کرنش به ۱۷ ساعت زمان نیاز است) و لذا جهت کنترل کیفیت استفاده نمی‌شوند.

۳- آزمایش‌های کششی چندمحوره جهت شبیه‌سازی رفتار کششی ژئوممبرین تحت تنش‌های دومحوره یا تنش‌های خارج صفحه انجام می‌شوند. استاندارد ASTM خاصی جهت این آزمایش وجود ندارد. با ترسیم نمودار تنش- کرنش می‌توان مشاهده کرد که ژئوممبرین‌های PVC، VLDPE و LLDPE دارای نرم‌ترین رفتار بوده (کمترین شیب نمودار) و لذا دارای مقاومت شکست بالاتری هستند. در حال حاضر، جهت ژئوممبرین HDPE صرفا از تست ASTM D6693 برای آزمایش کشش استفاده می‌شود.

- *مقاومت پارگی:* مقاومت ژئوممبرین در برابر پارگی هنگامی حائز اهمیت است که پتانسیل پارگی ژئوممبرین در اثر باد شدید یا در هنگام نصب وجود داشته باشد. رقم مشخصی جهت میزان مقاومت پارگی مورد نیاز وجود ندارد. معمولا از ASTM D1004 جهت تست مقاومت پارگی استفاده می‌شود. مقاومت پارگی یک ژئوممبرین HDPE به ضخامت ۱/۵ میلی‌متر از ۵۰ تا ۶۰ پوند متغیر است. با افزایش ضخامت، مقاومت پارگی ژئوممبرین نیز افزایش خواهد یافت.
- *مقاومت در برابر ضربه:* این آزمایشات جهت ارزیابی مقاومت ژئوممبرین در برابر ضربه ناشی از سقوط اشیا انجام می‌شوند. این ضربه‌ها ممکن است منجر به پارگی یا ضعیف شدن ژئوممبرین شوند. استانداردهای ASTM مختلفی جهت اندازه‌گیری مقاومت ژئوممبرین در برابر ضربه وجود دارد. تست‌های ضربه نشان می‌دهند که با افزایش ضخامت، مقاومت ژئوممبرین در برابر ضربه نیز افزایش می‌یابد. همچنین، استفاده از ژئوتکستایل در یک یا هر دو طرف ژئوممبرین باعث افزایش قابل توجه مقاومت ژئوممبرین در مقابل ضربه می‌شود.
- *مقاومت سوراخ‌شدگی*: ارزیابی مقاومت در برابر سوراخ‌شدگی به این دلیل مهم است که هنگامی که ژئوممبرین زیر یا روی سطوح زبر، سنگدانه و یا دیگر مواد تیزگوشه قرار می‌گیرد ممکن است سوراخ شود. یک آزمایش معرف بایستی شرایط واقعی سایت را شبیه‌سازی نماید. با این وجود، استانداردهایی جهت مقایسه‌ی مقاومت سوراخ شدگی ژئوممبرین در شرایط متفاوت موجود است. ASTM D4833 و ASTM D5494 دو نمونه از این تست‌های شاخص (index tests) هستند. بر اساس این آزمایش‌ها می‌توان پی برد که از لحاظ مقاومت سوراخ‌شدگی، ژئوممبرین‌های مسلح بهتر از ژئوممبرین غیر مسلح هستند. همچنین با افزایش ضخامت، میزان مقاومت نیز زیاد می‌شود. استفاده از

ژئوتکستایل در یک یا هر دو طرف ژئوممبرین نیز باعث افزایش قابل توجه مقاومت ژئوممبرین در مقابل سوراخ شدگی می‌شود.

- *ترکزایی تنشی (Stress cracking)*: ترک‌زایی تنشی ژئوممبرین را می‌توان به صورت ترک یا پارگی (داخلی یا خارجی) ایجاد شده در اثر تنش کششی ثابت که کمتر از مقاومت کششی کوتاه مدت ژئوممبرین است و در درازمدت به ژئوممبرین اعمال می‌شود، تعریف نمود. دو عامل دما و خورندگی نیز از دیگر عوامل ایجاد شکست ترد هستند. اگرچه تمام انواع ژئوممبرین‌ها در معرض شکست ترد هستند، منتها نوع HDPE دارای پتانسیل بیشتری جهت وقوع شکست ترد است. در حوضچه‌های سطحی که ژئوممبرین در معرض شرایط جوی است و لذا تنش‌های کششی به دلیل تغییرات دما جابجا می‌شوند، این پدیده زیاد رخ می‌دهد.

خواص استقامتی (دیرپایی) ژئوممبرین

پدیده‌های مختلفی مانند تابش فرابنفش، رادیواکتیو، و تخریب بیولوژیکی، شیمیایی، حرارتی و اکسیداسیونی می‌توانند منجر به شکست پیوندهای پلیمری درون ساختار ژئوممبرین شوند. این پدیده‌ها ممکن است بر عملکرد درازمدت ژئوممبرین تاثیرگذار باشند.

- *مقاومت در برابر تابش فرابنفش*: تخریب ژئوسینتتیک‌ها در برابر فرابنفش به دلیل انرژی طول موج کوتاه‌تر اشعه فرابنفش بوده که منجر به آسیب‌دیدگی شدید پلیمر می‌شود. این آسیب را می‌توان با افزودن کربن سیاه یا رنگ‌دانه به ژئوممبرین به حداقل رساند. در صورتی که میزان کربن سیاه HDPE در حدود ۲ تا ۳ درصد باشد، می‌توان گفت که ژئوممبرین دارای مقاومت فرابنفش قابل قبول است. میزان کربن سیاه ژئوممبرین بر اساس ASTM D1603 اندازه‌گیری می‌شود.
- *مقاومت شیمیایی*: به دلیل تماس مستقیم ژئومبرین با آلاینده در لندفیل‌ها و برکه‌های سطحی، نیاز است تا سازگاری ژئوممبرین با مایع موجود در سایت ارزیابی شود. به این منظور از تست ASTM D5322 استفاده می‌شود. در این تست، ژئوممبرین در یک تانک غوطه‌ور در ماده شیمیایی مورد نظر و در دوره‌های زمانی مختلف خوابانده می‌شود. در پایان هر دوره، نمونه‌ها برداشته شده و خواص آن با خواص قبل از انجام آزمایش مقایسه می‌شود. جهت ژئوممبرین HDPE، تغییر در وزن باید کمتر از ۲٪، تغییر در مقاومت نهایی کمتر از ۲۰٪، تغییر در تغییرشکل نهایی کمتر از ۳۰٪، تغییر در مقاومت پارگی کمتر از ۲۰٪ و تغییر در مقاومت سوراخ‌شدگی کمتر از ۲۰٪ باشد.
- *مقاومت در برابر اکسیداسیون:* در صورتی که ژئوممبرین به مدت طولانی در معرض اتمسفر قرار داشته باشد یا با یک خاک غیر اشباع پوشانده شده باشد، به دلیل حضور اکسیژن در تماس با

ژئوممبرین، ژئوممبرین به تدریج اکسید خواهد شد. در نتیجه در جاهایی که ژئوممبرین با پسماند یا مایعات پوشانده شده است، مشکل اکسیداسیون ژئوممبرین وجود ندارد. شرکت‌های تولید کننده معمولا از افزودنی‌های آنتی‌اکسیدان جهت افزایش مقاومت ژئوممبرین در برابر اکسیداسیون استفاده می‌کنند. بر اساس مطالعات، حداقل عمر این آنتی اکسیسدان‌ها در شرایط مناسب محیطی برابر ۲۰۰ سال است.

۲-۳-۳-۳- تشریح مشخصات عملکردی انواع لاینر

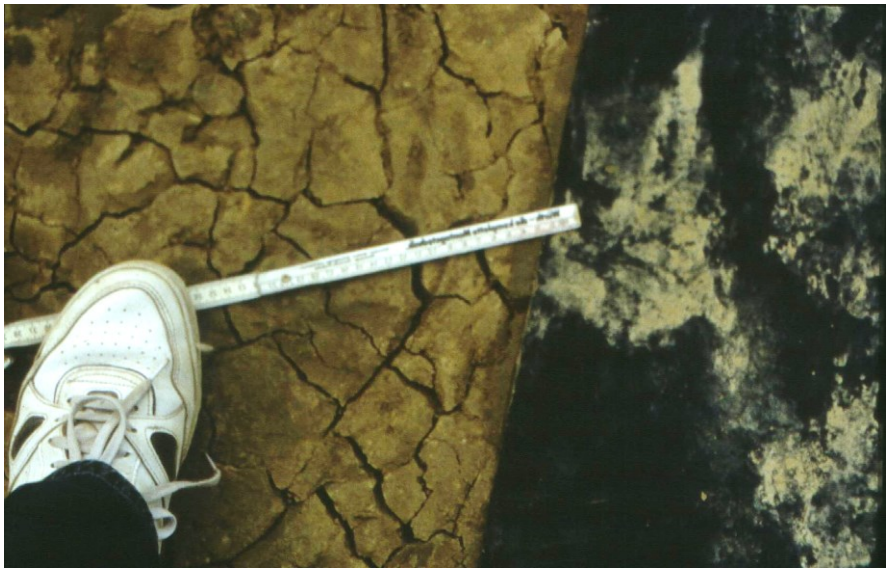
۲-۳-۳-۳-۱- لاینرهای رسی متراکم‌شده

دو شاخص عملکردی لاینر رسی متراکم‌شده (CCL) را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

- ترک‌خوردگی لاینر و افزایش نفوذپذیری
- اندرکنش لاینر با شیرابه

ترک‌خوردگی لاینر

به دلیل رطوبت نسبتا بالای لاینر رسی متراکم شده (۶-۲ درصد بیش از رطوبت بهینه)، به محض قرار گرفتن در معرض شرایط جوی مانند نور خورشید و باد، مستعد خشک‌شدگی و در نتیجه ترک‌خوردگی هستند. ترک‌خوردگی ناشی از خشک‌شدگی، اصلی‌ترین مکانیزم ایجاد ترک در CCL است. در بزرگ‌ترین لندفیل کانادا، پنج هفته پس از اجرای CCL ترک‌هایی به عمق ۱۲ سانتی‌متر مشاهده شده است. ایجاد ترک در لاینر رسی بعضا میزان نفوذپذیری لاینر را تا ۱۰۰۰ برابر افزایش می‌دهد. نکته قابل توجه در این میان این است که با اجرای ژئوممبرین بر روی CCL احتمال ترک‌خوردگی نه تنها کاهش نمی‌یابد، بلکه زیاد نیز می‌شود. بر اساس مطالعات، در صورت وجود دمای بالا (۴۰ درجه سانتیگراد)، دمای سطح ژئوممبرین به حدود ۸۰-۷۰ درجه سانتیگراد می‌رسد که می‌تواند منجر به خشک شدگی شدید CCL زیر خود شود.



شکل ۲-۱۴- ترک‌خوردگی در لاینر رسی متراکم‌شده در اثر خشک شدن در زیر ژئوممبرین

دیگر عواملی که منجر به ترک‌خوردگی CCL می‌شوند عبارتند از چرخه‌های ذوب-یخ و نشست نامتقارن لندفیل. عامل اخیر به خصوص در صورتی که از CCL به عنوان لایه نفوذناپذیر در پوشش نهایی استفاده شود، منجر به ایجاد ترک‌های بسیار بزرگی در لاینر می‌شود که کارایی آن را شدیدا کاهش می‌دهد. وجود ترک باعث می‌شود نرخ نفوذ از درون لاینر بسیار بالا باشد. مطالعات انجام‌شده بر روی بزرگ‌ترین لندفیل کشور کانادا پس از پایان عمر لندفیل، نشان‌دهنده‌ی نفوذ شیرابه تا عمق ۱/۷ متری لاینر رسی بوده است. این در شرایطی است که از ژئوممبرین بر روی CCL نیز استفاده شده بود. منتها به دلیل استفاده از لاینر رسی به ضخامت ۳ متر، خطری متوجه آب‌های زیرزمینی نشده است.

برهم‌کنش شیرابه و لاینر رسی

شیرابه‌ی لندفیل بسته به کیفیت آن، تاثیرات متفاوتی بر هدایت هیدرولیکی لاینر برجای می‌گذارد. در محل‌های دفن پسماند شهری، شیرابه عموما باعث کاهش در نفوذپذیری لاینر می‌شود. این مسئله به دلیل ترکیبی از فرایندهای انسداد فیزیکی، انسداد شیمیایی و انسداد بیولوژیکی لاینر است. مطالعات جامع صورت‌گرفته بر روی نقش شیرابه لندفیل شهری در تهران بر لاینرهای رسی نشان داد که شیرابه باعث کاهش هزار برابری نفوذپذیری CCL می‌شود. دلیل عمده این امر، تشکیل یک بیوفیلم دور ذرات خاک و در نتیجه انسداد حفرات موجود است. دیگر مطالعات نیز حاکی از کاهش صد برابری نفوذپذیری CCL در تماس با شیرابه لندفیل پسماند شهری هستند.

شیرابه‌ی لندفیل از سویی به دلیل دارا بودن ترکیبات کاتیونی مانند کلسیم، پتاسیم و دیگر کاتیون‌های چندظرفیتی، از طریق تبادل کاتیونی با کانی‌های رسی موجود در لاینر منجر به افزایش نفوذپذیری می‌شود. در محل‌های دفن پسماندهای غیرشهری که شیرابه‌ی با بار آلی بالا وجود نداشته و در عوض، غلظت نمک‌های

معدنی زیاد است، پدیده تبادل کاتیونی بر سازوکارهای انسداد لاینر غالب بوده و منجر به افزایش کلی نفوذپذیری لاینر می‌شود. با این وجود، تبادل کاتیونی عمدتا در لاینرهای رسی ژئوسینتتیکی که تنها از یک لایه نازک بنتونیت سدیم تشکیل شده‌اند، محل توجه است که در بخش بعد بدان پرداخته خواهد شد.

۲-۳-۳-۳-۲- لاینرهای رسی ژئوسینتتیکی

در این بخش، فاکتورهای موثر بر نفوذپذیری GCL به تفصیل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

سازگاری با مایع نفوذکننده

هر مایعی که دارای ماهیت متفاوتی با آب حفره‌ای باشد، در صورت نفوذ در GCL می‌تواند با کم کردن ضخامت لایه مضاعف بنتونیت و در نتیجه افزایش اندازه حفرات جریان در رس منجر به افزایش نفوذپذیری شود. بطور کلی، تغییر در هدایت هیدرولیکی GCL در تماس با یک شیرابه با قدرت کم، محلول‌های نمک با غلظت نه چندان بالا و ترکیب آب- اتانول (اتانول کمتر از ۲۵٪) کم بوده و GCL کماکان دارای نفوذپذیری پایینی است. در صورت وجود یک مایع نفوذکننده با غلظت بالای نمک یا مواد آلی شاهد یک تغییر بسیار قابل توجه در نفوذپذیری GCL خواهیم بود که میزان آن بایستی برای هر مورد بطور خاص بررسی شود.

بررسی نفوذپذیری GCL در برابر هیدروکربن‌های نفتی مورد توجه محققین بسیاری بوده است. Rowe و همکاران نفوذپذیری GCL کاملاهیدراته‌شده و جزئی‌هیدارته‌شده در برابر سوخت جت را در دماهای مختلف مورد بررسی قرار داده‌اند. آن‌ها مشاهده کردند که با افزایش میزان رطوبت GCL، نفوذپذیری آن نسبت به سوخت جت کاهش می‌یابد. همچنین مشاهده شد که در درصد اشباع یکسان GCL، میزان نفوذپذیری در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد بسیار کمتر از دمای ۲۰ درجه سانتیگراد بوده است.

در مطالعه‌ای دیگر مشاهده شد که نفوذپذیری GCL غیر اشباع با درصد رطوبت کمتر از ۵۰٪ در برابر هیدروکربن‌ها (بنزن، بنزین، متانول، MTBE، و TCE) بسیار بالا و در حدود ۱×۱۰^{-۷} متر بر ثانیه است؛ با افزایش درصد رطوبت بنتونیت به بیش از ۱۰۰٪، هدایت هیدرولیکی به کمتر از $۱۰^{-۱۱}$ متر بر ثانیه می‌رسد. شان و لی (۲۰۰۲) با هیدراته کردن GCL با مایعات مختلف مانند آب مقطر، آب شرب، شیرابه لندفیل و آب اسیدی مشاهده کردند که بنزین در گرادیان‌های کمتر از ۱۵۰ نمی‌تواند از درون GCL اشباع شده با آب عبور کند.

علیرغم وجود اندرکنش بین GCL و شیرابه، در صورت در نظر گرفتن این اندرکنش‌ها و طراحی هدایت هیدرولیکی بر اساس آزمایش‌هایی که تاریخچه اعمال تنش، شرایط هیدراتاسیون و سیال نفوذی موجود در محل را شبیه‌سازی کنند، می‌توان از GCL با موفقیت جهت لاینر استفاده کرد. در مورد سازگاری GCL با شیرابه لندفیل در ادامه بیش‌تر صحبت خواهد شد.

اندرکنش با خاک- آب زیرزمینی مجاور

در کاربردهای معمول، بنتونیت سدیم مورد استفاده در GCL ممکن است در اثر فرایند تبادل کاتیونی با یون-های کلسیم به بنتونیت کلسیم تبدیل شود. این فرایند طبیعی در مواردی که آب حفره‌ای خاک مجاور GCL حاوی کلسیم باشد، مورد انتظار است. حتی در برخی موارد، تبادل کاتیونی ممکن است به دلیل وجود کلسیت درون خود بنونیت باشد. این کلسیت می‌تواند در تماس با یک جریان اسیدی (مانند گاز اسیدی لندفیل) کاملا حل شده و در نتیجه ساختار بنتونیت را از سدیمی به کلسیمی تغییر دهد.

وقوع این پدیده این سوال را پیش رو مطرح می‌سازد که چرا از ابتدا از بنتونیت کلسیم در GCL استفاده نشود. بایستی توجه نمود که نفوذپذیری یک GCL پنج کیلوگرمی با بنتونیت سدیم کم‌تر از نفوذپذیری یک GCL هشت کیلوگرمی با بنتونیت کلسیم است. لذا قبل از وقوع تبادل یونی، بنتونیت سدیم کاملا برتر از بنتونیت کلسیم است. پس از وقوع فرایند تبادل کاتیونی، نفوذپذیری GCL با بنتونیت سدیمی در حدود GCL با بنتونیت کلسیمی ولی کماکان کمتر از آن است؛ در حالیکه وزن آن ۳ کیلوگرم بر متر مربع کمتر است. نکته دیگر این‌که حتی پس از وقوع تبادل یونی، بنتونیت سدیم کماکان دارای ساختاری بهتر و قابل قبول‌تر از بنتونیت کلسیمی است.

با توجه به موارد گفته شده، هدایت هیدرولیکی بلندمدت GCL با میزانی که توسط تولیدکننده اعلام می‌شود برابر نخواهد بود. لذا هدایت هیدرولیکی باید جهت شرایط موردانتظار در سایت و پس از وقوع کامل تبادل کاتیونی برآورد شود. اگرچه این برآورد باید در هر مورد انجام شود، منتها بر اساس داده‌های موجود، افزایش ۳ تا ۱۰ برابری هدایت هیدرولیکی در اثر تبادل کاتیونی قابل انتظار خواهد بود.

از آن‌جا که بنتونیت کلسیمی دارای خواص خودترمیمی پایینی است، بایستی با اعمال محافظت و تنش کافی از خشک شدگی بنتونیت جلوگیری شود. پیشنهاد شده است در این موارد از پوشش خاکی به ضخامت ۰/۷۵ تا ۱ متر جهت GCL استفاده شود.

هیدراتاسیون جزیی

GCL به خوبی قادر است با جذب رطوبت از لایه خاک زیرین خود تا حد بسیار زیادی (کاملا) هیدراته شود. جذب آب توسط GCL تابع تنش اعمال شده بر روی GCL و نیز روش ساخت آن می‌باشد. مطالعات دانیل و همکاران نشان می‌دهد که در صورت وجود یک لایه ماسه‌ای با درصد رطوبت ۵٪ در زیر GCL، پس از ۴۵ روز درصد رطوبت GCL به ۱۲۸٪ خواهد رسید. مطالعات دیگر نیز نشان داده‌اند که یک GCL با درصد رطوبت ۹٪ پس از ۲۴ ساعت قرارگیری بر روی یک لایه ماسه با درصد رطوبت ۱۰-۸٪، میزان درصد رطوبت آن تا ۱۰۰٪ افزایش می‌یابد.

مطالعات محققین نشان می‌دهد در صورت هیدراتاسیون جزیی GCL، نفوذپذیری آن در برابر هیدروکربن‌های غلیظ افزایش می‌یابد. لذا اگرچه وقوع درصد قابل توجهی هیدراتاسیون قبل از تماس با هیدروکربن‌ها مهم است، ولی نیازی به اشباع شدن کامل GCL جهت دارا بودن نفوذپذیری پایین نیست.

آسیب دیدگی، سوراخ شدگی و/یا نازک شدگی GCL

GCL دارای قابلیت آب‌بندی در اطراف اشیاء فرورفته و نیز پوشاندن حفرات به‌وجود آمده درون خود می‌باشد. محققین متعددی اثر ایجاد سوراخ درون GCL را مورد مطالعه قرار داده‌اند. بر این اساس، GCL به خوبی قادر است حفرات تا قطر ۳۰ میلی‌متر را به خوبی بپوشاند. نتایج برخی مطالعات نشان می‌دهد که از یک حفره ۷۵ میلی‌متری درون GCL تنها ۱۲ میلی‌متر آن در نهایت توسط خاصیت خودترمیمی GCL پوشانده نشده است. هم‌چنین نشان داده شده است که وجود حفرات تا قطر ۲۵ میلی‌متر، نفوذپذیری GCL را تنها ۲/۵ برابر افزایش می‌دهد.

پتانسیل آسیب دیدگی و نیز خواص خودترمیمی GCL به فرایند تولید بستگی دارد. با انتخاب مناسب مصالح بستر و مصالح روی GCL می‌توان احتمال آسیب دیدگی GCL را به حداقل رساند.

توزیع بنتونیت در واحد سطح GCL نیز بر هدایت هیدرولیکی آن موثر است. از آن‌جا که بنتونیت در یک GCL هیدراته شده دارای مقاومت برشی پایینی است، تنش‌های نامساوی اعمال شده در اثر فشار دانه‌های شن و یا وجود یک حفره در ژئوممبرین می‌تواند باعث مهاجرت بنتونیت از نقاط دارای تنش زیاد به نقاط دارای تنش کم شود. این مسئله باعث نازک شدن موضعی GCL و در نتیجه افزایش نرخ نشت از درون آن می‌شود. با قرار دادن یک لایه خاک پوششی مناسب بر روی GCL می‌توان از جابجایی موضعی بنتونیت جلوگیری کرد. قرارگیری شن‌های درشت دانه نیز با ایجاد تمرکز تنش منجر به مهاجرت موضعی بنتونیت می‌شود.

خشک شدگی

به دلیل اینکه GCL همیشه به صورت مدفون است، لذا پتانسیل خشک شدگی در اثر باد یا تابش خورشید در آن چندان جدی نخواهد بود. با این وجود، حتی در صورت وقوع خشک و کلوخ شدن بنتونیتِ GCL، به محض خیس شدن مجدد آن، نفوذپذیری به میزان اولیه‌ی آن برمی‌گردد.

در صورتی که GCL در معرض شرایط ذوب- یخ محدود قرار بگیرد، هیچگونه ترک‌خوردگی و در نتیجه افزایش هدایت هیدرولیکی در آن مشاهده نخواهد شد. در حالیکه در CCL اثرات ترک‌خوردگی ناشی از خشک شدن و چرخه‌های ذوب- یخ بسیار جدی است.

۲-۳-۳-۳-۳- لاینرهای ژئوممبرینی

در رابطه با عملکرد لاینرهای ژئوممبرینی دو پارامتر حائز اهمیت است: نشت از درون ژئوممبرین و دیفیوژن ترکیبات از درون ژئوممبرین.

نشت از درون ژئوممبرین

عاملی که بیش از همه بر عملکرد ژئوممبرین تأثیر می‌گذارد، نواقصی مثل درزهایی که به درستی متصل نشده‌اند، پارگی‌ها و سوراخ‌ها هستند. ژئوممبرینی که با کنترل عالی بر روی نواقص، اجرا شده باشد، ممکن است سه سوراخ به قطر یک سانتیمتر در هر هکتار لاینر اجراشده داشته باشد. اگر ژئوممبرینی با این شرایط روی یک لایه ماسه اجرا شود و تحت هد هیدرولیکی ثابت برابر با ۳۰ سانتی‌متر قرار بگیرد، انتظار می‌رود نشتی برابر با روزانه ۳۱۰۰۰ لیتر از هر هکتار داشته باشد. بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده در لاینرهای واحدهایی که تحت شرایط کنترلی دقیق ساخته شده‌اند، نشت واقعی تحت هد ثابت برابر با ۳۰ سانتی‌متر، روزانه ۲۰۰ لیتر از هر هکتار بوده است.

یکنواختی تماس بین ژئوممبرین و لاینر خاکی در کنترل نشت شیرابه از لاینر خاکی بسیار مهم است. مواد متخلخلی مثل ماسه‌ی زهکشی، ژئوتکستایل‌های فیلتر یا سایر ژئوفابریک‌ها، نباید بین ژئوممبرین و لاینر خاکی قرار بگیرند. مواد متخلخل مذکور لایه‌ای با هدایت هیدرولیکی بالا ایجاد می‌کنند که مقدار نشت از زیر نقص‌های ژئوممبرین را افزایش می‌دهد. عملیات ساخت‌وساز در طول نصب لاینر خاکی و ژئوممبرین بر یکنواختی سطح مشترک ژئوممبرین/خاک تأثیر گذاشته و عملکرد سیستم لاینر کامپوزیت را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد.

دیفیوژن آلاینده‌ها از درون ژئوممبرین

نشت از درون یک ژئوممبرین بدون نقص به وسیلهٔ قانون اول فیک کنترل می‌شود که فرایند دیفیوژن یک مایع در لایهٔ ممبرین را توصیف می‌کند. فرایند دیفیوژن مشابه قانون دارسی در لاینرهای خاکی است به جز اینکه به جای هد هیدرولیکی، گرادیان غلظت عامل جریان است. البته نرخ دیفیوژن در ژئوممبرین‌ها چندین مرتبهٔ لگاریتمی کمتر از نرخ جریان هیدورلیکی در لاینرهای خاکی با نفوذپذیری پایین است.

این فرایند به صورت جذب دائم آلاینده به سطح داخلی ژئوممبرین، دیفیوژن از طریق ساختار پلیمر و واجذب از سطح خارجی ژئوممبرین قابل توضیح است. برای یک آلاینده‌ی خاص، ژئوممبرین می‌تواند یک مانع خوب در برابر دیفیوژن (به عنوان مثال آب و یون‌های هیدراته مانند سدیم، پتاسیم، کلسیم، منگنز، مس، کادمیوم، نیکل، سرب) یا یک مانع ضعیف در برابر دیفیوژن (به عنوان مثال ترکیبات آلی کوتاه‌زنجیره مانند دی‌کلرومتان، تولوئن،...) باشد.

۲-۳-۳-٤- بررسی استانداردهای مختلف ملی و بین‌المللی در زمینه اجزای لاینر

کشورهای مختلف جهان به‌ویژه کشورهای توسعه‌یافته مانند ایالات متحده و اتحادیه اروپا قوانین روشنی در مورد حداقل‌های مورد نیاز برای لاینر کف ارائه کرده‌اند. بعضی کشورهای در حال توسعه نیز مقرراتی متناسب با نیازهای محلی تدوین کرده‌اند. همین‌طور در دستورالعمل ها و گزارش‌های ارائه‌شده توسط سازمان‌های بین المللی مانند بانک جهانی نیز در مورد نحوه انتخاب لاینر محل دفن اظهارنظر شده است. در ادامه به این ضوابط که چکیده تجربیات بین المللی در این زمینه محسوب می شوند پرداخته می‌شود.

با یک بررسی کلی از ضوابط و دستورالعمل‌های موجود، مشخص می‌شود که نحوه انتخاب لاینر وابستگی مستقیم به جنس پسماند دفنی و قوانین موجود در زمینه آلودگی آب زیرزمینی دارد. بهترین تقسیم بندی موجود، تفکیک جنس پسماند به سه دسته خنثی، پسماند شهری و پسماند خطرناک است. تعاریف کلی این سه دسته به شرح زیرند؛ هرچند در دستورالعمل‌های ارائه شده در کشورهای مختلف ممکن است تفاوت‌های اندکی وجود داشته باشند:

- محل دفن نوع یک برای دفن پسماندهای خنثی؛ پسماندهای خنثی شامل پسماندهایی هستند که دارای خطر بالقوه برای محیط زیست نیستند شامل: بسته‌بندی‌های سبک و تمیز، شیشه، نخاله‌های ساختمانی، تایرها، خاک، بتن، آسفالت، خرده‌چوب، خاکروبه، ...
- محل دفن نوع دو برای دفن پسماندهای شهری و مشابه آن؛ این پسماندها پسماندهایی هستند که با یک سری اقدامات حداقلی، خطر آنها برای محیط زیست کاهش می‌یابد. در یک تعریف دیگر، این پسماندها ضمن اینکه فاقد خصوصیات پسماند خطرناک هستند، برخلاف پسماندهای خنثی از نظر بیولوژیکی فعال هستند. این پسماندها شامل ترکیبی از پسماند مخلوط شهری، پسماند فضای سبز، پسماندهای حجیم مانند وسایل خانگی، و خاکستر پسماندسوزی هستند.
- محل دفن نوع سه جهت پسماندهای خطرناک: پسماندهایی که در صورت انتشار به محیط، خطر قابل توجهی را متوجه محیط‌زیست می‌کنند و مطابق تعریف EPA دارای یکی از خواص سمیت، خورندگی، واکنش‌پذیری و اشتعال‌پذیری هستند.

۲-۳-۳-٤-۱- انواع محل‌های دفن پیشنهادی بر اساس قانون مدیریت پسماند کشور

تقسیم بندی موجود در قانون پسماندها مصوب سال ۱۳۸۳ دارای تفاوت هایی با تقسیم بندی فوق است. در این تقسیم بندی پنج نوع پسماند معرفی شده‌اند که عبارتند از:

- پسماندهای عادی

- پسماندهای پزشکی
- پسماندهای ویژه
- پسماندهای کشاورزی
- پسماندهای صنعتی

لذا لازم است که ارتباط انواع محل‌های دفن مورد اشاره در سطور فوق با این دسته‌بندی از پسماندها مشخص شود. در جدول (۳-۲) برای انواع پسماندهای مشخص شده در قانون پسماندها نوع مناسب محل دفن پیشنهاد شده است.

جدول ۲-۸- نوع محل دفن مناسب برای انواع پسماندهای مشخص شده در قانون مدیریت پسماند ایران

نوع پسماند مطابق با قانون مدیریت پسماندها	نوع محل دفن پیشنهادی
پسماندهای عادی	نخاله‌های ساختمانی در محل دفن مواد نوع یک دفن شوند و پسماندهای شهری در محل دفن نوع دو
پسماندهای پزشکی	پسماندهای پزشکی بدون پیش‌تصفیه (اتوکلاو، پسماند سوز یا تثبیت و جامدسازی) نباید در زمین دفن شوند. باقیمانده پس از پیش‌تصفیه باید در محل دفن نوع دو دفن شوند.
پسماندهای ویژه	در محل دفن نوع سه دفن شوند. باید به این نکته توجه داشت که در مورد برخی پسماندهای خطرناک پیش‌تصفیه قبل از دفن الزامی است.
پسماندهای کشاورزی	پسماندهای مربوط به دامپزشکی و لاشه حیوانات نباید بدون پیش‌تصفیه دفن شوند. این پسماندها پس از پیش‌تصفیه می‌توانند در محل دفع نوع ۲ دفن شوند. دیگر پسماندهای کشاورزی می‌توانند به طور مستقیم در محل دفن نوع ۲ دفن شوند.
پسماندهای صنعتی	پسماندهای صنعتی باید پیش از دفن به درستی شناسایی شوند و مطابق با شناسایی انجام گرفته به صورت موردی نوع محل دفن مورد قبول برای هریک مشخص می‌شود.

۲-۳-۳-٤-۲- ضوابط اتحادیه اروپا

اتحادیه اروپا با توجه به جایگاه قانونی خود جزئیات لاینر مورد نظر را ارائه نمی‌کند. در دستورالعمل مصوب این اتحادیه در سال ۱۹۹۹ این‌گونه آورده شده است:

حفاظت آب‌های زیرزمینی باید به واسطه لاینر کف و یک لایه نفوذناپذیر خاکی انجام گیرد. لایه نفوذناپذیر خاکی دارای شرایط زیر است:

برای پسماندهای خنثی (محل دفن نوع ۱) لایه خاکی به ضخامت بیشتر یا مساوی ۱ متر و با نفوذپذیری 1.0×10^{-7} m/s $k \leq$ یا لاینر معادل

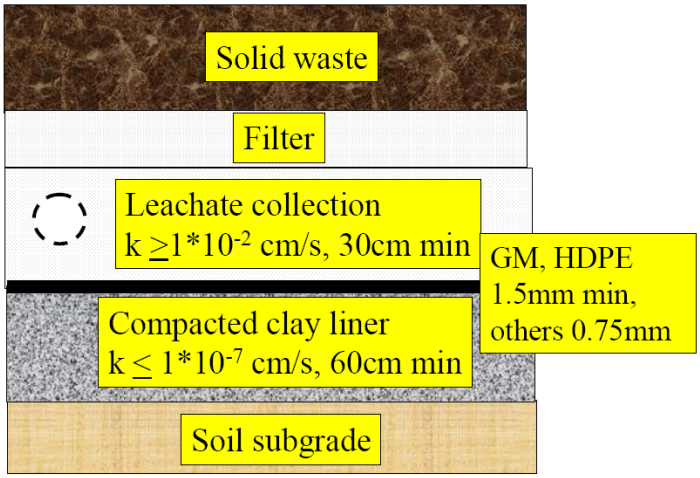
- برای پسماندهای شهری و مشابه (محل دفن نوع۲) لایه خاکی به ضخامت بیشتر یا مساوی ۱ متر و با نفوذپذیری $k \leq 1.0 \times 10^{-9}$ m/s
- برای پسماندهای خطرناک (محل دفن نوع ۳) لایه خاکی به ضخامت بیشتر یا مساوی ۵ متر و با نفوذپذیری $k \leq 1.0 \times 10^{-9}$ m/s

در مکان‌هایی که لایه خاکی مناسب وجود نداشته باشد یا اجرای آن دشوار باشد می‌توان از لاینر مصنوعی معادل با مصالح خاکی استفاده کرد. ضخامت این لاینر نباید از ۰/۵ متر کمتر باشد.
علاوه بر این لایه خاکی، در محل دفن پسماند غیرخطرناک (درجه ۲) و خطرناک (درجه ۳) می‌باید یک لاینر مصنوعی (ژئوممبرین) نیز وجود داشته باشد.
در پایان در این دستورالعمل اشاره شده است که کشورهای عضو می‌توانند در چارچوب ضوابط فوق، جزئیات بیشتر را در دستورالعمل‌های خود مشخص کنند.

۲-۳-۳-٤-۳- سازمان حفاظت از محیط زیست ایالات متحده

سازمان حفاظت از محیط زیست ایالات متحده هیچ محل دفنی را به عنوان محل دفن مواد خنثی معرفی نمی‌کند. اما در مورد محل دفن پسماند شهری اجزای لاینر را به صورت زیر پیشنهاد می کند (شکل ۲-۱۵):

- لایه جمع‌آوری شیرابه با ضخامت حداقل ۳۰ سانتیمتر که دارای ضریب نفوذپذیری $K \geq 1\times10^{-2}\ {}^{cm}/_{s}$ باشد یا لایه‌ای با قابلیت زهکشی معادل؛
- یک لایه لاینر رسی با ضخامت ۶۰ سانتی‌متر با نفوذ پذیری $K \leq 1*10^{-9}\ {}^{m}/_{s}$ یا معادل آن لاینر رسی ژئوسینتیکی (GCL)؛
- یک لایه لاینر ژئوممبرین با ضخامت ۱/۵میلیمتر از جنس HDPE یا بیشتر از ۰/۷۵ میلی‌متر چنان‌چه ژئوممبرین از جنس دیگری باشد.

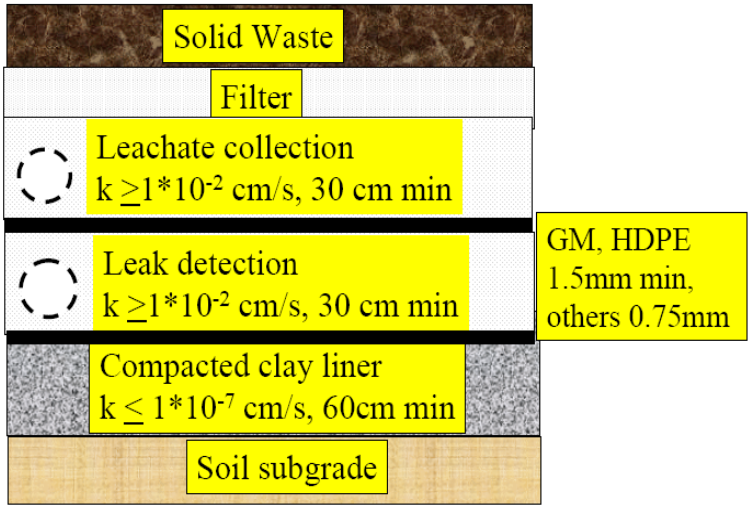


شکل ۲-۱۵- حداقل‌های مورد نیاز جهت دفن پسماندهای غیر خطرناک طبق ضوابط RCRA

در مورد محل دفن پسماند خطرناک (محل دفن نوع ۳)، سازمان حفاظت از محیط زیست ایالات متحده استفاده از لاینر دوگانه را که دارای سیستم نشت‌یابی باشد به صورت زیر اجباری می‌داند (از بالا به پائین):

- لایه جمع‌آوری شیرابه با ضخامت حداقل ۳۰ سانتیمتر که دارای ضریب نفوذپذیری $K \geq 1\times10^{-2}\ {}^{cm}/_{s}$ باشد یا لایه ای با قابلیت زهکشی معادل؛
- یک لایه لاینر ژئوممبرین در زیر لایه جمع‌آوری شیرابه با ضخامت ۱/۵میلیمتر از جنس HDPE یا بیشتر از ۰/۷۵ میلیمتر چنان‌چه ژئوممبرین از جنس دیگری باشد؛
- یک لایه زهکش به عنوان سیستم آشکارسازی نشت شیرابه با ضخامت حداقل ۳۰ سانتیمتر در زیر لاینر ژئوممبرین که دارای ضریب نفوذ پذیری $K \geq 1\times10^{-2}\ {}^{cm}/_{s}$ باشد یا لایه ای با قابلیت زهکشی معادل؛
- یک لایه لاینر ژئوممبرین با ضخامت ۱/۵ میلیمتر از جنس HDPE یا بیشتر از ۰/۷۵ میلیمتر چنان‌چه ژئوممبرین از جنس دیگری باشد.
- یک لایه با ضخامت ۶۰ سانتیمتر لاینر رسی با نفوذ پذیری $K \leq 1*10^{-9}\ {}^{m}/_{s}$ یا معادل آن لاینر رسی ژئوسینتتیکی (GCL).

این سیستم تاکنون بهترین عملکرد را در جلوگیری از نشت شیرابه داشته است (شکل ۲-۱۶). همانگونه که مشاهده می‌شود لایه زهکش دوم برای این تعبیه شده است که در صورت نشت شیرابه از لایه اول این امر مشخص شود و شیرابه حاصل از نشت به محیط وارد نشود. این مقادیر به عنوان مقادیر حداقلی مورد نیاز در محل دفن پیشنهاد شده‌اند و دولت‌های ایالتی در ایالات متحده می توانند ضوابط سختگیرانه‌تری در چارچوب موارد فوق عرضه کنند.



شکل ۲-۱۶- حداقل‌های مورد نیاز جهت دفن پسماندهای خطرناک طبق ضوابط RCRA

۲-۳-۳-٤-٤- آئین‌نامه ملی کشور آلمان

در این آیین‌نامه، محل‌های دفن مربوط به سه نوع پسماند معرفی شده در بخش‌های قبل در مقابل سه نوع مختلف لاینر پیشنهادی در نظر گرفته شده‌اند. برای محل دفن مواد خنثی (محل دفن نوع ۱) این آئین‌نامه پیشنهاد می‌کند که تنها از لاینر رسی به ضخامت ۰/۵ متر و با نفوذ پذیری $K \le 1*10^{-8}\ m/s$ استفاده شود.

برای لاینر محل دفن پسماند شهری و مواد مشابه، طرح زیر پیشنهاد شده است:

- یک لایه لاینر ژئوممبرین با ضخامت حداقل ۲/۵ میلیمتر از جنس HDPE؛
- یک لایه با ضخامت ۶۰ سانتیمتر لاینر رسی با نفوذپذیری $K \le 1*10^{-10}\ m/s$ یا معادل آن GCL؛

برای لاینر محل دفن پسماندهای خطرناک (محل دفن نوع ۳) آئین‌نامه ملی آلمان مقادیر زیر را پیشنهاد می کند:

- یک لایه لاینر ژئوممبرین با ضخامت حداقل ۲/۵ میلی‌متر از جنس HDPE
- یک لایه با ضخامت ۱۵۰ سانتیمتر لاینر رسی با نفوذپذیری $K \le 1*10^{-10}\ m/s$ یا معادل آن GCL؛

کشور آلمان سختگیرانه‌ترین قوانین و مقررات مربوط به حفاظت از محیط زیست را داراست. اما در زمینه محل‌های دفن پسماندهای خطرناک، فلسفه متفاوتی از کشور ایالات متحده آمریکا اتخاذ کرده است. در کشور آلمان نیز دولت‌های ایالتی می‌توانند در چارچوب قوانین فدرال دستورالعمل‌های سختگیرانه‌تری برای ساخت لاینرها اتخاذ کنند.

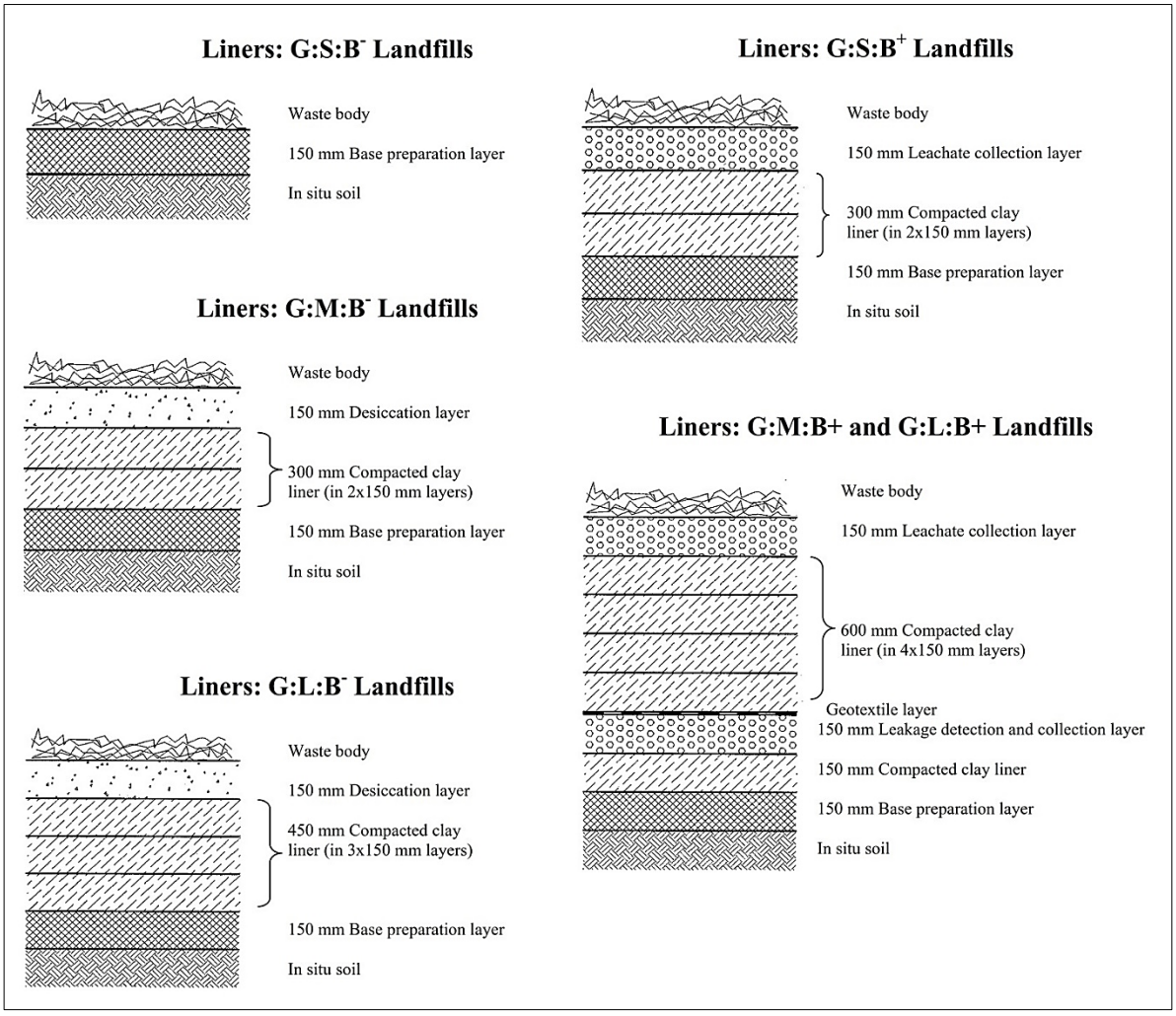
۲-۳-۳-٤-٥- ضوابط تهیه شده توسط وزارت آب و جنگلداری آفریقای جنوبی

آفریقای جنوبی از معدود کشورهای در حال توسعه است که در زمینه محل‌های دفن قوانین کامل و قابل مقایسه با کشورهای توسعه‌یافته دارد. تنظیم‌کنندگان قوانین زیست‌محیطی این کشور علاوه بر اینکه از یافته‌های علمی روز بهره برده‌اند، تلاش داشته‌اند که محدودیت‌های منابع موجود در کشورهای در حال توسعه را نیز در نظر داشته باشند.

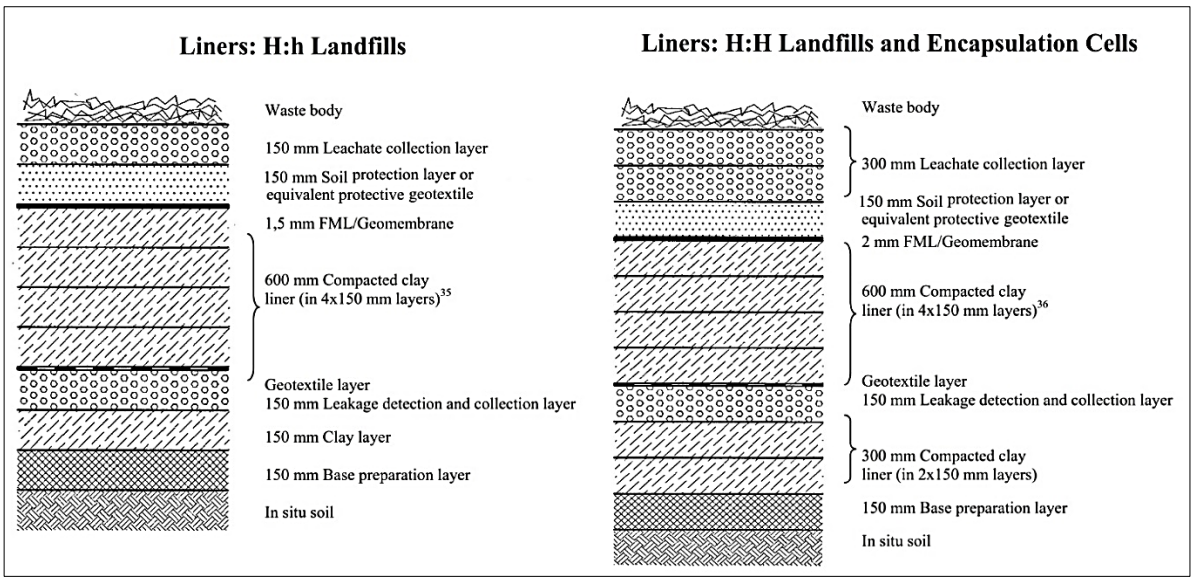
در ضوابط پیشنهادی وزارت آب و جنگلداری آفریقای جنوبی لاینرهای شکل ۲-۱۷ برای لندفیل‌های عادی (غیرخطرناک) پیشنهاد شده است:

همچنین برای پسماندهای خطرناک بسته به رتبه خطر آن، دو نوع لندفیل به شرح پیشنهاد شده است.

دامنه استفاده از این انواع لاینر بسته به شرایط محل دفن متفاوت است. روکش‌های نوع "ث"، "ج" و "چ" تنها برای محل دفن پسماندهای خطرناک به کار می‌روند در حالی‌که دیگر لاینرها برای پسماند شهری کاربرد دارند. برای تعیین نوع دقیق لاینر، پارامترهایی مانند بارش و تبخیر محلی، بزرگی و کوچکی محل دفن و غیره مد نظر قرار می‌گیرند.



شکل ۲-۱۷- ضوابط پیشنهادی دستورالعمل لندفیل آفریقای جنوبی برای لندفیل‌های عادی (غیرخطرناک)

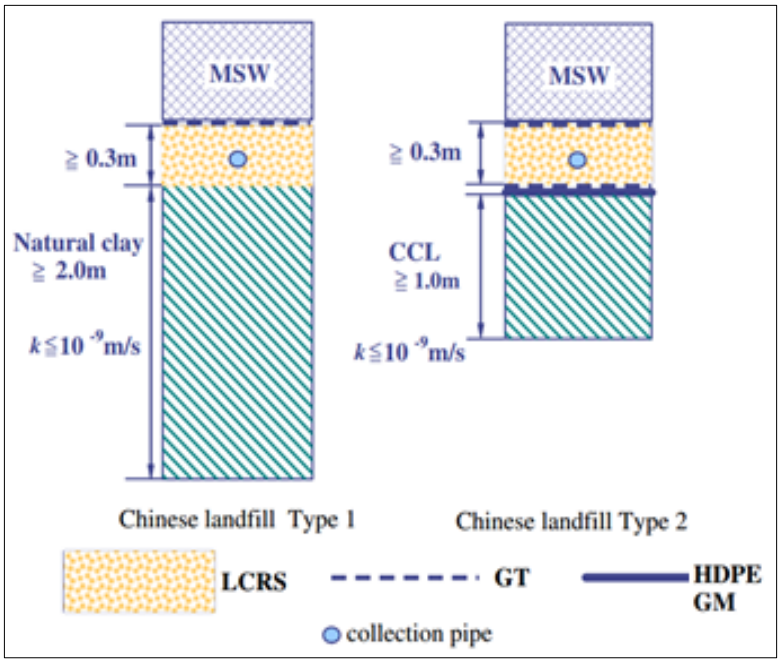


شکل ۲-۱۸- ضوابط پیشنهادی دستورالعمل لندفیل آفریقای جنوبی برای لندفیل‌های خطرناک

۲-۳-۳-٤-٦- چین

شکل ۲-۱۹ دو نوع سیستم لاینر برای لندفیل‌های پسماند شهری براساس استاندارد چین را نشان می‌دهد. در لاینر نوع ۱ که از نوع لاینر تک است، تنها از یک لایه لاینر رسی متراکم‌شده به ضخامت حداقل ۲ متر و هدایت هیدرولیکی حداکثر 1×10^{-7} cm/s استفاده می‌شود. در لاینر نوع ۲، استفاده از یک لاینر مرکب به‌صورت ترکیب یک لاینر رسی متراکم‌شده به ضخامت حداقل یک متر و هدایت هیدرولیکی کمتر از 1×10^{-7} cm/s و یک لایه ژئوممبرین به ضخامت حداقل ۱/۵ میلی‌متر پیشنهاد شده است.

در صورتی که فرض تدوین‌کنندگان دستورالعمل کشور چین، عملکرد یکسان این دو نوع لاینر بوده باشد، پیش‌فرض اساسی آنان، معادل‌سازی عملکرد یک لایه لاینر رسی متراکم‌شده به ضخامت یک متر و هدایت هیدرولیکی 1×10^{-7} cm/s با یک لایه ژئوممبرین به ضخامت ۱/۵ بوده است.



شکل ۲-۱۹- استاندارد لاینر تحتانی لندفیل پسماند شهری چین

۲-۳-۳-٤-۷- ضوابط پیشنهادی سازمان‌های بین‌المللی برای کشورهای در حال توسعه

بسیاری از کشورهای در حال توسعه دارای ضوابط مشخصی در مورد نحوه جانمایی، طراحی و ساخت محل‌های دفن نیستند. این امر باعث شده که برخی سازمان‌های بین‌المللی مانند بانک جهانی یا بخش برنامه توسعه سازمان ملل[۷] و دیگر سازمان‌ها با کارکرد بین المللی به انتشار توصیه‌هایی برای نحوه جانمایی، طراحی و ساخت

[7] United Nation Development Program (UNDP)

محل‌های دفن در کشور های در حال توسعه اقدام کنند که در ادامه به برخی از این توصیه و آمارهای موجود در این زمینه پرداخته خواهد شد.

بانک جهانی و سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده در مورد لاینر کف محل دفن در کشورهای در حال توسعه از اظهار نظر صریح خودداری می‌کنند و در توصیه‌های خود حتی به محل دفن‌های بدون لاینر نیز اشاره دارند. جمع‌بندی برداشت شده از مطالب منتشره توسط این سازمان در مورد پوشش محل دفن به شرح زیر است:

- هنگامی که پتانسیل تولید شیرابه ناچیز باشد و امکان آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی به علت فاصله قابل توجه وجود نداشته باشد، می‌توان از محل دفن بدون لاینر استفاده کرد.
- در دیگر موارد محل دفن نیاز به لاینر دارد و این لاینر می‌تواند از مصالح خاکی (مانند رس) یا مصالح مصنوعی (مانند ژئوممبرین یا GCL) باشد.
- در مورد انتخاب نوع لاینر، در دسترس بودن مصالح مناسب و ملاحظات مالی عوامل اصلی تعیین کننده هستند.
- در مواردی که امکان انجام کنترل کیفیت مناسب وجود ندارد، از استفاده از مصالحی که نیاز به کنترل کیفیت دقیق دارند (عمدتا ژئوممبرین) خودداری شود.

آژانس همکاری‌های فنی آلمان (GTZ) برای کشورهای درحال توسعه روش اصلاح شده‌ای را توصیه کرده است که شامل ایجاد یک لایه ۳۰ سانتیمتری از خاک محلی با تراکم ۹۵ درصد پروکتور (و در صورت لزوم اختلاط ۲-۳ درصد بنتونیت) بدون کنترل کیفیت دقیق مصالح و سپس ایجاد یک لایه لاینر رسی به ضخامت ۳۰ سانتیمتر و تحت یک برنامه کنترل کیفیت جامع (شامل دانه‌بندی خاک، خصوصیات تراکم‌پذیری، پلاستیسیته، تراکم، ...) است. پیش نیاز استفاده از این روش وجود ۵-۳ متر لایه خاک طبیعی با نفوذ پذیری $K \leq 10^{-7}\ m/s$ در کف محل دفن است. به این ترتیب یک لاینر با ضریب اطمینان مناسب و میزان سرمایه-گذاری اندک ساخته می‌شود که با شرایط موجود کشور های در حال توسعه هماهنگ است.

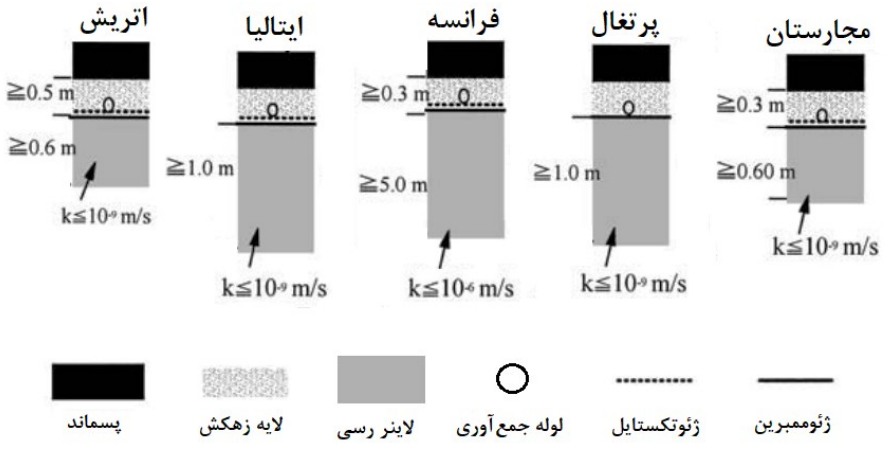
بررسی‌های انجام شده در محل‌های دفن کشورهای در حال توسعه نشان می‌دهد که در این کشورها محل‌های دفن با لاینر کف در تعدادی بیش از حد تصور اولیه وجود دارند. بازدیدهای انجام شده از کشورهای آفریقای جنوبی، برزیل، مکزیک و کشورهای در حال توسعه در جنوب شرق آسیا نشان می‌دهد از میان ۳۲ محل دفن مورد بررسی تنها ۷ مورد دارای لاینر کف نبوده‌اند که از این ۷ مورد ۴ تای آن‌ها در مناطقی خشک و صحرایی قرار داشته‌اند که پتانسیل تولید شیرابه و آلودگی آبهای زیرزمینی بسیار پایین بوده است. از میان این محل‌های دفن ۸ محل دفن دارای لاینر خاکی و عمدتا رسی می‌باشند. کیفیت لایه‌ها از خاک محلی کوبیده شده تا رس بهبود یافته با بنتونیت تغییر می‌کند. در لاینر ۱۰ محل دفن نیز از ژئوممبرین به همراه CCL یا GCL استفاده

شده است. تنها یک محل دفن نیز وجود داشته است که مستقیما و به تنهایی از GCL استفاده کرده است. در ۳ محل دفن نیز از لاینر دوگانه با سیستم پایش نشت استفاده شده است. در یک محل دفن نیز از لاینر ساخته شده با بتن و یک محل دفن نیز از پرده‌های آب‌بند استفاده شده است.

البته باید توجه کرد که محل‌های دفن مورد بررسی علی‌القاعده محل‌های دفن بزرگ و مورد توجه بوده‌اند و در میان محل‌های دفن کوچک‌تر به طور طبیعی باید موارد کمتری با پوشش کف (لاینر) یافت. با وجود این، بررسی فوق نشان می‌دهد که روند استفاده از لاینر کف در کشور ما در مقایسه با دیگر کشورهای در حال توسعه روند مطلوبی نیست. دلیل اصلی این امر را می‌توان عدم وجود قوانین و مقررات ناظر بر عملکرد محل‌های دفن در کشور برشمرد.

۲-۳-۳-٤-۸- ضوابط موجود در دیگر کشورهای توسعه یافته

بسیاری از کشورهای توسعه یافته دارای استاندارد مختص خود جهت طراحی لاینر هستند. تعدادی از آن‌ها در شکل ۲-۲۰ نشان داده شده است.



شکل ۲-۲۰- حداقل الزامات کف محل دفن در کشورهای مختلف

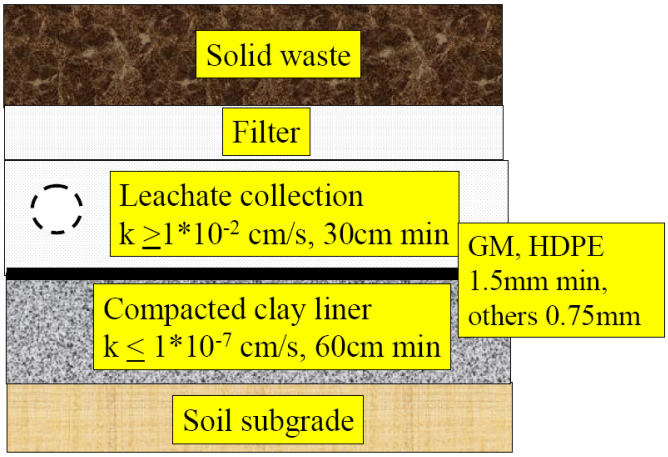
همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، استاندارد تمامی کشورهای اتحادیه اروپا وجود یک لایه رسی کوبیده شده را در ترکیب با یک لایه ژئوممبرین الزامی می‌دانند که منطبق با الزام دستورالعمل اتحادیه اروپا در طراحی لاینرها است. بر اساس شواهد موجود و تجربه‌ی سه دهه استفاده از ژئوممبرین در مکان‌های دفن پسماند، استفاده از GM بر روی CCL یا GCL میزان نرخ نشت را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد. شایان ذکر است که به دلیل ایجاد پارگی‌های احتمالی در ژئوممبرین (۳ تا ۷۵ سوراخ در هکتار بسته به کیفیت محصول و سطح عملیات کنترل و تضمین کیفیت اجرا)، استفاده از آن به عنوان لاینر تک توصیه نمی‌شود.

از آن‌جاکه استاندارد کشورهای مختلف در رابطه با ضخامت CCL تفات چشمگیری با یکدیگر دارد، توضیحاتی در این رابطه ارائه خواهد شد.

ضخامت یک لاینر باید به اندازه‌ای باشد تا یک لایه با نفوذپذیری کم تشکیل دهد. علیرغم آن‌که به‌صورت تئوری، یک لایه‌ی نازک با نفوذپذیری کم جهت کاهش نشت کافی است، ولی فاکتورهای دیگر نیز جهت تعیین ضخامت لاینر باید مورد توجه قرارگیرند. ضخامت لاینرهای رسی بیشتر وابسته به مسائل مربوط به ساخت و هم‌چنین خرابی ناشی از چرخه‌های ذوب و یخ و خشک شدن است. ترک‌های خشک و تخریب در اثر چرخه‌های ذوب و یخ سبب افزایش نفوذپذیری یک لاینر رسی متراکم شده می‌شود. بنابراین علیرغم اینکه یک لاینر رسی با ضخامت ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر برای فراهم آوردن پوششی با نفوذپذیری کم قابل قبول است، باید در اجرا از لاینری ضخیم‌تر به دلایل مذکور استفاده شود. بسیاری از مراجع طراحی لندفیل، در صورت استفاده از CCL به عنوان لاینر تک، میزان ۹۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر را توصیه می‌کنند.

در ادامه، استاندارد کشور ایالات متحده در رابطه با الزامات لاینر مورد بررسی دقیق‌تر قرار می‌گیرد.

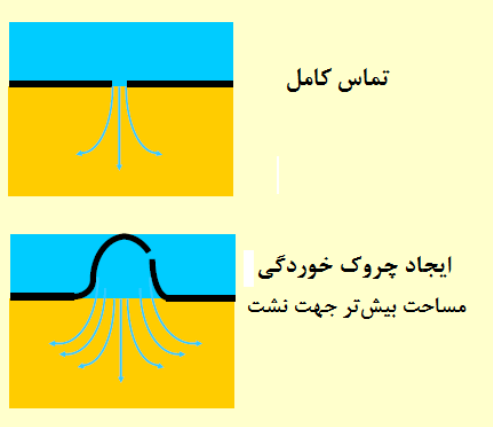
بر اساس شکل ۲-۲۱، قانون حفاظت و بازیافت منابع ایالات متحده (RCRA) استفاده از یک لاینر مرکب جهت پسماندهای غیر خطرناک را اجباری می‌داند. به عبارت دیگر، استفاده از CCL، GCL و یا ژئوممبرین به تنهایی (لاینر تک) قابل قبول نبوده و منجر به ایجاد نرخ‌های بالای نشت از درون لاینر می‌شود. لذا همیشه باید از یک لایه ژئوممبرین HDPE با ضخامت حداقل ۱/۵ میلی‌متر بر روی CCL استفاده شود، مگر اینکه با مدل‌سازی بتوان قابلیت یک لاینر تک در جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی در نقطه‌ی بحرانی اثبات شود. یکی از دلایل عدم توصیه به لاینر تک، ناتوانی GCL در جلوگیری از دیفیوژن ترکیبات غیر آلی از درون لاینر، پتانسیل بالای ترک‌خوردگی CCL و پتانسیل بالای پارگی در ژئوممبرین است که در صورت استفاده به تنهایی، عملکرد ایده‌آلی نخواهند داشت. در واقع، یکی از اهداف اصلی ژئوممبرین، جلوگیری از پدیده دیفیوژن ترکیبات غیر آلی (مانند یون کلراید) است.



شکل ۲-۲۱- حداقل‌های مورد نیاز جهت دفن پسماندهای غیر خطرناک طبق ضوابط RCRA

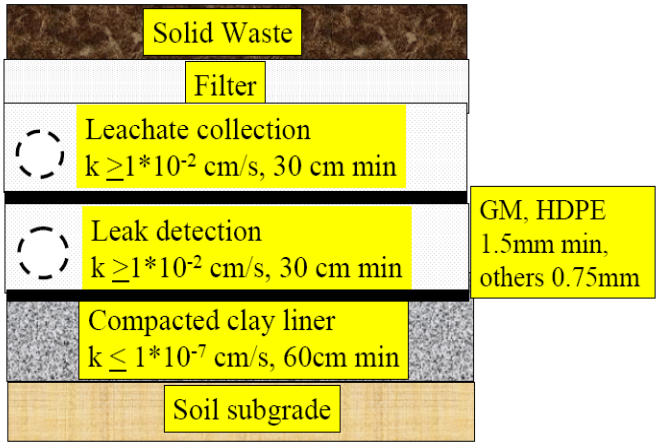
در صورت استفاده از GCL معادل به عنوان جایگزین CCL، ژئوممبرین بر روی GCL قرار می‌گیرد. نکته‌ی مهم در رابطه با استفاده از لاینرهای مرکب، اطمینان از وجود تماس کافی و تنگاتنگ[8] ژئوممبرین با CCL/GCL است.

شکل ۲-۲۲ تفاوت میزان نشت در حالت ژئوممبرین با تماس کافی با CCL و ژئوممبرین چروک‌خورده با مساحت حفره یکسان را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲۲- نشت به دلیل سوراخ در ژئوممبرین در دو حالت تماس کامل و چروک خوردگی ژئوممبرین

در حالتی که دفن پسماندهای خطرناک مد نظر است، EPA استفاده از یک لاینر دوگانه را اجباری می‌داند. در این حالت، لاینر اولیه (رویین) به عنوان لاینر اصلی عملکرده و نقش جمع‌آوری شیرابه و جلوگیری از نفوذ شیرابه به درون لاینر ثانویه را بر عهده دارد. لاینر ثانویه (زیرین) نیز نقش جمع‌آوری شیرابه نشتی احتمالی از لاینر اولیه را ایفا می‌کند.



شکل ۲-۲۳- حداقل‌های مورد نیاز جهت دفن پسماندهای خطرناک طبق ضوابط RCRA

[8] Intimate contact

شکل بالا تنها یک آرایش از چندین آرایش ممکن برای یک لاینر دوگانه است. به عنوان مثال، می‌توان از GCL به عنوان جایگزین CCL در لاینر ثانویه و یا به عنوان جایگزین ژئوممبرین و یا در ترکیب با آن در لاینر اولیه استفاده کرد. هم‌چنین می‌توان از یک لاینر دوگانه‌ی مرکب استفاده کرد؛ بدین ترتیب که در هر لایه از ترکیب ژئوممبرین و GCL استفاده شود. نکته حائز اهمیت این است که همیشه ژئوممبرین باید در روی GCL یا CCL قرار گیرد تا حتی الامکان از تماس شیرابه با لاینر رسی جلوگیری به عمل آورد. از آنجا که در لندفیل‌های پسماند خطرناک، شیرابه معمولا حاوی غلظت‌های بالایی از کاتیون‌های چندظرفیتی مختلف است، لذا احتمال افزایش قابل توجه در نفوذپذیری لاینر وجود خواهد داشت. از دیگر سو، اجرای CCL بر روی ژئوممبرین، احتمال پاره شدگی ژئوممبرین را شدیدا افزایش می‌دهد.

۲-۳-۳-۵- بررسی رفتار چروک خوردگی ژئوممبرین HDPE تحت اثر بار و وقوع پدیده ترک‌زایی تنشی- محیطی

یکی از پارامترهای موثر در عملکرد ژئوممبرین HDPE، پدیده ترکزایی تنشی یا شکست ترد (Stress Cracking) است. بیش از ۹۰٪ خرابی های مشاهده شده در محصول ژئوممبرین HDPE پس از نصب از وقوع این پدیده ناشی می‌شود. شکست ترد به معنای شکست و ترک خوردگی پلاستیک‌ها به علت ترک‌های کوچک ایجادشده ناشی از تنش‌های داخلی و خارجی اعمالی به آن‌ها در حضور مداوم محیط‌های فعال شیمیایی نظیر الکل‌ها، رنگ‌ها، حلال‌های پایه نفتی، آروماتیک‌ها، اترها و ... و نیز حضور دما می‌باشد. زمان لازم برای شکست ماده تحت تنش ثابت بستگی به عوامل زیادی از جمله مقدار تنش، درجه حرارت، نوع محیط مهاجم، هندسهٔ ماده مورد آزمایش، ساختار مولکولی و متغیرهای فرایندی دارد.

حضور مداوم محیط شیمیایی فعال برای رخ دادن پدیده فوق به جهت نفوذ در ساختار پلیمر و ایجاد شکست لزوماً شامل واکنش شیمیایی محیط فعال با پلاستیک نمی‌باشد بلکه نفوذ و نزدیک بودن پارامترهای حلالیت کافی است. محیط شیمیایی یا اصطلاحاً سیال مهاجم در ساختار پلیمر جهت ایجاد و تسریع این پدیده به علت حضور ترکیبی (همزمان) دما، تنش و تاثیر محیط اتفاق می‌افتد و مقاومت پلاستیک (ESCR پلیمر) در مقابل این شکست، مقاومت محیطی در مقابل ایجاد ترک یا اصطلاحاً ترکزایی ناشی از تنش نامیده می‌شود.

این گونه وانمود می‌شود که دما، تنش و تاثیر محیط شمیایی اثر ترکیبی هم افزایی داشته و ایجاد ترک‌های کوچک را تسریع می‌کنند. با این حال هنوز هم این پدیده به طور کامل شناخته شده نیست و این گونه به نظر می‌رسد عوامل شمیایی حاضر در محیط با پلاستیک (پلیمر) برهم‌کنش داشته و سرعت ایجاد حفره و ترک‌های کوچک در زنجیره‌های پلیمر افزایش می‌یابد. حفره‌های ایجادشده، در مقابل تنش افزایش یافته و بزرگ‌تر می‌شوند که در نهایت منجر به رشد و بزرگ‌تر شدن آن‌ها و ایجاد شکست در پلاستیک می‌گردد. از روزهای آغازین تجاری شدن پلی‌اتیلن، شکست ترد نقش مهمی در توسعه بازار و استفاده نهایی آن داشته است و به

عنوان پدیده عمومی در کلیه فرایندهای شکل دهی پلی اتیلن نظیر قالب‌گیری تزریقی، بادی، تولید ورق و ... کاربرد دارد.

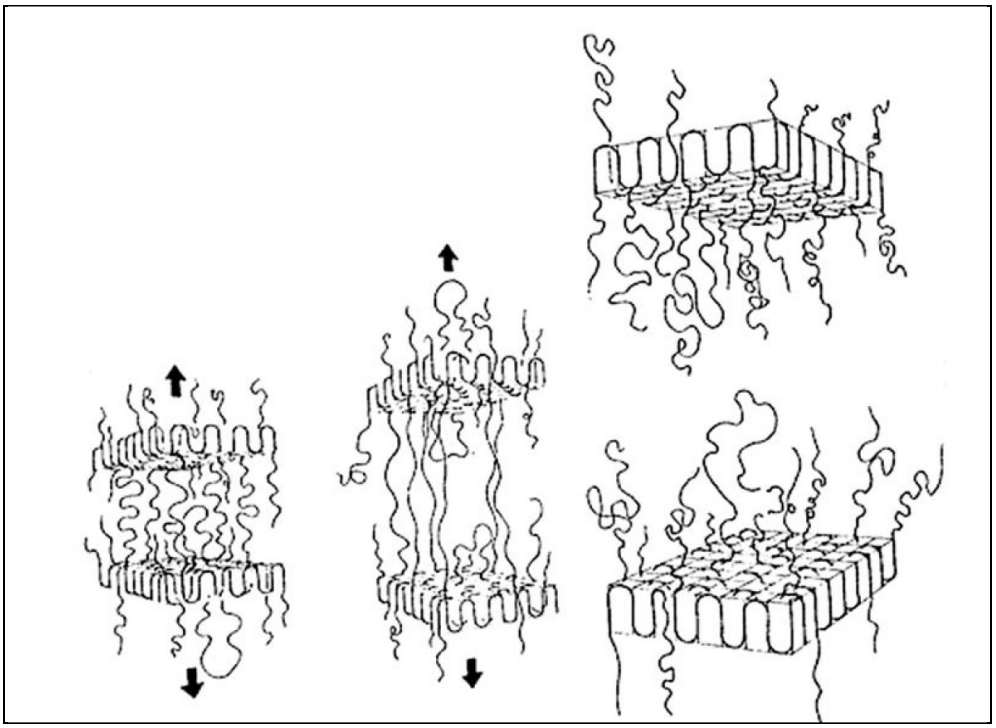
شکست ترد در پلیمرها مشابهت زیادی به پدیده خوردگی در فلزات داشته که فرایند مشابهی برای فلزات تحت تنش و حضور محیط شمیایی رقم می‌زند.

اصولاً شکست ترد در پلیمرهای بی‌شکل (آمورف) نظیر PVC، ABC و یا پلیمرهای نیمه بلورین نظیر PE و PP اتفاق می‌افتد. پلیمرهای آمورف به علت ساختار ضعیف و قابل نفوذ در برابر سیال مهاجم تمایل بیشتری در این نوع شکست از خود نشان می‌دهد؛ اما باید توجه داشت که مستقل از دیگر عوامل محیطی حضور تنش در محیط خود به تنهایی باعث ایجاد شکست ترد خواهد شد.

به منظور تشریح پدیده شکست ترد در مقیاس مولکولی فرآیند جدایش مولکولی در نواحی بلوری و مولکول‌های ارتباط دهنده (Tie) در پلیمر به طور شماتیک در ذیل آورده شده است. در حین تشریح پدیده شکست آشنایی با ساختارهای بلوری و غیر بلوری مهم خواهد بود. سه نوع زنجیره در ساختارهای بلوری و نیمه بلوری وجود دارند:

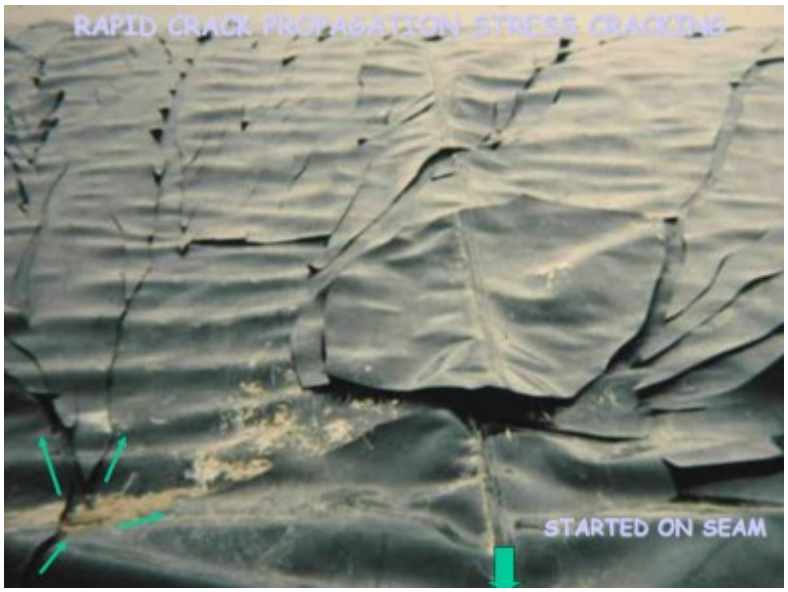
- زنجیرهایی که از انتهای نواحی بلوری شده معلق هستند.
- زنجیرهایی که از ابتدای یک ناحیه بلوری شروع شده و و انتهای همان ناحیه بلوری ختم می‌شوند.
- زنجیرهایی که از ابتدای یک ناحیه بلوری شروع شده و به انتهای ناحیه بلوری دیگر ختم می‌گردند (مولکولهای متصل کننده یا Tie).

هنگامی که تنش به پلیمر اعمال می‌گردد، زنجیره اتصال دهنده متناسباً تحت تنش قرار می‌گیرد. در صورتیکه بار به صورت ثابت وارد شود زنجیره اتصال دهنده کش آمده و پاره می‌شود. این باعث می‌شود که فضای قابل توجه و بدون اتصالی بین دو بلور مجاور به وجود آمده و با توسعه این فضا به مرور ترک ایجاد می‌گردد.



شکل ۲-۲۴- نمایی از مکانیزم وقوع پدیده ترک‌زایی تنشی

باید توجه داشت که پدیده ترکزایی تنشی در صورت وقوع متوقف نمی‌ماند و این ترک‌ها به مرور گسترش یافته و تمامی عرصه ژئوممبرین پهن‌شده را می‌پوشانند (شکل ۲-۲۵).



شکل ۲-۲۵- تصویری از وقوع پدیده ترک‌زایی تنشی

بر اساس همین امر است که توصیه اکید دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های مختلف نصب ژئوممبرین HDPE در حالت عاری از تنش است.

برای سنجش مقاومت ژئوممبرین در برابر ترکزایی تنشی، از آزمایش NCTL استفاده می‌شود. در این آزمایش یک نمونه دمبلی از محصول تهیه شده و در روی آن شکافی بوجود می‌آید. سپس به نمونه وزنه‌ای با مقدار محاسبه شده آویزان کرده و آن را درمای بالا در یک محلول خورنده قرار می‌دهند. بر اساس استانداردهای موجود محصول می‌باید حداقل ۵۰۰ ساعت در برابر گسیختگی مقاومت نماید.

۲-٤- مدل IWEM

۲-٤-۱- مقدمه

IWEM یا مدل ارزیابی مدیریت پسماند صنعتی (برای پسماندهای صنعتی غیر خطرناک به کار برده می‌شود)، یک مدل آب زیرزمینی است که در مرحلهٔ غربالگری استفاده شده و برای شبیه‌سازی انتقال آلاینده طراحی شده است. این مدل توسط ادارهٔ حفاظت و بازیابی منابع آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده (US EPA (ORCR) اولین بار در سال ۲۰۰۲ ارائه شد و از آن تاریخ چندین بار تغییر داده و بازبینی شده است. در نسخه‌های قبلی IWEM دو سطح آنالیز غربالگری تعریف شده بود (سطح ۱ و سطح ۲). در سطح ۱ آنالیزها توزیع شرایط سایت و واحدهای مدیریت پسماند در سطح ملی را منعکس می‌کردند و در سطح ۲ با استفاده پارامترهای مشخصهٔ هر سایت، تجزیه و تحلیل‌های احتمالاتی انجام می‌شدند. در IWEM 3 سطح ۱ حذف شد و فقط آنالیزهای سطح ۲ در حال حاضر در نرم افزار وجود دارند و رویکرد قبلی در استفاده از سطح‌ها حذف شده است.

۲-٤-۲- توصیف مدل

برای استفاده از این مدل کاربر باید پارامترهای مربوط به محل را برای تعیین ویژگی‌های منبع آلاینده و شرایط اقلیمی و هیدرولوژیکی به مدل معرفی کند. بر اساس این ورودی‌ها مدل از روش مونت‌کارلو برای شبیه‌سازی انتقال و سرنوشت آلاینده استفاده کرده و غلظت آلاینده‌ها را در یک چاه آب در پایین دست آلودگی براورد می‌کند.

آخرین نسخهٔ IWEM نسخهٔ ۳,۱ است و شش ماژول دارد که برای ارزیابی پتانسیل تأثیر فعالیت‌های مدیریت پسماند صنعتی بر منابع آب زیرزمینی استفاده می‌شوند:

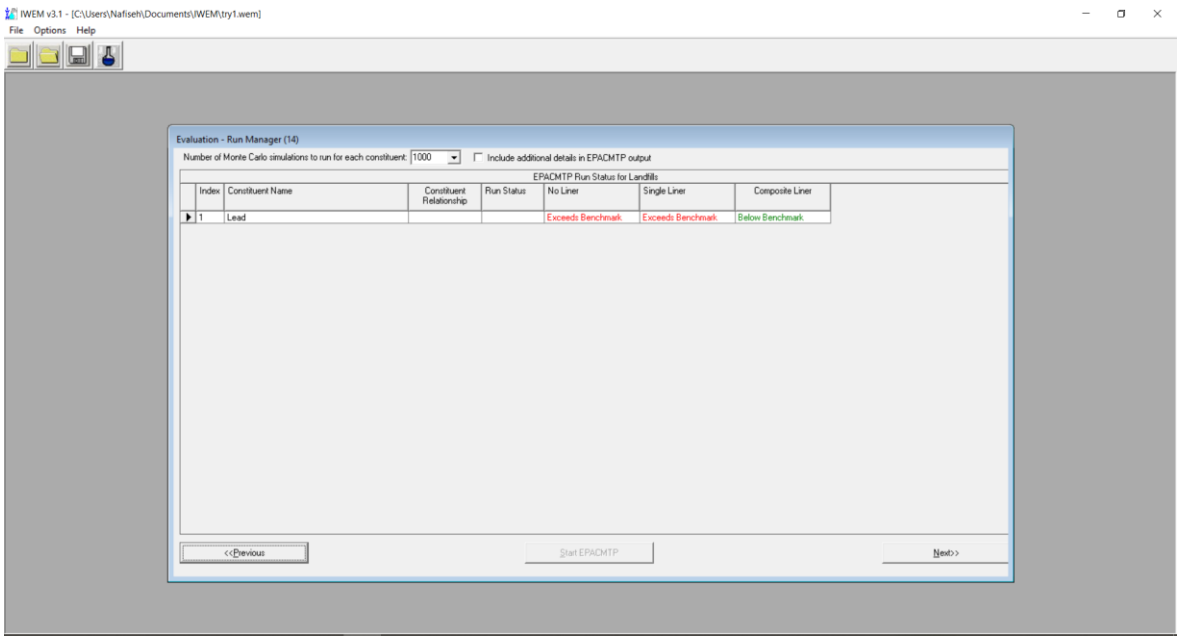
- ماژول‌های واحد مدیریت پسماند (WMU) (محل دفن، واحد استفاده از پسماند در زمین (برای کشاورزی یا تصفیهٔ پسماند)، حوضچه‌های سطحی ذخیرهٔ پسماند مایع ، و محل ذخیرهٔ موقت یا پالایش پسماند)
- ماژول‌های استفادهٔ سودمند از پسماند (Beneficial Use) (استفاده در جاده و سازه)

ماژول‌های WMU برای تعیین مناسب‌ترین طرح لاینر که اثرات محل مدیریت پسماند بر آب زیرزمینی را به حداقل می‌رساند استفاده می‌شود و ماژول‌های Beneficial use مناسب بودن استفادهٔ مجدد از محصولات جانبی صنعتی در ساخت جاده‌ها و استفاده از آن‌ها به عنوان پرکننده را ارزیابی می‌کنند.

در مورد محل دفن، این نرم‌افزار کمک می‌کند که میزان محافظت آب زیرزمینی با استفاده از سیستم‌های لاینر مختلف را برای یک محل دفن با هم مقایسه کرد. این نرم‌افزار از شرایط هیدرولوژیکی، مشخصات منبع آلاینده و غلظت شیرابه به عنوان ورودی استفاده می‌کند. لازم است مجدداً یادآوری شود که این نرم‌افزار به منظور استفاده در مورد پسماندهای غیرخطرناک طراحی شده است. خروجی این نرم‌افزار برای محل دفن پسماندهای صنعتی، پیشنهاد یکی از این سه حالت است:

- عدم نیاز به لاینر
- لاینر تک
- لاینر مرکب

برای مثال تصویر زیر یک خروجی از مدل IWEM برای یک محل دفن فرضی را نشان می‌دهد که آلایندهٔ عمده در شیرابهٔ آن سرب و با غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر بوده است و استاندارد مرجع برای تصمیم گیری (قانون آب آشامیدنی ایمن) حداکثر غلظت مجاز سرب را ۰٫۰۱۵ میلی‌گرم بر لیتر تعیین کرده است. با تعریف شرایط فرضی برای سفرهٔ آب زیرزمینی و جنس لایهٔ خاک زیر محل دفن، نتایج خروجی برای این مدلسازی در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۲-۲۶- نمونه خروجی مدلسازی مدل IWEM

تعاریف لاینرهای پیشنهادی مطابق تعریفی است که سازمان محیط‌زیست ایالات متحده ارائه می‌کند. بنابراین استفاده از مدل IWEM تنها در شرایطی ممکن است، که از استانداردهای لاینر ارائه شده توسط US EPA استفاده شود. همچنین در تعریف شرایط اقلیمی، این مدل فهرستی از شهرهای آمریکا دارد که کاربر می‌تواند شهری را که به محل مورد نظر نزدیکتر است انتخاب کند تا داده‌های هواشناسی این شهر در مدلسازی استفاده شود. طبیعتاً تنها شهرهای ایالات متحده در این فهرست وجود دارند.

IWEM از مدل EPACMTP در یک حالت احتمالاتی (مونت کارلو) استفاده می‌کند تا توزیع احتمال غلظت آلاینده را تعیین کند که نشان دهندهٔ پراکندگی پارامترهای مختلف مدلسازی، برای مثال تغییرات نرخ بارندگی در ایالات متحده است. IWEM از صدک ۹۰م غلظت تماس استفاده می‌کند تا غلظت آلاینده در یک چاه برای یک غلظت مشخص آن آلاینده در شیرابه را، برآورد کند. صدک ۹۰م غلظت تماس از طریق ران کردن EPACMTP در مود مونت‌کارلو برای ۱۰۰۰۰ بار به دست می‌آید.

EPACMTP انتقال و سرنوشت آلاینده‌ها در هر دو ناحیهٔ اشباع و غیراشباع را در شرایط پایا شبیه‌سازی می کند. شیرابهٔ تولید شده در واحد مدیریت پسماند در اثر تراوش بارندگی که به درون پسماند نشت می‌کند وارد خاک شده و به صورت عمودی حرکت می‌کند تا به سفرهٔ آب برسد. بعد از ورود شیرابه به ناحیهٔ اشباع، با آب زیرزمینی مخلوط شده و در جهت حرکت آب زیرزمینی گسترش می‌یابد. EPACMTP رقیق‌شدن آلاینده در اثر مخلوط شدن شیرابه با آب را لحاظ می‌کند. همچنین کم شدن شدت آلاینده به دلیل جذب آلاینده به خاک و جامدات آبخوان و نیز فرآیندهای تجزیهٔ بیوشیمیایی را در ناحیهٔ اشباع و غیر اشباع لحاظ می‌کند. این فرآیندها غلظت آلاینده در آب زیرزمینی را به صورت تابعی از زمان کاهش می‌دهند.

در مورد آلاینده‌های آلی EPACMTP جذب آلاینده توسط مادهٔ آلی موجود در خاک یا آبخوان را، بر اساس ضرایب تقسیم آلاینده-کربن آلی (Koc) و نیز درصد کربن آلی خاک و آبخوان که در داده‌های مشخصهٔ سایت وارد شده است، مدل می‌کند. در مورد آلاینده‌های فلزی واکنش‌های ژئوشیمیایی پیچیده‌تری با استفاده از ایزوترم‌های جذب در شرایط مختلف ژئوشیمیایی آبخوان که با استفاده از مدل MINTEQA2 تولید می‌شود، در نظر گرفته می‌شود.

به صورت پیش فرض EPACMTP تنها تغییر شکل آلاینده‌ها در اثر هیدرولیز را در نظر می‌گیرد. منظور از هیدرولیز تجزیهٔ آلاینده در اثر واکنش‌های شیمیایی با آب است. با این حال می‌توان نرخ واکنش‌های تجزیهٔ زیستی در سایت را نیز به مدل وارد کرد. EPACMTP همهٔ فرآندهای تغییر آلاینده‌ها را به صورت واکنش‌های مرتبهٔ اول، یعنی به صورت فرآیندهایی که با نیمه عمر مشخص می‌شوند شبیه‌سازی می‌کند. این مدل هیدرولیز آلاینده‌ها به محصولات جانبی سمی را لحاظ می‌کند. در این حالت نتایج نهایی IWEM هم برای آلایندهٔ اصلی و هم برای محصول/محصولات جانبی سمی تولید شده ارائه می‌شود.

خروجی IWEM پیشنهاد لاینری که با توجه به غلظت شیرابه و شرایط مشخص شده در داده‌های ورودی از سلامت انسان و محیط زیست حفاظت می‌کند، و یا مناسب بودن استفادهٔ مجدد از مواد و پسماندهای صنعتی در ساخت جاده یا به عنوان پرکننده را ارزیابی می‌کند. این مدل غلظت آلاینده در آب زیرزمینی در یک چاه آب را بر اساس غلظت اولیهٔ آلاینده در شیرابه که توسط کاربر تعریف شده است براورد می‌کند و با استانداردی که خود کاربر انتخاب می‌کند مقایسه می‌کند. این آنالیز برای سه حالت (بدون نیاز به لاینر، لاینر تک و لاینر کامپوزیت) انجام می‌شود. در صورتی که غلظت به دست آمده از حد استاندارد آلاینده کمتر باشد، حالت مدل شده به عنوان لاینر با محافظت کافی پیشنهاد می‌شود. در مورد Land application unit فقط حالت بدون لاینر بررسی می‌شود زیرا استفاده از لاینر در این واحدها معمول نیست.

بانک اطلاعاتی این مدل ویژگی‌های انتقال بیش از ۲۰۰ آلاینده را در خود دارد. در صورتی که اطلاعاتی از این ویژگی‌ها (مثل Kd) در دست نیست می‌توان از داده‌های خود مدل برای آلایندهٔ مد نظر استفاده کرد. همچنین در صورتی که در مورد شرایط سایت داده‌های کافی در دست نیست امکان استفاده از براوردهای خود مدل وجود دارد.

۲-٤-۳- محدودیت‌های مدل

از آنجا که IWEM از EPACMTP استفاده می‌کند، قدرت آن تابع این مدل است. EPACMTP برای سیستم‌های نسبتاً سادهٔ آب زیرزمینی طراحی شده است. وقتی شرایط هیدروژئولوژی سایت پیچیده باشد IWEM توان مدلسازی محل را نخواهد داشت. برای مثال در شرایطی که سفره ناهمگن است، دارای سنگ بستر ترک‌خورده است یا سفرهٔ تحت فشار بالا در محل وجود دارد استفاده از IWEM پیشنهاد نمی‌شود. IWEM برای استفاده در شرایط پایا طراحی شده و اگر سطح آب زیرزمینی در معرض تغییرات فصلی وجود دارد استفاده از این مدل مناسب نیست. همچنین در شرایطی که نرخ تغذیهٔ آبخوان متغیر است برای مثال در شرایطی که منابع آب سطحی مثل رودخانه، دریاچه یا برکه وجود دارند و/یا تغذیهٔ مصنوعی آبخوان در نزدیکی محل مورد نظر انجام می‌شود، IWEM مدل مناسبی نیست. EPACMTP حضور منابع مصرف یا تغذیهٔ آب زیرزمینی مثل پمپ یا چاه تزریق را نیز لحاظ نمی‌کند. محدودیت‌های دیگری هم برای مدل وجود دارد که به بخشی از آن‌ها در توضیح مدل EPACMTP اشاره شد. سایر مواردی که توسط مدل لحاظ نمی شوند محدودیت‌های این مدل هستند.

۲-۵- الزامات مربوط به طراحی لایه زهکش

لایهٔ زهکش مستقیماً روی لاینر یا لایهٔ محافظ و با شیبی حداقل معادل دو درصد (برابر با شیب مورد نیاز برای لاینر کامپوزیت) قرار می‌گیرد. انتخاب مواد زهکش اغلب بر اساس در دسترس بودن مواد محلی انجام می‌شود.

در برخی موارد هزینه‌های حمل و نقل ممکن است بالا باشد و یا مواد مناسب در دسترس نباشند. بنابراین طراح ممکن است استفاده از شبکه‌های زهکش ژئوسینتتیک (ژئونت) یا سایر مواد مصنوعی زهکش را به عنوان یک گزینه انتخاب کند. استفاده از ژئونت‌ها به عنوان جایگزین مواد دانه‌ای در دیواره‌های جانبی با شیب تند بسیار معمول است.

۲-۵-۱- انواع زهکش

۲-۵-۱-۱- لایه‌های زهکش خاکی

اگر لایهٔ زهکش سیستم جمع‌آوری شیرابه از مواد خاکی دانه‌ای ساخته می‌شود بایستی نشان داده شود که این مواد توانایی انتقال بارهای وارده را دارند. این اثبات کفایت بایستی مشابه فرآیند مورد نیاز برای لاینر خاکی و فونداسیون باشد.

اگر واحد دفن روی شیب‌های متوسط تا تند (۱۵ درصد) طراحی می شود، طرح محل دفن بایستی شامل محاسباتی باشد که نشان می‌دهند مواد زهکش دانه‌ای انتخاب شده در بحرانی‌ترین شیب‌ها (به طور معمول تیزترین شیب) پایدار خواهند بود. محاسبات و فرضیات بایستی نشان داده شوند، به خصوص زاویهٔ اصطکاک بین ژئوممبرین و خاک، و در صورت امکان تست‌های آزمایشگاهی و/یا میدانی نیز ارائه شوند.

به طور کلی می‌توان انتظار داشت خاک‌های شنی با طبقه‌بندی GP و GW در سیستم طبقه‌بندی یونیفاید هدایت هیدرولیکی بیشتر از ۰٫۰۱ cm/s داشته باشند. در طراحی لایهٔ زهکش به طور معمول از موادی با هدایت هیدرولیکی ۰/۰۱ cm/s یا بالاتر استفاده می‌شود. موادی با این محدوده از هدایت هیدرولیکی باید برای گرفتگی بیولوژیکی و فیزیکی ارزیابی شوند. در صورتی که از ژئونت استفاده می‌شود طراحی بر اساس قابلیت گذردهی[9] ژئونت انجام می‌شود.

اگر یک لایهٔ فیلتر (خاک یا ژئوسینتتیک) به منظور محافظت از گرفتگی، روی لایهٔ زهکش ساخته می‌شود، و سیستم جمع‌آوری شیرابه به منظور جلوگیری از تغییرات قابل توجه در پتانسیل اکسایش-کاهش شیرابه (و در نتیجه اجتناب از تشکیل رسوب در سیستم جمع‌آوری شیرابه) طراحی و اجرا می‌شود، هیچ مبنای مفهومی برای پیش‌بینی اینکه قابلیت هدایت در طول زمان کاهش پیدا خواهد کرد وجود ندارد. زمانی که انتظار می‌رود قابلیت هدایت در طول زمان کاهش یابد، تغییرات نرخ ورود شیرابه نیز بایستی کنترل شود زیرا ممکن است با کاهش هدایت هیدرولیکی نرخ تولید شیرابه نیز کاهش یافته و همچنان معیار حداکثر هد ۳۰ سانتیمتر برآورده شود. اگر برای کنترل بارش‌های ناگهانی و رواناب ایجادشده تدبیری اندیشه شده باشد، نرخ تولید شیرابه در طول دورهٔ راهبری واحد دفن معمولاً حداقل یک مرتبهٔ لگاریتمی بزرگتر از نرخ تولید شیرابه بعد از بسته شدن

9 Transmissivity

نهایی است. بنابراین انتظار می‌رود شرایط طراحی بحرانی برای برآورده کردن حداکثر هد ۳۰ سانتیمتر در طول عمر عملیاتی محل دفن باشد.

۲-۵-۱-۲- ژئونت

شبکه‌های زهکش ژئوسینتتیک (ژئونت) را می‌توان جایگزین مواد زهکش دانه‌ای در کف و دیواره‌های سلول‌های دفن کرد. ژئونت‌ها نسبت به لوله‌های سوراخ‌دار یا شن به فضای کمتری نیاز دارند و همچنین انتقال سریع مایعات را بهبود می‌دهند. اما بایستی از فیلترهای ژئوتکستایل در روی آن‌ها استفاده شده و ممکن است مشکلاتی در رابطه با خزش و نفوذ[10] داشته باشند. قابلیت انتقال ژئونت در اثر نفوذ خاک یا ژئوتکستایل در آن می‌تواند به مقدار قابل توجهی کاهش پیدا کند. استفاده از یک لایه ژئوتکستایل محافظ بین خاک و ژئونت به کاهش این مشکل کمک می‌کند. در صورتی که تست‌های آزمایشگاهی برای قابلیت عبوردهی انجام می شوند، بایستی تحت شرایط و بارهای واردهٔ مشابه با شرایط میدانی انجام شوند. همچنین بایستی از ضرایب اطمینان مناسب استفاده شود.

در حالت کلی ژئونت‌ها عملکرد خوب و ضریب ایمنی بالایی دارند مگر اینکه خزش اتفاق بیفتد یا مواد دیگر در آن نفوذ کنند. برای ژئونت‌ها بحرانی‌ترین مشخصه، قابلیت عبوردهی شیرابه‌ی تولیدشده است. همچنین بایستی یک حداقل انتقال تحت بارهای مورد انتظار در زمان ساخت محل دفن (دینامیکی) و بعد از اتمام عملیات (استاتیکی) در نظر گرفته شود. مشخصات مربوط به ضخامت و نوع مواد بایستی در طرح‌ها یا بخش تعیین مشخصات مواد ذکر شده و مطابق با محاسبات طراحی باشند.

به دلیل راحتی نصب معمولاً از ژئونت‌ها در دیواره‌های محل دفن استفاده می‌شود. انتهای بالایی ژئونت‌ها باید در یک ترانشهٔ مهار شود و قوی‌ترین بعد طولی در امتداد شیب قرار بگیرد. ژئونت‌ها بایستی بدون کشیده شدن و به صورت آزاد قرار بگیرند و فقط تحت کشش بار وزن خود را قرار داشته باشند. همهٔ ژئونت‌ها بایستی با یک لایه فیلتر یا ژئوتکستایل و به منظور جلوگیری از گرفتگی، محافظت شوند.

ضرایب اصطکاک برای جلوگیری از لغزش ژئوتکستایل‌ها، ژئونت‌ها، و ژئوممبرین‌ها اغلب با استفاده از اطلاعات ارائه شده توسط تولیدکننده برآورد می‌شود. با این حال مهم است که طراح تست‌های واقعی را با استفاده از مواد محلی انجام داده و محاسبات پایداری در برابر لغزش به طور دقیق با شرایط سایت و ویژگی‌های مواد محل تطبیق داشته باشند.

[10] Intrusion

۲-۵-۲- خصوصیات زهکش‌های خاکی

مصالح زهکش معمولاً از ماسه و شن تشکیل می‌شوند. بسته به نوع منبع برداشت جنس این مواد متفاوت است. در صورتی که جنس شن و ماسه کوارتز باشد، یک کانی پایدار است و معمولاً در تماس با شیرابه دچار تخریب و انحلال یا سایر واکنش‌ها نخواهد شد. در صورتی که شن و ماسهٔ رودخانه‌ای موجود نباشند، شن و ماسه از شکستن سنگ‌ها تولید می‌شوند. معمول‌ترین سنگی که در تولید مواد دانه‌ای شکسته استفاده می‌شود سنگ آهک و دولومیت است. با این حال سایر سنگ‌ها مثل بازالت نیز، در صورتی که سنگ معمول در منطقه باشند، استفاده می‌شوند.

مواد خاکی استفاده شده برای لایهٔ زهکش باید در منبع قرضه و پس از جای‌گذاری بررسی شوند. هدایت هیدرولیکی آزمایشگاهی و دانه‌بندی این مواد باید تعیین شود. اگر بین داده‌های به دست آمده از توزیع اندازهٔ دانه‌های منبع قرضه و هدایت هیدرولیکی همبستگی وجود داشته باشد، آنگاه می‌توان از دانه‌بندی (که به صورت میدانی و در بازهٔ زمانی کوتاه قابل انجام است) به عنوان پارامتر مناسبی برای کنترل کیفیت استفاده کرد. اگر نمی‌توان بین هدایت هیدرولیکی و توزیع اندازهٔ دانه‌ها همبستگی ایجاد کرد، بایستی مستنداتِ ساخت بر اساس اندازه‌گیری‌های مستقیم میدانی یا آزمایشگاهی تنظیم شوند که نشان می‌دهند هدایت هیدورلیکی در لایهٔ زهکش برآورده می‌شود. همچنین در صورتی که این نگرانی وجود دارند که مواد استفاده شده حاوی مقادیر بالایی کربنات کلسیم باشند، تست درصد کربنات کلسیم مواد دانه‌ای مورد استفاده باید انجام شود.

جدول ۲-۹- آزمایش‌ها و تناوب توصیه‌شده برای مصالح زهکش

موقعیت نمونه	نوع تست	حداقل تناوب
منبع قرضه	Grain size (ASTM D6913)	1 per 2,000 m^3
	Hydraulic conductivity (ASTM D2434)	1 per 2,000 m^3
	Carbonate content[a] (ASTM D4373)	1 per 2,000 m^3
در محل پس از جای‌گذاری و تراکم	Grain size (ASTM D6913)	1 per hectare for drainage layers; 1 per 500 m^3 for other uses
	Hydraulic conductivity (ASTM D2434)	1 per 3 hectares for drainage layers; 1 per 1,500 m^3 for other uses
	Carbonate content[a] (ASTM D4373)	1 per 2,000 m^3

۲-۵-۳- دانه‌بندی مصالح زهکش

هدایت هیدرولیکی مواد زهکش عمدتاً به اندازهٔ ریزترین ذرات آن بستگی دارد. یکی از معادلاتی که گاهی برای تخمین هدایت هیدرولیکی مواد دانه‌ای استفاده می‌شود رابطهٔ هیزن[۱۱] است:

$$k = (D_{10})^2$$

در این رابطه k هدایت هیدرولیکی (cm/s) و D_{10} قطر (mm) سنگدانهٔ معادلیست که ۱۰ درصد ذرات خاک (درصد وزنی) از آن ریزتر است. روش مورد استفاده برای تعیین هدایت هیدرولیکی در آزمایشگاه نیز عبارت است از ASTM D2434.

حداقل مقدار هدایت هیدرولیکی برای جلوگیری از گرفتگی لایهٔ زهکش بسته به هر پروژه متفاوت است اما معمولاً در بازهٔ ۰/۰۱ تا ۱ سانتیمتر بر ثانیه در نظر گرفته می‌شود. از روش ASTM D2434 نیز برای اندازه گیری هدایت هیدرولیکی استفاده می‌شود.

۲-۵-٤- طراحی لایه زهکش

هدایت هیدرولیکی لایهٔ زهکش باید حداقل برابر ۱×۱۰^{-۲} سانتی‌متر بر ثانیه باشد تا جریان شیرابه به‌راحتی برقرار شود. حداقل ضخامت این لایه نیز ۳۰ سانتی‌متر تعیین شده است. دیگر معیارهای لایهٔ زهکش شنی در سیستم جمع‌آوری شیرابهٔ اولیه عبارتند از:

- شیب بزرگ‌تر یا مساوی ۲ درصد؛
- باید شامل سیستم لوله‌های سوراخدار برای حذف شیرابه باشد؛
- باید شامل فیلتر خاکی در بالای لایه‌ی زهکش باشد و
- باید کف و دیواره‌های محل دفن را نیز پوشش دهد.

بخشنامهٔ لندفیل اتحادیهٔ اروپا ذکر می‌کند که لندفیل خطرناک و غیر خطرناک هر دو نیاز به نصب یک لایهٔ زهکش با ضخامت بیشتر یا برابر با ۰/۵ متر دارند. در مورد لندفیل‌های پسماند خنثی تعیین الزامات کلی بر عهدهٔ کشورهای عضو قرار داده شده است.

آژانس همکاری‌های فنی آلمان (GTZ) برای کشورهای درحال توسعه پیشنهاد می‌کند که سیستم لاینر تنها زمانی کارامد است که سطح لاینر شیب کافی (برابر با یا بیشتر از ۳ درصد) داشته و یک لایهٔ زهکش با ضخامت ۳۰ سانتیمتر از شن درشت (قطر دانه‌ها برابر با ۲۰ تا ۵۰ میلیمتر و نه ریزتر) اجرا شود. همچنین پیشنهاد می‌کند که برای کشورهای در حال توسعه که ممکن است ژئوتکستایل کمتری در آن‌ها تولید شود یا به راحتی و با قیمت مناسب در دسترس نباشد، می‌توان از مواد محلی در دسترس مثل حصیرهای بافته شده با بامبو یا جوت (کنف هندی) با جای ژئوتکستایل استفاده کرد. این مواد اگر چه دوام ژئوتکستایل را ندارند اما در برخی

[۱۱] Hazen

مناطق جایگزینی ارزان و در دسترس برای ژئوتکستایل محسوب می‌شوند. لازم است دقت شود که این لایه‌های محافظ بسیار ضروری بوده و از طرفی در برابر فرسایش نیز محافظت خوبی دارند. اگر لاینر خاکی با چنین لایهٔ محافظی پوشانده نشود، مواد ریزدانه شسته شده و به درون سیستم زهکش نفوذ کرده و از همان ابتدا باعث انسداد سیستم می‌شوند.

در اغلب قریب به اتفاق سیستم‌های جمع‌آوری شیرابهٔ اولیه، از خاک طبیعی برای فیلتر استفاده می‌شود. البته در رابطه با نگه داشتن لایهٔ شنی و ماسه‌ای در شیب‌های کناری خاکچال، به هنگام استفاده از ژئوممبرین‌های با اصطکاک کم به‌عنوان لاینر اولیه، مشکلاتی وجود دارد. استفاده از شیب‌های کم در دیوارهٔ خاکچال، استفاده از ژئوممبرین‌های زبر، مسلح کردن سیستم جمع‌آوری شیرابه به یک لایهٔ ژئوگرید یا ژئوتکستایل و استفاده از یک ورق زهکش ژئوکمپوزیت یا ژئونت در شیب‌های کناری به‌عنوان سیستم جمع‌آوری شیرابهٔ اولیه از راهکارهای مقابله با مشکلات مذکور است.

ژئوکمپوزیت‌ها با اتصال ژئوتکستایل به یک یا هر دو طرف یک لایهٔ ژئونت ساخته می‌شوند. ژئونت‌ها محصولات مصنوعی هستند که از روی‌هم‌گذاری شبکه‌ای از نوارهای پلیمری (که با زاویه‌ی دقیقی نسبت به یکدیگر قرار داده می‌شوند) تولید خواهند شد. ژئونت‌ها دوصفحه‌ای (دارای دو لایهٔ نوارهای قرار گرفته روی هم) یا سه‌صفحه‌ای (دارای سه لایهٔ نوارهای قرار گرفته روی هم) هستند. هدایت هیدرولیکی درون صفحه‌ای ژئونت‌ها با استفاده از ASTM D4716 به‌دست می‌آید. نرخ جریان از درون ژئونت به فشار وارده بر آن بستگی دارد. نرخ جریان مجاز ژئونت‌ها باید برای هر سایت محاسبه شود.

نرخ جریان به دست آمده در آزمایشگاه را باید با استفاده از رابطهٔ زیر کاهش داد تا نرخ جریان سایت به دست آید:

$$q_{allow} = q_{ult} / (RF_{IN} \times RF_{CR} \times RF_{CC} \times RF_{BC})$$

در این رابطه:

q_{allow}= نرخ جریان مجاز برای طراحی نهایی؛

q_{ult}=نرخ جریان به دست آمده از ASTM D4716؛

RF_{IN}=ضریب کاهش، برای تغییر شکل الاستیک یا نفوذ مواد ژئوسینتیک مجاور به درون فضای مرکزی ژئونت؛

RF_{CR}= ضریب کاهش،جهت تغییر شکل ناشی از خزش ژئونت و مواد ژئوسینتیک مجاور به درون فضای مرکزی ژئونت؛

RF_{CC}= ضریب کاهش، برای انسداد شیمیایی و یا رسوب مواد شیمیایی در فضای مرکزی ژئونت و

RF_{BC}= ضریب کاهش، برای انسداد بیولوژیکی در فضای مرکزی ژئونت.

شاخص‌های ذکر شده در بالا، در موارد مختلف، متفاوت خواهند بود. مقادیری که در طراحی محل دفن می توان از آنها استفاده کرد در جدول ۲-۱۰ آورده شده‌اند. نرخ جریان مجاز را باید ۲ تا ۳ برابر کاهش داد تا نرخ جریان قابل دستیابی در سایت به وسیلهٔ ژئوکمپوزیت به دست آید. نرخ تولید شیرابه بر حسب حجم بر واحد زمان بیان می‌شود. هنگامی که از سلول‌های مستطیلی برای دفن استفاده می‌شود، نرخ جریان شیرابه باید بر حداکثر فاصلهٔ افقی، عمود بر لوله‌ی جمع‌آوری شیرابه تقسیم شود تا میزان شیرابه‌ای که به وسیلهٔ واحد طول لوله جمع‌آوری می‌شود، به دست آید. این میزان باید کمتر یا مساوی نرخ جریان قابل دستیابی به وسیلهٔ ژئوکمپوزیت باشد.

جدول ۲-۱۰- ضرایب کاهش توصیه شده برای تعیین نرخ جریان مجاز ژئونت‌های دوصفحه‌ای

کاربرد	ضریب کاهش			
	RF_{IN}	RF_{CR}	RF_{CC}	RF_{BC}
پتوهای زهکش	۱/۳-۱/۵	۱/۲-۱/۴	۱/۲-۱	۱/۲-۱
زهکش‌های آب سطحی	۱/۳-۱/۵	۱/۱-۱/۴	۱/۲-۱	۱/۲-۱/۵
لایهٔ زهکش اولیه	۱/۵-۲	۱/۴-۲	۱/۵-۲	۱/۵-۲
لایهٔ زهکش ثانویه	۱/۵-۲	۱/۴-۲	۱/۵-۲	۱/۵-۲

۲-۵-۵- روش‌شناسی تعیین مقدار شیرابه تولیدی با استفاده از نرم افزارHELP

۲-۵-۵-۱- شیرابه و انواع آن

پسماندهای واردشونده به درون راکتور محل دفن که در نهایت دچار تغییرات بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی می‌شوند، در زمرهٔ عوامل حاضر در یک محل دفن هستند که شیرابه به نوعی در اندرکنش با این مواد تولید می‌شود. این مواد از منظر فیزیکی در سه فاز مشاهده می‌شوند:

- فاز جامد (پسماند)
- فاز مایع (شیرابه)
- فاز گاز (بیوگاز)

فاز مایع توسط مواد آلی یا معدنی محلول یا معلق موجود در فاز جامد غنی می‌شود. فاز مایع که شامل شیرابه است، طی فرایندهای مختلفی تولید می‌شود. تقسیم بندی انواع شیرابه بر اساس نوع فرایندی که طی آن شیرابه شکل گرفته و نیز با توجه زمان تولید آن، صورت می‌گیرد.

۲-۵-۵-۱-۱- شیرابه اولیه

این نوع شیرابه بلافاصله پس از تخلیهٔ پسماند در ترانشه‌ها و به محض ایجاد پوشش روزانه، از پسماند جدا شده و خارج می‌شود. در واقع زمان تولید آن از ابتدای دفن پسماند در سلول‌ها آغاز می‌گردد. منشأ شیرابهٔ اولیه بطورکلی رطوبت اولیهٔ پسماند است که در اثر فشار ناشی از ماشین آلات متراکم کننده پسماند، از میان آن خارج شده و به صورت شیرابه در می‌آید. وقتی محتوای رطوبت پسماند متجاوز از مقدار ظرفیت میدانی منتسب به آن باشد، شیرابه تولید خواهد شد. به بیان دیگر، شیرابهٔ اولیه که در مراحل اول پس از دفن پسماند حاصل می‌شود، در واقع مقدار اضافی رطوبت پسماند نسبت به ظرفیت میدانی می‌باشد.

روشن است به محض ایجاد تراکم اولیه (و نیز تراکم بعدی به سبب تجزیهٔ بیولوژیکی پسماند) در یک محل دفن، ظرفیت میدانی به شکل فزاینده‌ای کاهش می‌یابد. کاهش ظرفیت میدانی از منظر تولید شیرابه اهمیت می‌یابد زیرا کاهش شدید ظرفیت میدانی بر اثر تراکم اولیه در جایی که پسماند رطوبت نسبتا بالایی با خود دارد (مانند شرایط ایران) سبب خروج آن بخش از آب داخل پسماند که مازاد بر ظرفیت میدانی پس از تراکم می‌باشد خواهد شد. فرایند فوق روند اصلی تولید شیرابهٔ اولیه را توصیف می‌کند.

۲-۵-۵-۱-۲- شیرابه ثانویه

در اغلب شرایط اقلیمی بارش باران یا برف موجب نفوذ آب حاصل از این بارش‌ها به درون پسماندها در محل دفن می‌شود. رطوبت واردشده به محل دفن تحت نیروی ثقل خود به پایین حرکت کرده و در تماس با پسماندها و مواد، جذب آنها می‌شوند. پسماندها با توجه به جنس مواد و ترکیبات، بافت و درجهٔ تراکمشان در محل دفن، یک ظرفیت آبگیری یا ظرفیت میدانی به خود اختصاص می‌دهند. مقدار آبی که پسماد می‌تواند جذب کرده و نگه دارد، بر اساس این ظرفیت آبگیری و میدانی تعیین می‌شود.

محتوای آبی که پسماند دفن شده دارد معمولا (در شرایط خارج از ایران) کمتر از مقدار اشباع (در واقع ظرفیت میدانی) است. این ظرفیت خالی باعث می‌شود آب نفوذکرده به درون محل دفن، توسط پسماند جذب شود. پس از اینکه مواد داخل محل دفن از حیث رطوبت به درجهٔ ظرفیت میدانی رسیدند (اشباع شدند) مابقی رطوبت که نتوانسته جذب پسماندهاشود، بصورت شیرابه ظاهر می‌گردد. شیرابه‌ای که تحت چنین شرایط و فرایندی تولید شود، به نام"شیرابهٔ ثانویه" مطرح شده است.

۲-۵-۵-۲- طبقه‌بندی کلی مدل‌های تولید شیرابه

مدل‌هایی که تاکنون برای تخمین میزان شیرابه تولیدی توسعه یافته‌اند در چهارگروه زیر قرار می گیرند:

- مدل‌های لایه ای
- مدل‌های تعادلی

- مدل‌های شبکه‌ای
- مدل‌های آماری

در ادامه به بررسی مختصر هریک از این مدل‌ها پرداخته خواهد شد.

۲-۵-۵-۲-۱- مدل‌های لایه‌ای

این‌گونه مدل‌ها توده پسماند را به صورت مجموعه ای از لایه‌های برهم نهاده در نظر می گیرند. نحوه حرکت شیرابه در لایه‌های مختلف با توجه به ویژگیهای هیدرولیکی هر لایه و نحوه انتقال شیرابه تعریف‌شده بین لایه‌ها تعیین می شود. در این گونه مدلها خصوصیات هیدرولیکی لایه‌ها ثابت فرض می شود.

۲-۵-۵-۲-۲- مدل‌های شبکه‌ای

این مدل‌ها بیشتر با نام روش‌های اجزای محدود یا تفاضل‌های محدود شناخته می‌شوند. این مدل‌ها به تفصیل در کتب مختلف مورد بحث قرار گرفته‌اند و به طور وسیعی در شاخه‌های مختلف مهندسی عمران، مهندسی مکانیک و مهندسی منابع آب و... استفاده می شوند. ایده اصلی استفاده از این روش‌ها، تقسیم فضای پیوسته با رفتار پیچیده به اجزای کوچکتری است تا بتوان معادلات دیفرانسیل پیچیده حاکم بر پدیده را با معادلات خطی ساده جایگزین کرده و با ترکیب این معادلات یک دستگاه معادلات خطی قابل حل به جای یک معادله دیفرانسیل پیچیده تولید شود. به علت ساختار ناهمگون پسماندهای دفن شده کاربرد این مدل‌ها در توده پسماند محدود است.

۲-۵-۵-۲-۳- مدل‌های آماری

این مدل‌ها براساس آمارهای برداشت شده از محل دفن‌های واقعی توسعه یافته‌اند. در این روش یک فرمول با چندین ثابت و چندین متغیر معرفی می شود. اعداد ثابت مورد استفاده در این مدل‌ها (معادلات) به پارامترهایی نظیر ترکیب پسماند یا ویژگی‌های اقلیمی محدوده مورد نظر وابسته‌اند که به صورت اعداد ثابت در معادلات خود را نشان می دهند. اما در این معادلات متغیرهایی وجود دارند که خصوصیات ویژه ساختگاهی مانند دما، بارش، تبخیر و... را بازتاب می دهند. این متغیرها یا مقادیر کمی مرتبط با این ویژگی‌ها هستند یا تابعی از آن‌ها هستند. این روش بیشتر توسط مهندسین مشاور و مسئولان محلی استفاده می شود و استفاده از آن در بین محققین رایج نیست. برای توسعه چنین مدل‌هایی می باید پایش‌های محلی در مورد میزان تولید در سالهای متناوب در محدوده مورد بحث انجام شود.

۲-۵-۵-۲-٤- مدل‌های تعادلی

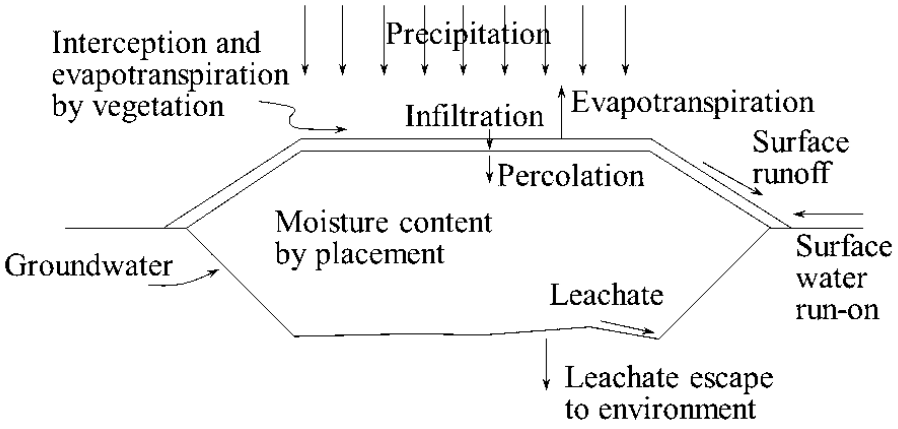
این مدل‌ها بر اساس قانون بقای جرم تدوین می شوند. این قانون ایجاب می کند که تفاضل میزان آب ورودی و خروجی به محل دفن برابر میزان افزایش ذخیره آب در توده پسماند در زمان معین باشد. پس چنانچه میزان آب ورودی به محل دفن و میزان ذخیره مشخص باشد می توان میزان شیرابه خروجی از محل دفن را تعیین کرد. بدیهی است که توسعه چنین مدل‌هایی می باید در ارتباط تنگاتنگ با تجربیات آزمایشگاهی و میدانی انجام شود.

گرچه مشی بکار رفته برای پیش بینی مقدار تولید شیرابه متفاوت بوده است، تقریبا کلیهٔ روش‌های معمول و متداول برای محاسبهٔ کمیت تولید شیرابه، مبتنی بر موازنهٔ جرمی آب برای محل دفن هستند (شکل ۲-۲۷). مبنای فاکتورهایی که تولید شیرابه را کنترل می‌کنند عبارتند از:

الف- موازنهٔ ماهیانه بین اجزای وارد شوندهٔ آب به درون محل دفن با موارد خارج شونده

ب- بررسی تغییرات در شاخصه‌های نگهداری و انتقال رطوبت توسط پسماند، به عنوان لایه‌هایی که مایع نفوذ کننده از بین آنها عبور می‌نماید.

مولفه‌های مورد اشاره در فوق در این موازنه‌ها تاثیرگذار بوده و وارد معادلات موازنهٔ جرم می‌شوند. برخی از این مولفه‌ها علاوه بر تاثیر اختصاصی و منفرد بر تولید شیرابه، در اثر متقابل و یا در همراهی با یک یا چند مولفهٔ دیگر، بر کمیت شیرابه و نرخ تولید آن تأثیر می‌گذارند.



شکل ۲-۲۷- مولفه‌های اصلی تاثیرگذار بر موازنهٔ جرمی آب در محل‌های دفن

۲-۵-۵-۳- بررسی مدل شرودر و نرم افزار HELP

۲-۵-۵-۳-۱- کلیات

مدل شرودر، یک مدل هیدرولوژیکی است که برای شبیه‌سازی دوبعدی و تحلیل رفتاری موازنه آب برای محل‌های دفن، سیستم پوششی و سایر تأسیسات مربوط به دفن پسماند بکار می‌رود. این مدل، داده‌های مربوط

به هواشناسی محل، خاک و اطلاعات طراحی را دریافت کرده و با استفاده از تکنیک‌هایی برای محاسبه اثرات ذخیره سطحی، زهکشی جانبی، بازچرخش شیرابه، زهکشی عمودی غیر اشباع، نشست از طریق خاک و لاینرهای غشایی یا مرکب، سیستم محل دفن را از نظر موازنه هیدرولوژیکی آنالیز می‌نماید. این برنامه قادر است سیستم‌های محل دفن، مشتمل بر ترکیبات متعددی از پوشش گیاهی، خاک پوششی، سلول‌های پسماند دفن شده، لایه‌های زهکشی جانبی، لاینرهای رسی و لاینرهای ژئوممبرینی را شبیه سازی کند.

مدل شرودر برای اجرای آنالیز به داده‌های روزانه هواشناسی، مشخصات خاک و خصوصیات طراحی نیازمند است. داده‌های بارش روزانه می‌تواند توسط کاربر وارد شود یا بطور اتفاقی تولید شوند و یا بر پایه داده‌های تاریخچه‌ای که توسط برنامه ارائه می‌گردد تولید و استخراج گردد. این مدل قابلیت تولید داده‌های بارش برای ۱۳۹ شهر ایالات متحده را دارد. دمای روزانه و تابش خورشیدی نیز بطور اتفاقی قابل تولید بوده و یا می‌توانند توسط کاربر وارد شوند. داده‌های خاک مورد نیاز شامل تخلخل، ظرفیت میدانی، نقطه پژمردگی، هدایت هیدرولیکی اشباع و شماره منحنی رواناب (بر اساس سرویس حفاظت خاک) برای تعیین مشخصات هیدرولیکی و رطوبت خاک مورد نیاز است. مدل دارای مشخصات پیش فرض خاک برای ۴۲ نوع مصالح مختلف است. این اطلاعات در مواردی که تخمین‌ها و اندازه گیری‌های مشخصی برای یک محل، خاک‌ها و مصالح موجود در دسترس نباشد بکار می‌رود. برخی خصوصیات طراحی که توسط کاربر وارد می‌شوند شامل مواردی از قبیل شیب و حدامثر طول زهکشی، ضخامت لایه‌ها، چگونگی بازچرخش شیرابه، مشخصات پوشش گیاهی سطح و اطلاعاتی در مورد غشاهای مصنوعی خواهند بود. لایه‌های مستقر در پروفیل محل دفن با توجه به عملکرد هیدرولیکی که به آنها نسبت داده می‌شود مشخص می‌گردند.

این مدل از اطلاعات هواشناسی از قبیل بارش، دما، رطوبت، تبخیر استفاده کرده و با ترکیب این داده‌ها با نوع پوشش محل دفن و هندسه آن میزان رواناب حاصل از بارش و همینطور میزان نفوذ به توده پسماند را تخمین می‌زند. سپس بر اساس ظرفیت میدانی و نرخ نفوذ پذیری لایه‌های تراوشی ارائه شده وهمچنین خصوصیات زهکش و نفوذناپذیری لایه‌های دیگر و بر مبنای عملکرد لایه‌ای محل دفن رژیم هیدرولیکی محل دفن را استخراج می‌نماید.

معادله زیر می‌تواند تا حدودی بیان کننده توازن هیدرولوژیکی در محل دفن باشد:

$$L_V=P-ET-R-\Delta S$$

که در آن:

L_v: حجم آب داخل پسماند

P: حجم بارندگی

ET: تبخیر و تعرق

R: حجم آب سطحی جاری

ΔS: حجم آب ذخیره شده در داخل سلول می‌باشد.

همانگونه که از رابطه فوق پیداست مقداری از بارش توسط عمل تبخیر و تعرق از بین می‌رود. مقدار دیگری نیز با توجه به نوع خاک پوشش نهایی و توپوگرافی آن بصورت آبهای سطحی به خارج از سلول هدایت می شوند. اما مقدار آبی که وارد سلول می‌شود شامل دو بخش است. بخش اول آبی است که با توجه به ظرفیت میدانی توده پسماند در سلول ذخیره سازی می‌شود و بخش دوم مقدار آبی است که مازاد بر ظرفیت نگهداشت آب داخل سلول از آن خارج می‌شود. که البته با توجه به بافت داخل توده پسماند این امر می‌تواند بصورت تاخیری صورت پذیرد. یعنی اینکه سلول محل دفن همانند یک مخزن تاخیری عمل نماید.

باید در نظر داشت که ظرفیت نگهداری آب توسط توده پسماند با میزان آب موجود در خاک که نسبت حجمی آب موجود در خاک را نشان می‌دهد متفاوت است. اما نکته قابل توجه آن است که اگر پسماندها دارای رطوبتی بیش از ظرفیت نگهداری آب توده پسماند باشند به مرور رطوبت خود را ازدست می‌دهند و این امر باعث می‌گردد که به حجم شیرابه افزوده گردد. از سوی دیگر اگر پسماندها رطوبت کمتری از ظرفیت میدانی داشته باشند می‌توانند آب ورودی به سیستم را جذب نمایند. البته این امر به مفهوم آن نیست که تا زمانی که ظرفیت نگهداشت آب در توده پسماند به حد نهایی نرسیده باشد شیرابه‌ای وجود نخواهد داشت؛ زیرا آب در حال عبور ممکن است فرصت کافی جهت جذب کامل در پسماند را به ویژه در نواحی کم عمق نداشته باشد.

با توجه به توضیحات فوق معادله ذکر شده نمی تواند به درستی تخمین مناسبی از شیرابه خروجی باشد ولی می‌توان آن را به عنوان پایه و اساس یک رژیم هیدرولیکی مناسب جهت توازن آب داخل سلول مورد استفاده قرارداد.

علی رغم توضیحات فوق، شرودر با استفاده از این معادله و نیز تلفیق آن با بیش از ۲۰ مدل دیگر که توسط سایرین پیشنهاد شده بود نرم افزار (HELP) را با توجه به سایر پارامترها جهت تخمین میزان شیرابه خروجی در سلولهای دفن طراحی نمود.

۲-۵-۵-۳-۲- لایه‌های تعریف شده در مدل شرودر

هر یک از لایه‌هایی که در محل دفن قرار می‌گیرند در مطابقت با یکی از لایه‌های چهارگانه‌ای که توسط برنامه تعریف شده‌اند مشخص می‌شوند، لذا هر یک از لایه‌هایی که توسط کاربر معرفی می‌شوند قطعا به عنوان یکی از این چهار نوع لایه در نظر گرفته شده و شماره نوع لایه متناظر را دارا خواهد بود.

عناوین و توصیف این چهار نوع لایه به شرح زیر است:

۱- لایه‌های تراوش عمودی[۱۲]

[12] Vertical Percolation Layer

جریان در لایه‌های تراوش عمودی همواره در جهت قائم در نظر گرفته می‌شود. این جریان ممکن است به سبب زهکشی عمودی در اثر نیروی ثقل بوده و یا ناشی از استخراج آب به دلیل تبخیر و تعرق باشد. برای این نوع لایه‌ها فرض شده است هر گاه محتوای رطوبت لایه خاک بیش از ظرفیت میدانی باشد و یا زمانی که مکش خاک لایه تحتانی بیش از مکش خاک لایه تراوش عمودی باشد، زهکش عمودی غیر اشباع در آن صورت می‌گیرد. نرخ زهکش ثقلی (تراوش) در این نوع لایه‌ها تابعی از مشخصات نگهداشت رطوبت خاک بوده و کاملا از شرایط لایه مجاور مستقل است. هنگامی‌که لایه زیرین اشباع باشد و آب را با سرعت کمتری از لایه تراوش عمودی زهکشی کند، این نرخ کاهش خواهد یافت. لایه‌هایی که عملکرد هیدرولیکی اصلی شان ذخیره آب و ممانعت از زهکشی است، معمولا بعنوان لایه‌های تراوش عمودی معین می‌گردند.لایه‌های پسماندهای دفن شده و لایه‌هایی که طراحی شده‌اند که پوشش گیاهی را پشتیبانی نمایند می‌بایست از نوع تراوش عمودی انتخاب شوند.

۲- لایه‌های زهکش جانبی[۱۳]

لایه‌های زهکش جانبی امکان جمع آوری شیرابه تجمع یافته بر روی سطح لاینرها را توسط سیستم زهکش و جمع آوری شیرابه فراهم می‌کند. زهکش عمودی در این نوع لایه‌ها به همان روش شبیه سازی می‌شود که برای زهکش عمودی در لایه تراوش عمودی توضیح داده شد. با این تفاوت که زهکش جانبی اشباع فرض شده است.

برای پدید آمدن شرایط زهکش مناسب هدایت هیدرولیکی اشباع لایه‌های زهکش جانبی معمولا بزرگتر از ۰/۰۰۱ سانتیمتر بر ثانیه باشد. یک لایه زهکش جانبی تنها می‌تواند بر روی یک لاینر یا یک لایه زهکش دیگر قرار گیرد و شیب تحتانی لایه می‌تواند بین صفر تا ۴۰ درصد انتخاب شود (درصد شیب نمی تواند صفر باشد).

۳- لاینرهای خاکی[۱۴]:

لاینرهای خاکی نوع دیگری از لایه‌های قابل تعریف از سوی برنامه می‌باشد. این لایه‌ها برای محدود کردن جریان عمودی بکار میروند، لذا هدایت هیدرولیکی آنها می‌بایست کمتر از سایر انواع لایه‌ها باشند (مثلا کمتر از ۰/۰۰۰۰۰۱ سانتی متر بر ثانیه). برنامه HELP برای لاینرهای خاکی تنها جریان رو به پائین را مجاز می‌دارد. بنابراین هر آبی که وارد لاینر شود سر انجام از میان آن تراوش نموده و خارج می‌شود. نرخ نشت به عواملی از قبیل عمق خاک اشباع لایه یا هد آب روی آن، ضخامت لاینر و هدایت هیدرولیکی اشباع لاینر خاکی وابسته است. نشت از این لایه‌ها هنگامی بروز می‌کند که محتوای رطوبت لایه لاینر بیش از ظرفیت میدانی لایه باشد. برنامه فرض می‌کند که لاینرهای خاکی اشباع بوده و مشخصات آنها با گذشت زمان تغییر نمی‌کند.

---

13 - Lateral Drainage Layer

14 - Barrier Soil liners

۴- لاینرهای ژئوممبرین[۱۵]

لاینرهای ژئوممبرینی، لایه‌هایی هستند که تقریبا از مواد و مصالح ناتراوا بوده و نشت را تنها به نقاطی که نقایص و حفراتی در سطحشان وجود دارد، محدود می‌کنند. در مدلسازی این نوع لایه‌ها نشت محاسبه شده ناشی از این موارد در نظر گرفته شده است. نفوذ بخار آب، سوراخها و نقایص حین تولید و نقایص ایجاد شده ناشی از عملیات نصب، نشتی که به شکل نفوذ بخار پدید می‌آید بعنوان تابعی از هد روی سطح لاینر، ضخامت غشا و میزان قابلیت نشت بخار آن و برای سرتاسر مساحت لاینر محاسبه می‌گردد. مقدار نشت از سوراخها و نیز نقایص ناشی از عملیات نصب در دو مرحله محاسبه می‌شود. ابتدا مساحت خاک یا موادی که در فرایند نشت موثرند بعنوان تابعی از هد روی لاینر، اندازه حفرات و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک‌ها و مصالح مجاور لاینرهای غشایی محاسبه می‌گردد. در مرحله بعدی، نرخ نشت در مناطق خیس شده بصورت تابعی از هد، ضخامت غشا و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک یا مواد مجاور غشا محاسبه خواهد شد.

۲-۵-۵-۳-۳- مزایای مدل شرودر

- سازگاری و توانایی مدل شرودر در محاسبه شیرابه ثانویه
- جامعیت پارامتراهای ورودی مدل شرودر
- دقت بالای مدلسازی که به سبب استفاده از داده‌های دقیق و جامع و نیز بهره گیری از روشهای محاسباتی دقیق و مورد قبول بوجود آمده است.
- پیش بینی تسهیلات خاص برای ایجاد منابع گسترده در فرآیند وارد نمودن داده‌ها (سهولت در ارائه داده‌ها به برنامه توسط کاربر)
- گستردگی و جامعیت اطلاعات خروجی
- سادگی کار با مدل
- امکان مدلسازی سریع محلهای دفن

۲-۵-۵-۳-٤- معایب مدل شرودر

- در محل‌های دفن پسماند شهری به سبب بروز تجزیه بیولوژیکی در پسماند قابل تجزیه و نشست‌هایی که در دراز مدت روی می‌دهد، ظرفیت میدانی تغیر نموده و روند کاهشی نشان می‌دهد. در حالی که

15 - Geomembrane Liners

در مدل شرودر ظرفیت میدانی راکه یکی از مؤلفه‌های تاثیرگذار در روند تولید شیرابه است در طول دوره مدلسازی ثابت فرض می‌شود.

- در موازنه جرمی که توسط این مدل صورت میگیرد ازآبی که به مصرف فرایند تولید بیوگاز می‌رسد و نیز از مقدار آبی که همراه با گاز اشباع از بخار از محل دفن خارج می‌شود صرف نظر شده است و وارد محاسبات نمی شود.

۲-۵-۵-۳-۵- فرضیات و محدودیت‌های مدل شرودر

فرضیات در نظر گرفته شده معمولا زمانی منطقی بوده و با اهداف برنامه سازگارندکه در مورد طرح‌های محل های دفن استاندارد اعمال شوند. به هر روی برخی از این فرضیات ممکن است برای طرح‌های غیر متداول منطقی نباشند.

فرضیات و محدودیت‌های عمده این برنامه به شرح زیر است:

- رواناب محاسبه‌شده با استفاده از روش سرویس حفاظت خاک ایالات متحده، بر پایه داده‌های روزانه بارش و برفاب است. این برنامه فرض می‌کند که مناطق مجاور محل دفن، آب را به سمت محل دفن هدایت نمی‌کنند، ضمن این که در این محاسبات توزیع زمانی بارش‌های شدید در نظر گرفته نشده است.

- پتانسیل تبخیر و تعرق با روش پنمن و بر اساس انرژی شبیه سازی می‌شود، بطوریکه برنامه رطوبت نسبی متوسط فصلی و متوسط سرعت باد سالیانه را مورد استفاده قرار داده و فرض می‌نماید که این داده‌ها نمایشگر نتایج ماهیانه می‌باشد.

- رطوبت نسبی در روزهایی که بارش رخ می‌دهد ۱۰۰ ٪ در نظر گرفته می‌شود. تبخیر و تعرق واقعی تابعی از سایر داده‌ها می‌باشد.

- عمق ناحیه تبخیر در طول زمان مدلسازی ثابت فرض می‌شود، گرچه عمق واقعی تبخیر و تعرق در خارج از فصل رشد محدود به حداکثر عمق تبخیر از خاک می‌شود که تابعی است از هدایت هیدرولیکی اشباع خاک.

- این مدل، زهکشی قائم از میان لایه‌های خاک و پسماند همجنس و بعضا یک شکل را با مدل جریان دارسی شبیه سازی می‌کند و جریان ترجیحی[۱۶] راکه از طریق کانال‌هایی مانند ترک‌ها، حفرات ریشه‌ها

[16] Preferential flow

و سوراخ‌های حفر شده توسط جانوران ایجاد می‌شود در نظر نمی گیرد. از این‌رو، برنامه گرایش دارد که ذخیره آب در طول مراحل ابتدایی شبیه سازی را بیش از مقدار واقعی تخمین بزند و زمان مورد نیاز برای تولید شیرابه را بیشتر در نظر گیرد. با انتخاب یک هدایت هیدرولیکی موثر بالاتر و ظرفیت میدانی کمتر می‌توان اثر این محدودیت را به حداقل رساند.

- فرض شده که زهکشی عمودی تنها به سبب نیروی ثقل پیش می‌رود و عوامل محدود کننده آن تنها هدایت هیدرولیکی اشباع و ذخیره آب لایه‌های پائین تر می‌باشند. زهکشی قائم بطور معمول بالا آمدن آب به سبب خاصیت موئینگی را در سطوح پایین تر از عمق ناحیه تبخیری مجاز نمی دارد، لذا تبخیر و تعرق برای بالا آمدن موئین آب رقابت می کند. در مناطق گرم و خشک که ذخیره آب برای تامین مصرف تبخیر بحرانی است و در طراحی‌هایی که لاینر در عمق کم واقع شده است این مسئله محدود کننده است. این محدودیت را می‌توان با افزایش ظرفیت میدانی در ناحیه تبخیری و افزایش عمق ناحیه تبخیری کاهش داد.
- تراوش از لاینرهای رسی با استفاده از قانون دارسی و با فرض زهکشی آزاد از قسمت تحتانی لاینر مدلسازی می‌شود. فرض می‌شود که لاینرها در تمامی مدت اشباع‌اند. لیکن نشت تنها زمانی رخ می‌دهد که رطوبت لایه خاک بالای لاینر بزرگتر از ظرفیت میدانی باشد. برنامه یک هد هیدرولیکی میانگین از رطوبت خاک را محاسبه نموده و این هد را بر روی سطح ورودی لاینر اعمال می کند، بطوریکه وقتی لاینر تراوش می کند ورودی لاینر نیز با همان نرخ رطوبت دریافت کند.

۲-٦- مبانی طراحی سیستم‌های جمع‌آوری شیرابه

جمع‌آوری سیالات در محل‌های دفن پسماند و دفع صحیح آن‌ها، یکی از عوامل مهم در عملکرد موفق این سیستم‌ها محسوب می‌شود. بخش زیادی از مایع موجود در محل‌دفن، ناشی از رواناب‌های سطحی و ذوب شدن برف‌ها و بخشی نیز ناشی از رطوبت موجود در تودهٔ پسماند است. با ترکیب این مایعات با یکدیگر، شیرابه تولید می‌شود. در این فصل، سیستم‌های اولیه و ثانویه‌ی جمع‌آوری شیرابه و همچنین، سیستم جمع‌آوری گاز بررسی خواهد شد.

۲-۶-۱- سیستم جمع‌آوری شیرابهٔ اولیه

سیستم جمع‌آوری شیرابه از لایهٔ زهکش، ترانشهٔ شیرابه، لوله، دریچه‌های تخلیهٔ شیرابه، یک پمپ جمع‌آوری شیرابه و ایستگاه پمپاژ، و یک تانک ذخیره‌سازی شیرابه تشکیل شده است. در صورتی که شیرابه به طور مستقیم به مجرای فاضلاب تخلیه شود؛ تانک ذخیره‌سازی شیرابه نیاز نخواهد بود.

۲-۶-۲- عدم موفقیت سیستم جمع‌آوری شیرابه

برای طراحی صحیح اجزای سیستم جمع‌آوری شیرابه، دانستن دلایل عدم موفقیت سیستم جمع‌آوری شیرابه ضروری است. بازدهی سیستم جمع‌آوری شیرابه شاید به‌دلیل عملکرد نادرست یک یا تعدادی از اجزای سیستم، به مقدار مورد انتظار نرسد. عملکرد لولهٔ جمع‌آوری شیرابه شاید به علت انسداد، شکستگی، یا طراحی غلط دچار اشکالاتی شود.

الف) انسداد

شاید لوله در اثر تجمع ذرات ریز، رشد موجودات زندهٔ بیولوژیکی یا رسوب مواد شیمیایی مسدود شود. تجمع ذرات ریز از رسوب‌گذاری شیرابه یا فرار ذرات ریز از ترانشه (در صورتی که لاینر رسی باشد) ناشی می‌شود. برای حداقل کردن امکان تجمع ذرات خاک، می‌توان از ژئوتکستایل یا خاک فیلتر(بر اساس آنچه که در ادامه توضیح داده خواهد شد.) استفاده کرد. در صورتی که مصالح فیلتر به اندازهٔ کافی ریز باشند که قادر به نگهداشتن ۸۵ درصد اندازهٔ خاک باشند، مهاجرت خاک‌های اطراف به درون ترانشه رخ نخواهد داد. شکل ۲-۲۸ نمونه‌ای از انسداد در اثر تجمع ذرات ریز را نشان می‌دهد. انسداد بیولوژیکی نیز به علت حضور میکروارگانیسم‌ها در شیرابه اتفاق می‌افتد. عوامل مؤثر بر وقوع انسداد بیولوژیکی عبارتند از نسبت کربن به نیتروژن در شیرابه، در دسترس بودن مواد غذایی، دما و درصد رطوبت خاک. لایهٔ لجن بیولوژیکی ظرف مدت ۱ تا ۴ سال پس از قرار گرفتن در معرض شیرابه تشکیل می‌شود. باکتری‌های مهمی که در این لجن یافت می‌شوند، شامل باکتری‌های کاهندهٔ سولفات، باکتری‌های عامل دنیتریفیکاسیون، باکتری‌های متان‌ساز، باکتری‌های وابسته به آهن و باکتری‌های تشکیل‌دهندهٔ لجن هستند.

انسدادِ ناشی از ترسیب شیمیایی، به علت فرایندهای شیمیایی یا بیوشیمیایی است. عوامل کنترل‌کنندهٔ ترسیب شیمیایی عبارتند از تغییرات pH، تغییر در فشار جزیی CO_2 یا تبخیر.

شکل ۲-۲۸- نمونهٔ کلوخ جدا شده از درون لولهٔ جمع‌آوری شیرابه پس از ۴ سال بهره‌برداری

ب) شکستن لوله

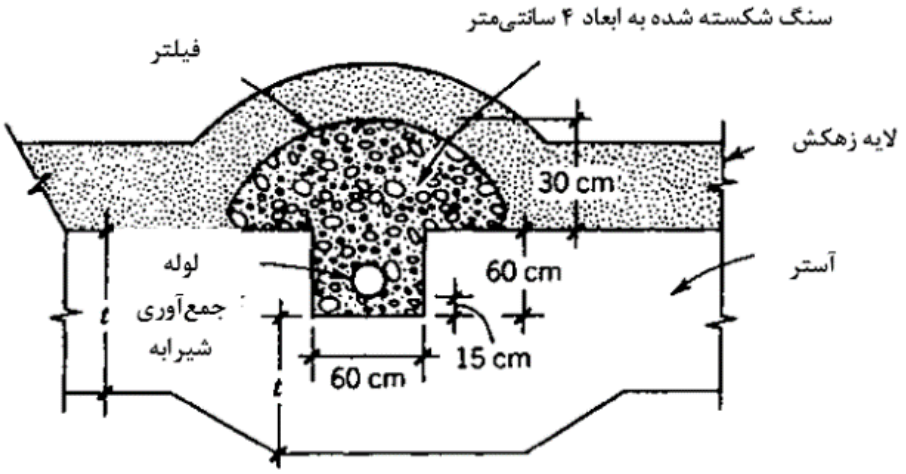
این امر هنگامی رخ می‌دهد که مقاومت لوله ناکافی باشد. درباره‌ی طراحی سازه‌ای این لوله‌ها در ادامه بحث خواهد شد.

ج) طراحی غلط

در بعضی موارد، شاید عملکرد لوله‌های جمع‌آوری شیرابه به‌دلیل طراحی غلط، مختل شود. به‌طور کلی، نرخ جریان شیرابه بسیار پایین (بین ۰/۵ تا ۱ سانتی‌متر مکعب بر دقیقه) است؛ هر چند در بعضی از محل‌های دفن، سرعت جریان شاید به‌دلیل وقوع رواناب و عملکرد نامناسب سازهٔ منحرف کنندهٔ جریان، بسیار بالاتر باشد. در نتیجه، اندازهٔ لوله‌های جمع‌آوری شیرابه ممکن است برای مدیریت مناسب چنین شرایطی ناکافی باشد. هرچند، وقوع چنین شرایطی در بسیاری از خاکچال‌ها چندان معمول نیست. عملکرد این لوله‌ها همچنین شاید به‌دلیل نشست غیر یکنواخت، به‌ویژه در نزدیکی نقاط خروجی محل دفن و در نقاط ورودی منهول، با اشکال مواجه شود. در طراحی سیستم جمع‌آوری شیرابه، تمامی این موارد باید در نظر گرفته شوند.

۲-۶-۳- طراحی ترانشه و لولهٔ شیرابه

لوله‌های شیرابه اغلب درون ترانشه‌هایی نصب می‌شوند که با شن پر شده‌اند. این ترانشه‌ها با ژئوتکستایل پوشانده می‌شوند تا از ورود ذرات ریز از لاینر به ترانشه و در نهایت به لوله‌های جمع‌آوری شیرابه جلوگیری شود. جزئیات یک ترانشهٔ متداول در شکل ۲-۲۹ دیده می‌شود. لازم به ذکر است که در قسمت زیرین ترانشهٔ جمع‌آوری شیرابه، باید عمق خاکبرداری بیشتر باشد تا ضخامت لاینر رسی از حداقل مورد نیاز کمتر نشود.



شکل ۲-۲۹- جزییات ترانشهٔ جمع‌آوری شیرابه برای لاینر رسی

شن استفاده شده در ترانشه چنانکه در شکل ۲-۲۹۹ نشان داده شده است، باید به‌صورت خاکریز اجرا شود تا بار ناشی از ماشین‌آلات تراکم پسماند را توزیع کند و از لوله‌های جمع‌آوری شیرابه در مقابل شکستگی محافظت کند. لایهٔ ژئوتکستایل که به‌عنوان فیلتر عمل می‌کند نیز باید بر روی شن قرار گیرد. همچنین، می توان از یک فیلتر ماسه‌ای دانه‌بندی شده برای حداقل کردن نفوذ ذرات ریز از درون پسماند به درون ترانشه استفاده کرد.

۲-۶-٤- لولهٔ جمع‌آوری شیرابه

شبکه‌ای از لوله‌ها برای جمع‌آوری و زهکشی شیرابه به سمت نقاط خروجی (منهول‌ها)، درون لایهٔ زهکش قرار داده می‌شوند. مسائلی که در ارتباط با طراحی لوله‌ها مهم هستند عبارتند از فاصلهٔ لوله‌ها در سیستم جمع-آوری شیرابه، قطر لوله‌ها و جنس لوله‌ها. فواصل بین لوله‌ها باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که هد شیرابهٔ ایجاد شده بر روی لاینر از ۳۰ سانتی‌متر تجاوز نکند. از رابطهٔ زیر برای تعیین فاصله‌ی بین لوله‌ها استفاده می‌شود:

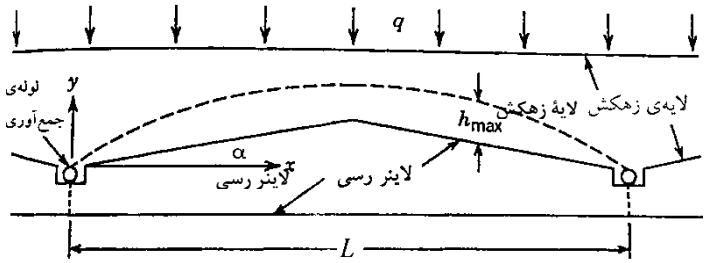
$$L = \frac{2h_{max}}{\sqrt{c}\left[\left(\frac{\tan^2\alpha}{c}\right) + 1 - \left(\frac{\tan\alpha}{c}\right)\sqrt{\tan^2\alpha + c}\right]}$$

در این رابطه:

h_{max}= حداکثر ارتفاع شیرابه بین دو لولهٔ مجاور؛

$c=q/k$ نسبت نرخ تراوش به ضریب نفوذپذیری (که یک عدد بدون بعد است) و

α= زاویهٔ شیب لاینر (مطابق شکل ۲-۳۰) است.



شکل ۲-۳۰- لاینر، سیستم جمع‌آوری شیرابه و هد شیرابهٔ ایجاد شده بر روی لاینر

در رابطهٔ فوق، مقدار q بیشترین اهمیت را دارد. بلافاصله پس از احداث سیستم لاینر اولیه، سیستم جمع‌آوری شیرابهٔ اولیه باید به‌عنوان یک سیستم آبگیر عمل کند. در این حالت، شدت تراوش یا نرخ جریان در حداکثر مقدار خود خواهد بود. پس از اینکه پسماند درون محل دفن قرار داده شد، میزان نفوذ به شدت کاهش می‌یابد و باید از مدل‌های تسهیم شیرابه استفاده شود.

در مرحلهٔ بعد، قطر لوله‌های جمع‌آوری شیرابه باید تعیین شود. این امر اغلب با رابطهٔ مانینگ برآورد می‌شود:

$$Q = \frac{1}{n} A R_h^{0.67} S^{0.5} \qquad (۹-۴)$$

در این رابطه:

Q= دبی عبوری از لوله؛

A= مساحت سطح مقطع؛

R_h= شعاع هیدرولیکی لوله؛

n= ضریب زبری لوله و

S= شیب لوله.

باید یادآوری کرد که ضریب مانینگ لوله‌های از جنس PVC و HDPE، که بسیار برای استفاده در محل دفن مطرح هستند، از ۰/۰۰۹ تا ۰/۰۱۰ متغیر است.

لازم به یادآوری است که در بسیاری از آئین‌نامه‌های بین‌المللی، حداقل قطر لوله‌ها فارغ از میزان دبی عبوری برابر ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. این مسئله جهت اطمینان از کنترل کاهش عملکرد هیدرولیکی در اثر انسداد لوله است.

مورد دیگری که باید در طراحی صحیح لوله‌های جمع‌آوری شیرابه مدنظر قرار گیرد، جنس و مقاومت سازه‌ای لوله است. در حال حاضر، لوله‌های از جنس پلی‌اتیلن با دانسیتهٔ بالا (HDPE) بیشترین کاربرد را در سیستم‌های جمع‌آوری شیرابه دارند. دلیل این امر، ویژگی‌های مقاومتی و دوام شیمیایی درمقابل بسیاری از ترکیباتی است

که در شیرابه یافت می‌شوند. از آنجا که لوله‌های HDPE انعطاف‌پذیر هستند و توانایی توزیع بار به خاک پیرامون خود را دارند، در زیر چندین متر پسماندی که در محل دفن دفن می‌شوند نیز عملکرد مناسبی خواهد داشت. اگرچه از لوله‌های پی‌وی‌سی (PVC) نیز می‌توان استفاده کرد، ولی مقاومت شیمیایی بسیار بالاتر لوله-های HDPE در مقابل شیرابه، آنها را به عنوان یک استاندارد در سیستم‌های جمع‌آوری شیرابه مطرح کرده است. در نتیجه، تمرکز اصلی در ادامه بر روی لوله‌های HDPE خواهد بود.

سه شاخص اصلی در تحلیل عملکرد لوله‌های انعطاف‌پذیر مدفون عبارتند از خیز، شکستگی دیواره و کمانی شدن دیوارهٔ لوله.

خیز قائم لوله با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{\delta}{D} = FKP\ (1.1)\frac{2E}{3(\mathrm{SDR}-1)^3} + 0.061$$

که در این رابطه:

F= ضریب لنگی (اغلب برابر ۱)؛

K= ثابت بسترسازی (که از ۰/۰۸۳ تا ۰/۱ متغیر است)، فشار وارده که شامل لایهٔ زهکش، پسماند، ماشین‌آلات و پوشش نهایی می‌شود؛

E= مازول الاستیسیته بر حسب psi؛

E' = مدول خاک بر حسب پوند بر اینچ مربع و

SDR= نسبت بعد استاندارد لوله (نسبت قطر لوله به ضخامت لوله) است.

برای محاسبهٔ احتمال شکستگی لوله نیز از رابطهٔ زیر استفاده می‌شود:

$$\mathrm{P_w} = \frac{(\mathrm{SDR}-1)\mathrm{P}}{2}$$

در این رابطه:

P_w= فشار موجود در دیوارهٔ لوله و

P= فشار بر حسب پوند بر اینچ مربع است.

مقدار P_w به‌دست آمده باید با مقدار تنش مجاز مصالح لوله بر حسب ضریب اطمینان مقایسه شود:

$$\mathrm{FS} = \frac{\mathrm{P_{w\ مجاز}}}{\mathrm{P_{w\ محاسبه\ شده}}}$$

و در نهایت برای کنترل احتمال کمانی شدن لوله، فشار کمانی شدن بحرانی با در نظر گرفتن خاک اطراف و بدون در نظر گرفتن آن، به ترتیب از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$P_b = 1.15\ (E' P_{cr})^{0.5}$$

$$P_{cr} = \frac{2.32E}{(SDR)^3}$$

بنابراین، ضریب اطمینان در مقابل کمانی شدن برابر است با:

$$FS = \frac{P_{b\ \text{مجاز}}}{P_{b\ \text{محاسبه‌شده}}}$$

۲-۶-۵- سیستم جمع‌آوری شیرابهٔ ثانویه

سیستم جمع‌آوری شیرابهٔ ثانویه در بین لاینر اولیه و لاینر ثانویه قرار می گیرد و به‌عنوان لایهٔ آشکارسازی نشت از لاینر اولیه عمل می‌کند. مبانی طراحی سیستم جمع‌آوری شیرابهٔ ثانویه تا حدود زیادی مشابه سیستم جمع-آوری شیرابهٔ اولیه است؛ با این تفاوت که باید دارای زمان پاسخ، زمان نشت از لاینر تا زمان کشف نشت، کمتر از ۲۴ ساعت باشد.

احداث این لایه از خاک طبیعی (برای مثال شن به‌عنوان لایهٔ زهکش) مشکلات اجرایی زیادی دارد. پایداری شیب کناره‌ها، نصب لوله‌ها و احداث سیستم جمع‌آوری اولیه در بالای آن از جملهٔ این مشکلات هستند. علاوه بر این، تأمین ضابطهٔ زمان پاسخ نشت دشوار است.

با در نظر گرفتن این موضوع که میزان شیرابه‌ای که سیستم جمع‌آوری ثانویه دریافت می‌کند، در مقایسه با میزانی که سیستم جمع‌آوری اولیه دریافت می‌کند، بسیار کمتر است، استفاده از ژئونت به‌عنوان لایهٔ زهکش گزینهٔ بهتری به‌نظر می‌رسد. علاوه بر صرفه‌جویی در میزان فضای اشغال‌شدهٔ خاکچال، مشکلات مذکور نیز با استفاده از ژئونت به حداقل می‌رسند.

برای تعیین میزان شیرابه‌ای که وارد سیستم جمع‌آوری ثانویه می‌شود، باید برآوردی از نرخ جریان شیرابه‌ای که از لاینر اولیه وارد می‌شود انجام شود. در غیر این‌صورت و با فرض عملکرد ایده‌آل لاینر اولیه، نرخ انتشار بخار از درون لاینر اولیه به درون سیستم جمع‌آوری ثانویه باید به‌عنوان یک حداقل در نظر گرفته شود. این نرخ به نوع و ضخامت لاینر ژئوممبرین اولیه بستگی دارد. علاوه بر این‌ها، تعداد و اندازهٔ سوراخ‌هایی که شاید در ژئومبرین اولیه ایجاد شوند باید برآورد شوند.

هنگامی که از ژئونت به‌عنوان لایهٔ زهکش سیستم جمع‌آوری ثانویه استفاده می‌شود، به کار گرفتن شبکهٔ لوله‌های سوراخدار الزامی نیست. همچنین، زمان پاسخ بدون تردید کمتر از ۲۴ ساعت خواهد بود، چرا که هیچ مانعی در مقابل جریان از درون ژئونت وجود ندارد.

۲-٦-٦- سیستم خروج شیرابه

شیرابهٔ محل دفن را می‌توان به دو روش خارج کرد: با جریان ثقلی شیرابه یا به وسیلهٔ یک لولهٔ بالابرنده[۱۷] که در دیوارهٔ جانبی محل دفن قرار داده می‌شود. هر کدام از این سیستم‌ها دارای مزایا و معایبی هستند که در ادامه توضیح داده می‌شوند.

۲-٦-٦-۱- جریان ثقلی

این سیستم خروج شیرابه هنگامی استفاده می‌شود که کف محل دفن در شیب یا در عمق کم قرار داشته باشد. از این سیستم به ویژه در خاکچال‌هایی که دارای لاینر رسی هستند، استفاده می‌شود. لولهٔ اصلی که سایر لوله-های جمع‌آوری شیرابه به‌آن متصل می‌شوند، از قسمت شیب محل دفن خارج می‌شود. از آنجا که این لوله‌های اصلی درون لاینر نفوذ و آن را سوراخ می‌کنند، تعداد آنها باید به حداقل برسد. شیرابه از درون لوله‌های اصلی یا به طور مستقیم به سیستم انتقال فاضلاب تخلیه می‌شود و یا وارد یک استخر شیرابه خواهد شد که درون خود محل دفن ساخته می‌شود و از آنجا به خارج از محل دفن پمپ می‌شود.

مزایای سیستم جریان ثقلی عبارتند از:

- یک روش اقتصادی است، به ویژه در مواقعی که شیرابه به طور مستقیم به سیستم فاضلاب تخلیه می‌شود؛
- هزینه‌ی بهره‌برداری بسیار کمی دارد؛
- نیاز به نگهداری زیاد ندارد و
- نزدیک به دو دهه است که از این سیستم استفاده می‌شود؛ در نتیجه جزییات طراحی و اجرای آن به خوبی مشخص شده است.

از معایب این سیستم نیز می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- احتمال نشت در نقاط خروجی به نسبت زیاد است، به‌ویژه هنگامی که از لاینرهای غشایی سینتتیکی استفاده شده است؛ و
- نمی‌توان نشت از درون لاینر را پایش کرد.

[۱۷] Riser pipe

۲-٦-٦-۲- لوله‌ی بالابرنده

از این سیستم خروج شیرابه بیشتر در مواقعی که کف محل دفن در عمقی بیش از ۲۰ متر قرار گرفته است و همچنین در محل‌های دفنی که دارای لاینرهای مصنوعی هستند، استفاده می‌شوند. از لوله‌ای به قطر ۳۰ تا ۴۵ سانتی‌متر از جنس HDPE به‌این منظور استفاده می‌شود که لولهٔ جمع‌آوری شیرابه را در خود جای می‌دهد. در انتهای پایینی لوله نیز یک پمپ قرار دارد که شیرابه را پمپاژ می‌کند. از آنجا که لولهٔ بالابرندهٔ شیرابه در انتهای هر لولهٔ جمع‌آوری شیرابه نصب می‌شود، در لولهٔ اصلی درون محل دفن نیازی نخواهد بود.

مزایای سیستم لوله‌ی بالابرنده عبارتند از:

- در محل‌های دفن عمیق قابل استفاده است؛
- احتمال نشت شیرابه در نقطهٔ خروج به حداقل می‌رسد؛
- به لوله اصلی درون محل دفن نیاز نخواهد بود؛ و
- در صورت وقوع خرابی در یک لولهٔ بالابرنده، خروج شیرابه از تنها یک سلول تحت تاثیر قرار خواهد گرفت.

معایب این سیستم نیز عبارتند از:

- اجرای این سیستم دشوار و پرهزینه است؛
- در صورتی که در یک سلول، در عملکرد پمپ اختلال ایجاد شود، خروج شیرابه از آن سلول ناممکن می‌شود و
- هیچ‌گونه دسترسی مستقیم به نقاط جمع‌آوری وجود ندارد که این امر موجب دشواری نگهداری پمپ و سیستم‌های الکتریکی می‌شود.

۲-۷- الزامات مربوط به طراحی سیستم جمع‌آوری گاز

در این بخش، ضمن معرفی انواع سیستم‌های جمع‌آوری گاز، به مبانی طراحی هر کدام پرداخته خواهد شد.

۲-۷-۱- معرفی انواع سیستم جمع‌آوری گاز

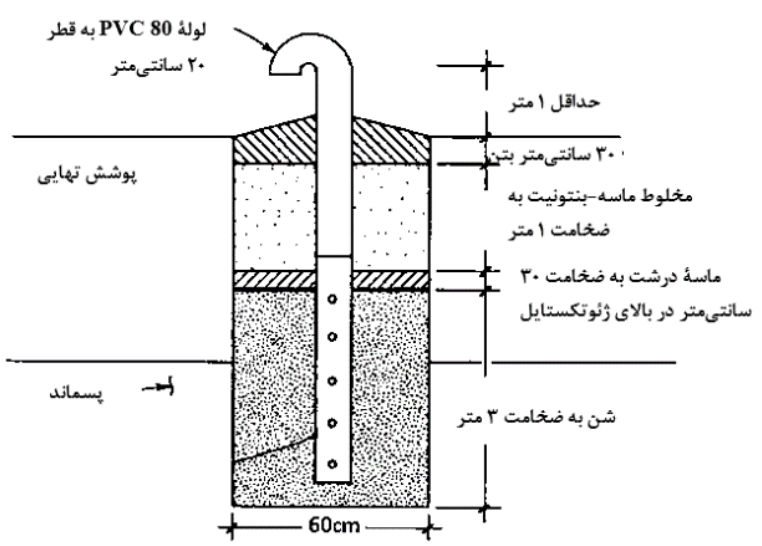
به‌طور کلی، دو نوع سیستم جمع‌آوری گاز وجود دارد: سیستم غیرفعال و سیستم فعال. در زمان انتخاب یک سیستم جمع‌آوری گاز، لازم است نکات زیر مد نظر قرار گیرند:

- طراحی محل دفن: احتمال مهاجرت گاز در یک محل دفن خودپالا بیشتر از محل دفن محصور است؛
- نوع خاک محل دفن: مهاجرت گاز در یک خاک ماسه‌ای نسبت به خاک رسی راحت‌تر صورت می گیرد؛

- فاصله تا فضاهای محصور نزدیک به محل دفن (مثل خانه‌ها، انبارها و ...): گاز محل دفن تا ۱۵۰ متر یا بیشتر حرکت می‌کند. هر فضای محصوری که در ۳۰۰ متری محل دفن قرار دارد، باید از نظر تجمع گاز متان بررسی شود.
- امکان استفادهٔ آتی از محل دفن؛
- موارد قانونی: با توجه به استان و منطقه‌ای که محل دفن در آن قرار گرفته است، شاید قانون‌هایی در مورد نوع سیستم جمع‌آوری گاز وجود داشته باشند؛ و
- نوع پسماند: تولید گاز به نوع پسماند بستگی دارد؛ ایجاد امکان جمع‌آوری گاز برای پسماندهای فسادپذیر ضروری است.

۲-۷-۱-۱- سیستم جمع‌آوری غیرفعال گاز

این سیستم‌ها در محل‌هایی نصب می‌شوند که تولید گاز پایین است و مهاجرت گاز به خارج از محل دفن مورد انتظار نیست. استفاده از سیستم غیرفعال به ویژه برای لندفیل‌های کوچک شهری (۴۰۰۰۰ مترمکعب) و نیز برای بیشتر لندفیل‌های محصور پسماندهای غیرفسادپذیر مناسب است. این سیستم از یک سری لوله‌های مجزای انتقال گاز تشکیل می‌شود (شکل ۲-۳۱). هیچ روش طراحی خاصی برای محاسبهٔ تعداد لوله‌های مورد نیاز وجود ندارد؛ اما به‌طور تقریبی، برای هر ۷۵۰۰ مترمکعب پسماند یک لوله کافی خواهد بود.



شکل ۲-۳۱- جزییات یک سیستم جمع‌آوری گاز غیرفعال

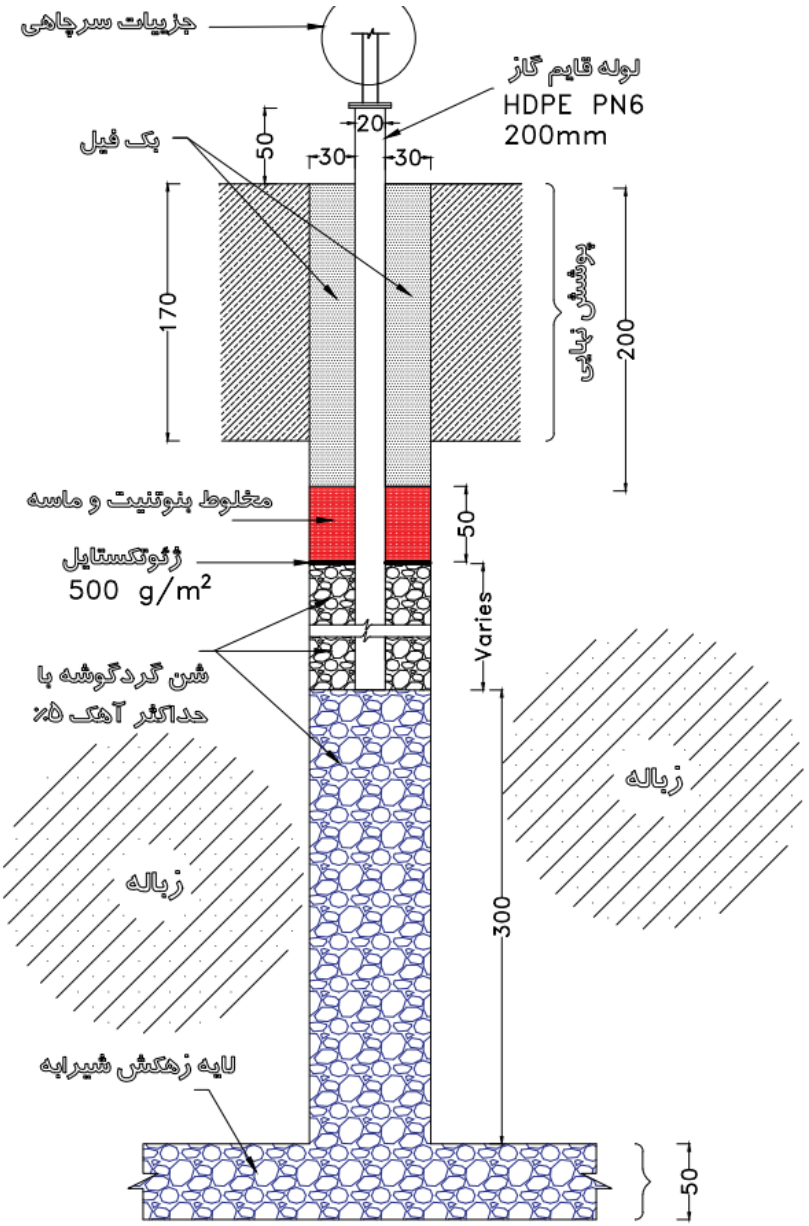
۲-۷-۱-۲- سیستم عامل جمع‌آوری گاز

یک سیستم جمع‌آوری فعال از یک سری چاه‌های استخراج عمیق تشکیل می‌شود که از راه یک لوله اصلی به یک دمنده متصل شده‌اند. گاز ممکن است برای استحصال انرژی استفاده شود، یا از راه مشعل سوزانده شود،

و یا به اتمسفر تخلیه شود. میکروتوربین‌ها نیز امکان دارد برای بازیافت انرژی از گاز محل دفن استفاده شوند. اینکه بتوان گاز را بدون سوزاندن به اتمسفر آزاد کرد به موارد زیر بستگی دارد:

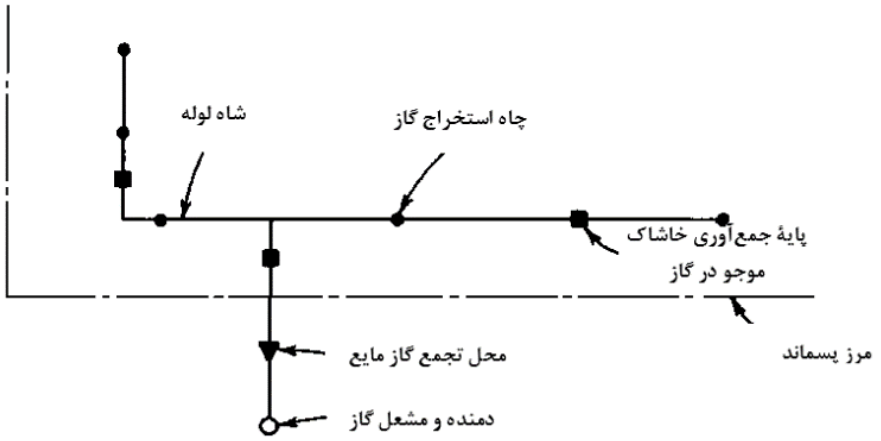
- اجزای شیمیایی تشکیل‌دهندهٔ گاز: اگر آلاینده‌های خطرناک هوا مثل کلرید وینیل یا بنزن موجود باشند، سوزاندن گاز ترجیح داده می‌شود. اگر چنین آلاینده‌هایی وجود نداشته باشند، گاهی آزاد کردن گاز به اتمسفر (و نه همیشه) شاید پذیرفتنی باشد. به‌علاوه لازم است بررسی در خصوص قانون‌های مربوط انجام شود تا از عدم وجود منع قانونی برای سوزاندن گاز خاکچال اطمینان حاصل شود؛ و
- محل قرارگیری لندفیل: اگر لندفیل نزدیک به محل سکونت افراد قرار گرفته باشد، لازم است گاز آن سوزانده شود؛ زیرا متان بویی متصاعد می‌کند که آزاردهنده خواهد بود.

جزئیات یک چاه استخراج گاز در شکل ۲-۳۲ نشان داده شده است.



شکل ۲-۳۲- نمونه یک چاه سیستم جمع‌آوری فعال گاز

چیدمان معمول یک سیستم جمع‌آوری فعال گاز که شامل اجزای تشکیل‌دهنده‌ی سیستم است نیز در آورده شده است.



شکل ۲-۳۳- چیدمان اجزای یک سیستم جمع‌آوری فعال گاز

۲-۷-۱-۲-۱- چاه‌های استخراج

فاصلهٔ چاه‌های استخراج مسئله‌ای کلیدی در بازده استخراج گاز محل دفن است. این چاه‌ها باید به گونه‌ای قرار گیرند که ناحیهٔ تأثیر آنها با یکدیگر همپوشانی داشته باشند. با نصب چاه‌های استخراج در گوشه‌های یک مثلث متساوی الاضلاع به ضلع 1.73R(R، شعاع تاثیر) می‌توان همپوشانی برابر ۲۷ درصد فراهم کرد و نیز با نصب چاه‌های استخراج در گوشه‌های یک شش ضلعی منتظم به ضلع R، امکان ایجاد ۱۰۰درصد همپوشانی فراهم می‌شود. آرایش مربعی نیز ۶۰ درصد هم‌پوشانی فراهم می‌کند. بنابراین فاصلهٔ چاه‌های استخراج با رابطهٔ زیر مشخص می شود:

$$S = (2 - O/100)R$$

در این رابطه:

S= فاصلهٔ چاه‌ها از هم برحسب متر؛

O= همپوشانی مورد نیاز برحسب درصد و

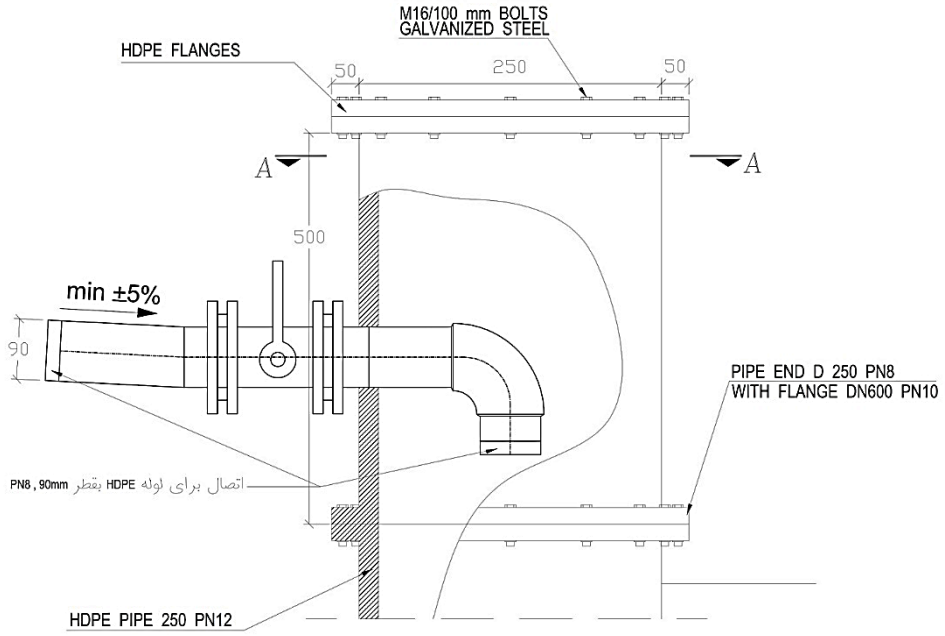
R= شعاع تأثیر چاه‌های استخراج برحسب متر است.

محدوده‌ی تأثیر یک سیستم استخراج گاز باید از راه تحقیقات میدانی تعیین شود. یک چاه استخراج باید در لندفیلی نصب شود که در آن گمانه‌های بازرسی به فواصل منظم از چاه تعبیه شده‌اند. آزمایش‌های کوتاه‌مدت یا درازمدت باید برای طراحی یک سیستم استخراج کارآمد انجام شوند. آزمایش‌های کوتاه مدت استخراج اغلب در طی ۴۸ ساعت یا چند روز انجام می‌شوند. آزمایش‌های کوتاه مدت در مورد طراحی یک سیستم استخراج به منظور به حداقل رساندن مهاجرت گاز محل دفن، کافی هستند.

آزمایش‌های درازمدت برای شبیه‌سازی شرایط یک پروژه‌ی کامل بازیافت گاز استفاده می‌شوند. چاه‌های استخراج باید به اندازهٔ ۹۰-۸۰ درصد ضخامت پسماند نفوذ کند و ۸۰-۷۰ درصد از طول چاه در قسمت پایین سوراخ شده باشد. چاه باید برای دست کم ۴۸ ساعت پمپاژ شود و سپس فشار در همهٔ گمانه‌ها برای سه روز پی‌درپی و دست‌کم دوبار در روز کنترل و نظارت قرار شود. گمانه‌هایی که از همه به چاه نزدیک‌تر هستند، بالاترین فشار منفی را نشان می‌دهند که این فشار با افزایش فاصله از چاه به سرعت افت می‌کند. شعاع تأثیر چاه، فاصله‌ای است که در آن فشار منفی تقریبا صفر شود. هنگامی که داده‌های آزمایشگاهی در دسترس نیست، شعاع تأثیر بین ۴۵ تا ۶۷ متر در نظر گرفته می‌شود. شعاع تأثیر به نوع پوشش، عمق، سن محل دفن و ترکیبات پسماند بستگی دارد. مقدار کمتر شعاع تاثیر برای لندفیل‌هایی در نظر گرفته می‌شود که به نسبت کم‌عمق (۱۵ متر یا کم‌تر) هستند و نیز در مواردی که پوشش نهایی، حاوی لایه‌ای از یک غشای مصنوعی نیست.

۲-۷-۱-۲-۲- لوله‌ی اصلی (سرلوله)

از لوله‌های پلاستیکی (PVC یا HDPE) به قطر ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر برای اتصال چاه‌های استخراج به یک دمنده استفاده می‌شود. به منظور جلوگیری از اتلاف هد در اثر اصطکاک، می‌توان قطر لوله‌ها را افزایش داد. این لوله ها در ترانشه‌هایی که با ماسه پر شده‌اند، جایگذاری می‌شوند. لوله‌های استفاده شده نباید سوراخدار باشند چرا که که اتلاف هد از درون این سوراخ‌ها بالاست. در نتیجه، به یک دمنده با ظرفیت بسیار بالا نیاز خواهد بود؛ در حالی‌که افزایش چندانی در میزان گاز استخراج شده مشاهده نمی‌شود.



شکل ۲-۳۴- نمونه جزئیات اتصال سرلوله به لوله‌ی استخراج

۲-۷-۱-۲-۳- دمنده

دمنده باید در یک فضای بسته و در ارتفاعی کمی بالاتر از انتهای لولهٔ فوقانی نصب شود. ابعاد دمنده بر اساس هد منفی کل و نیز میزان گازی که باید استخراج شود، تعیین می‌شود.

۲-۷-۱-۲-٤- مشعل

اگرچه متان موجود در گاز محل دفن اغلب برای سوزاندن کافی است، ولی به منظور احتراق کامل آلاینده های خطرناک هوا، شاید به یک منبع اضافی سوخت متان نیاز باشد. دمای فرایند و زمان ماند در مشعل باید کافی باشد تا از تخریب کامل تمامی آلاینده‌ها اطمینان حاصل شود. در صورتی که دمای فرایند بین ۸۱۵ تا ۹۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد و زمان ماند بین ۰/۳ تا ۰/۵ ثانیه باشد، می‌توان از احتراق کامل آلاینده‌ها مطمئن شد.

۲-۸- الزامات مربوط به طراحی پوشش‌ها

۲-۸-۱- معرفی انواع پوشش‌ها

به‌طور کلی سه نوع پوشش در محل‌های دفن پسماند وجود دارد: روزانه، میانی و نهایی. پوشش روزانه، پوششی است که در انتهای هر روز بر روی سلول دفن روزانه اجرا می‌شود. پوشش میانی، دارای عملکردی مشابه پوشش روزانه است با این تفاوت که بر روی قسمت‌هایی از پسماند دفن‌شده اجرا می‌شود که برنامه‌ای برای دفن پسماند در آن قسمت برای یک مدت (از چند روز تا چند ماه) وجود ندارد. پوشش نهایی نیز به عنوان آخرین المان اصلی لندفیل، مدت زمانی پس از تکمیل عملیات دفن اجرا می‌شود.

۲-۸-۲- معیارها و روش انتخاب نوع پوشش

۲-۸-۲-۱- پوشش روزانه

پوشش روزانه اصطلاحی است که برای موادی که بر روی پسماند جای‌گذاری‌شده در محل دفن در پایان روز کاری پخش می‌شوند، استفاده می‌شود. ضخامت این لایه در صورتی که از مواد خاکی استفاده شود برابر ۱۵۰ میلی‌متر لحاظ می‌شود. هم‌چنین از مواد ژئوسینتتیک مناسب نیز می‌توان بدین منظور استفاده کرد.
اصلی‌ترین اهداف استفاده از لایه پوشش روزانه به شرح زیر است:

- جلوگیری از پراکنش پسماندها در اثر وزش باد؛
- جلوگیری از زباله‌دزدی توسط پرندگان یا دیگر حیوانات؛
- جلوگیری از هجوم حشرات؛
- کاهش بو و انتشار گاز لندفیل؛

- کاهش گرد و خاک؛
- جلوگیری از تجمع حیوانات موذی مانند موش؛
- کاهش ریسک آتش‌سوزی؛ و
- بهبود شرایط بصری سایت.

پوشش روزانه نباید:

- خود منشأ بو باشد؛
- عاملی برای ایجاد یا افزایش حضور عوامل مزاحم مانند مگس، گرد و خاک، پراکنش پسماند و پرندگان زباله‌دزد باشد؛
- باعث ایجاد آلودگی شود؛
- ناقض الزامات مجوز بهره‌برداری لندفیل از منظر نوع پسماندهایی که مجاز به دفن است، باشد؛
- باعث اختلال در عملکرد صحیح زیرساخت‌های سایت شود؛
- منبعی برای تولید گاز در لندفیل باشد؛
- باعث انباشت و بیلدآپ موضعی شیرابه درون لندفیل شود (این مسئله در حالتی رخ می‌دهد که خاک مورد استفاده دارای محتوای رس بالا باشد)؛
- با سیستم جمع‌آوری گاز لندفیل تداخل داشته باشد؛
- به مرور زمان تجزیه شده و منجر به یکی از مشکلات فوق‌الذکر شود.

در گذشته، مصالحی مانند خاک، سنگ و پسماندهای ناشی از ساخت و تخریب مانند آجر و بتن شکسته به عنوان پوشش روزانه مورد استفاده قرار می‌گرفت. با این حال، این مصالح بعضا به عنوان منابع ارزشمند شناخته شده و می‌توانند کاربردهای مفیدتری داشته باشند و از سوی دیگر دسترسی بدان‌ها بستگی به نرخ ساخت و ساز در منطقه‌ی ساخت محل دفن دارد. در حال حاضر، در کشورهای اروپایی تمایل به استفاده از دیگر مصالح افزایش یافته است. در هر صورت، استفاده از هر گونه مصالح به عنوان خاک پوششی باید به تایید سازمان محیط‌زیست برسد.

۲-۸-۲-۲- پوشش میانی

پوشش میانی به جای‌گذاری مصالح مناسب، کافی و پایدار بر روی پسماند دفن‌شده برای یک مدت‌زمان مشخص قبل از اجرای پوشش موقت نهایی یا دفن بیشتر در آن قسمت اطلاق می‌شود. پوشش روزانه باید در مواقعی که لیفت بعدی پسماند در بازه‌ای بزرگ‌تر از هفت روز اجرا خواهد شد، با پوشش میانی جایگزین شود. ضخامت لایه پوشش میانی برابر ۳۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود.

در بسیاری از دستورالعمل‌ها، ارقام بزرگ‌تری برای زمانی که در محدوده باید پوشش میانی اجرا شود، ذکر کرده‌اند. به عنوان مثال، دپارتمان منابع طبیعی ایالت میزوری ۶۰ روز، دستورالعمل طراحی لندفیل استرالیات ۹۰ روز، شرکت WM برابر ۶ ماه و در برخی منابع تا یک سال ذکر شده است.

پوشش میانی دارای همان کارکردی است که پوشش روزانه دارد. به‌علاوه، پوشش میانی باید نفوذ آب به درون بدنه پسماند را محدود، به جلوگیری از فرار شیرابه و گاز کمک، و عملکرد خود را در درازمدت (چند هفته یا ماه) حفظ کند.

تمام مصالحی که برای پوشش روزانه مناسب هستند، الزاما برای پوشش میانی کارایی ندارند. پوشش‌های میانی باید مقاوم بوده و محافظت درازمدت‌تری از سطح لندفیل تا زمانی که پوشش نهایی موقت یا لایه بعدی پسماند اجرا می‌شود، به عمل آورند. خاک‌های ناشی از گودبرداری که اجازه زهکشی آزاد را نمی‌دهند، بیشتر مناسب پوشش میانی هستند تا پوشش روزانه، چرا که به ممانعت از نفوذ آب ناشی از بارش به درون لندفیل و کاهش انتشار گاز لندفیل کمک می‌کنند.

قسمت‌هایی که دارای پوشش میانی هستند، باید مرتبا توسط بازرسی شوند و هرگونه پوشش فرسایش‌یافته باید به سرعت اصلاح شود. در صورتی که نیاز است بر روی پوشش میانی مجددا پسماند دفن شود، لایه پوشش میانی باید به خوبی تراشیده شده یا سوراخ‌های متعدد بر روی آن ایجاد شود تا از ایجاد بیلدآپ شیرابه در آینده در آن قسمت ممانعت شود. این مسئله به منظور رعایت الزامات پایداری لندفیل نیز ضروری است. اگرچه محدودیت‌های عملی برای برداشت کل پوشش میانی وجود دارد، ولی فرایند برداشت باید تا حدی پیش برود که اطمینان حاصل شود که پوشش میانی باقی‌مانده تاثیر قابل توجهی بر جریان گاز و شیرابه درون لندفیل نخواهد داشت.

۲-۸-۲-۳- پوشش نهایی

هدف از اجرای پوشش نهایی یک لندفیل، محصورسازی پسماند و ایجاد یک جداسازی فیزیکی بین پسماند و محیط جهت حفظ بهداشت عموم است. اغلب پوشش‌های نهایی لندفیل با هدف کاهش یا جلوگیری از نفوذ بارش به درون لندفیل جهت حداقل‌سازی تولید شیرابه است. به علاوه، پوشش نهایی وظیفه کنترل انتشار گازهای تولیدی در لندفیل و ایجاد امکان تهویه، جمع‌آوری و استحصال آن را دارد. پوشش نهایی همچنین باید فرسایش را به حداقل رسانده و از پوشش گیاهی محافظت کند. در نهایت، پوشش نهایی باید طراحی منظر شود تا با محیط پیرامون خود انطباق یافته یا الزامات طرح‌های استفاده‌های پس از دفن را تأمین کند.

به منظور تأمین الزامات فوق، پوشش نهایی غالبا سیستم‌های چندجزئی هستند که مستقیما بر روی بالای پسماند قرار داده می‌شوند. پوشش نهایی ممکن است بلافاصله پس از اتمام عملیات دفن پسماند و رسیدن لندفیل به

ظرفیت نهایی یا چند سال پس از آن (بسته به الگوی نشست لندفیل) اجرا شود. نشست‌های تفاضلی قابل توجه می‌توانند در عملکرد پوشش نهایی اختلال ایجاد کنند.

طراحی خاص سیستم پوشش نهایی به نوع پسماند دفنی (شهری، خطرناک یا خنثی) و الزامات حفاظت از محیط زیست محلی بستگی دارد.

پوشش نهایی در محل‌های دفن پسماندهای شهری معمولا شامل موارد زیر است (از بالا به پایین):

- لایه‌ی سطحی
- لایه‌ی محافظتی
- لایه‌ی زهکش
- لایه‌ی آب‌بند
- لایه‌ی زهکشی گاز
- لایه‌ی فونداسیون

۲-۸-۲-۳-۱- لایه‌ی سطحی

عملکرد اصلی لایه‌ی سطحی، به حداقل رساندن فرسایش و عمل به عنوان لایه‌ی پوشش گیاهی است. پوشش گیاهی منجر به افزایش تعرق آب به درون اتمسفر شده و در نتیجه باعث کاهش اثر بارندگی و کاهش سرعت باد بر روی سطح خاک می‌شود. این لایه می‌تواند شیب‌بندی شود تا رواناب با سهولت بیشتری جریان پیدا کند. ضخامت این لایه حداقل ۱۵ سانتی‌متر منظور می‌شود. با این وجود، در سایت‌هایی که کاشت درخت بر روی سطح نهایی مد نظر است، ضخامت این لایه باید تا ۱۵۰ سانتی‌متر افزایش یابد، مگر اینه لایه‌ی محافظتی زیرین، امکان پذیریش نفوذ ریشه را داشته باشد که در این حالت می‌توان ضخامت لایه سطحی را کاهش دهد.

برخی اوقات، لایه سطحی با لایه محافظتی به صورت یک لایه با مصالح یکسان یکدیگر ترکیب می‌شوند. لایه‌ی ترکیبی باید ضخامتی حداقل برابر ۸۰-۴۵ سانتی‌متر داشته باشد.

مواد مورد استفاده برای لایه‌ی سطحی باید امکان رشد گیاه را به خوبی فراهم کنند و غالبا از نوع خاک‌های لومی انتخاب می‌شوند.

۲-۸-۲-۳-۲- لایه‌ی محافظتی

هدف از ایجاد لایه‌ی محافظتی، محافظت از لایه‌ی زهکش و آب‌بند زیرین از نفوذ ریشه‌ها و جوندگان است. این لایه همچنین وظیفه محافظت از لایه‌ی آب‌بند در برابر چرخه‌های خشک/تر و ذوب/یخ را دارد. خاک‌های لومی با بافت متوسط معمولا بهترین عملکرد را برای این لایه دارند. لایه‌ی زهکش عملکرد زهکشی جریان‌های

آب نفوذی به محل دفن و جلوگیری از ایجاد هد آب بر روی لایه‌ی آب‌بند را به عهده دارد. این لایه همچنین با کنترل فشار آب حفره‌ای در پوشش نهایی، به پایداری سیستم پوشش کمک می‌کند.

۲-۸-۲-۳-۳- لایه‌ی آب‌بند

لایه‌ی آب‌بند دارای یک کارکرد دوگانه در سیستم پوشش است: جلوگیری از نفوذ آب به درون لندفیل و جلوگیری از خروج گاز از لندفیل. این لایه می‌تواند از مصالح خاکی (لاینر رسی متراکم‌شده) یا مصالح مصنوعی (ژئوممبرین و لاینر رسی ژئوسینتتیکی) یا ترکیبی از هر دو باشد. ضخامت لاینر رسی معمولا برابر ۶۰ سانتی‌متر با نفوذپذیری کمتر از 1×10^{-7} cm/s و حداقل ضخامت ژئوممبرین برابر ۱ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود. جزئیات مربوط به انواع این سیستم‌ها قبلا در بخش ۲-۳ آورده شده است و از تکرار آنها در این قسمت خودداری می‌شود.

محافظت از لایه‌ی آب‌بند برای عملکرد بهینه بسیار حیاتی است. تمامی لاینرها در برابر نشست تفاضلی پسماند حساس بوده و احتمال ترک‌خوردگی و شکست آن‌ها زیاد می‌شود. لاینرهای رسی باید در برابر خشک‌شدگی و یخ‌زدگی محافظت شوند چرا که این فرایندها منجر به ترک‌خوردگی لاینر و افزایش نفوذپذیری آن می‌شود. ترشدگی شدید ممکن منجر به ایجاد مسائلی در رابطه با پایداری پوشش نهایی شود. به منظور جلوگیری از ناپایداری شیب‌ها، ایجاد زهکشی مناسب بر روی لایه‌ی آب‌بند مهم است.

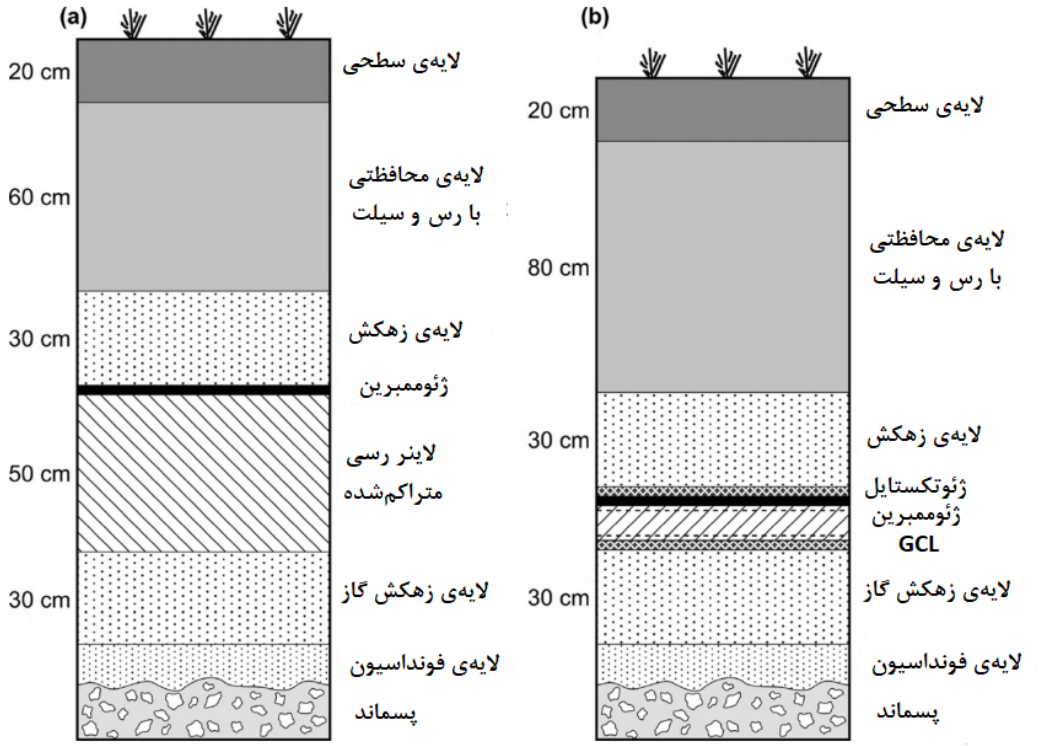
۲-۸-۲-۳-٤- لایه‌ی زهکش گاز

لایه‌ی زهکش گاز جهت هدایت گاز خروجی از محل دفن به سمت سیستم جمع‌آوری گاز تعبیه می‌شود. این لایه می‌تواند از مصالح طبیعی مانند شن یا ماسه و یا از مصالح مصنوعی مانند ژئونت یا ژئوتکستایل باشد. در صورت استفاده از مصالح طبیعی، حداقل ضخامت برابر ۳۰ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود.

۲-۸-۲-۳-۵- لایه‌ی فونداسیون

لایه‌ی فونداسیون به عنوان شالوده‌ی سیستم پوشش نهایی، دقیقا در روی پسماند یا خاک پوششی آخرین لایه‌ی پسماند اجرا می‌شود. در صورتی که از مصالح درشت‌دانه برای این کار استفاده شود، می‌توان این لایه را با لایه زهکش گاز تلفیق کرد. این لایه جهت مقاومت در برابر نشست‌های لندفیل و جلوگیری از ایجاد تنش در لایه‌های بالاتر، باید به خوبی متراکم شود.

در شکل ۲-۳۵، دو مدل از چیدمان لایه‌های پوشش نهایی در محل دفن پسماندهای شهری آورده شده است.



شکل ۲-۳۵- مثالی از دو سیستم پوشش نهایی با الف) لاینر رسی متراکم‌شده و ب) GCL با حداقل میزان نفوذ آب به درون لندفیل

۲-۹- الزامات مربوط به بستن محل دفن

مدیریت لندفیل با پایان عملیات دفن پسماند خاتمه نمی‌یابد. قبل از اینکه یک لندفیل بتواند به صورت ایمن رها شود یا به جامعه بازگشت داده شود، یک پوشش نهایی باید بر روی آن اجرا و تدارکات مالی برای نیازهای پس از دفن انجام شود. بستن لندفیل، لحظه‌ای نیست که گیت ورودی بسته شده و دفن پسماند متوقف می‌شود. از منظر قانونی، بستن لندفیل زمانی است که مرجع ذیصلاح به این نتیجه رسیده باشد که بهره‌بردار لندفیل تمامی الزامات مجوز بهره‌برداری از منظر اقدامات حفاظت از محیط‌زیست و تدارکات پس از دفن را تأمین کرده است.

۲-۹-۱- چارچوب قانونی

ضمیمه یک دستورالعمل لندفیل اتحادیه اروپا، الزامات فنی پوشش نهایی که اصلی‌ترین المان فنی بستن لندفیل است را ارائه کرده است. برخی مواردی که در این رابطه ذکر شده است به شرح زیر است:

- اقداماتی برای کنترل (و نه ممانعت) نفوذ آب ناشی از بارش به درون بدنه پسماند انجام شود؛
- محافظت از خاک، آب زیرزمینی و آب سطحی باید به وسیله‌ی ترکیبی از لایه‌های آب‌بند طبیعی (زمین‌شناختی) و یک لاینر روئین در بازه‌ی غیرفعال/پس از دفن انجام شود؛

- در صورتی که مرجع ذیصلاح بعد از لحاظ کردن مخاطرات بالقوه برای محیط‌زیست تشخیص دهد که جلوگیری از تولید شیرابه ضروری است، اجرای یک لایه آب‌بند سطحی می‌تواند تجویز شود؛
- تدارکات کافی از طریق ایجاد امنیت مالی یا هر معادل دیگری باید انجام شود تا از انجام ملزومات مراقبت‌های پس از دفن اطمینان حاصل شود؛
- تدارکات مالی باید هزینه بستن و مراقبت‌های پس از دفن به مدت ۳۰ سال را پوشش دهند؛
- یک لندفیل یا بخشی از آن در صورتی می‌تواند بسته‌شده تلقی شود که مرجع ذیصلاح یک بازدید میدانی انجام داده باشد، کلیه‌ی گزارش‌های ارائه‌شده توسط بهره‌بردار را بررسی کرده و موافقت خود را جهت بستن لندفیل به بهره‌بردار اعلام کرده باشد؛
- پس از اینکه یک لندفیل به صورت قطعی بسته شد، بهره‌بردار باید مسئول نگهداری، پایش و کنترل فاز پس از بسته‌شدن به هر مدت که مرجع ذیصلاح لازم بداند است؛ و
- بهره‌بردار باید تا زمانی که مرجع ذیصلاح تشخیص بدهد که لندفیل ممکن است منجر به بروز خطر برای محیط‌زیست شود، مسئول نگه داشته شود.

۲-۹-۲- بستن محل دفن

بستن یک لندفیل معمولا شامل اجرای پوشش نهایی، استقرار پوشش گیاهی در سایت، ایمن‌سازی تجهیزات دائمی و از رده خارج کردن سازه‌های مازاد است. در این بخش، سه مورد اول مورد بحث قرار می‌گیرد. همچنین در ادامه در مورد استفاده‌ی بعدی از محل دفن مطالبی ارائه می‌شود.

۲-۹-۲-۱- اجرای پوشش نهایی

پس از پایان پذیرش و دفن پسماند، لندفیل با یک پوشش موقت سرپوشیده می‌شود. این پوشش معمولا از جنس خاک محلی به ضخامت ۳۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر است. پوشش نهایی معمولا بلافاصله پس از پایان دفن قابل اجرا نیست. سال‌های زیادی پس از پایان ظرفیت دفن لندفیل، نشست‌های قابل توجهی می‌تواند در لندفیل رخ دهد. این نشست‌ها با افزایش میزان پسماندهای فسادپذیر افزایش می‌یابد. وقتی این نشست‌ها متقارن نبوده و غیریکنواخت باشد، به پوشش نهایی و اجزای آن (ژئوممبرین، لاینر رسی، ...) آسیب می‌رساند. ترک خوردن لاینر رسی می‌تواند باعث شود ترک‌ها با ماسه‌ی لایه‌ی زهکش روئین پر شوند. در نتیجه، امکان خودترمیمی لاینر از بین رفته و یک نشت دائمی در لاینر ایجاد می‌شود. لذا توصیه می‌شود پس از پایان دفن، روند نشست لندفیل دنبال شود.

مطابق دستورالعمل اتحادیه اروپا، اندازه‌گیری ارتفاع لندفیل باید به صورت سالیانه انجام شود. هیچ راهنمایی برای میزان قابل قبول نشست وجود ندارد، ولی در صورتی که میزان نشست به کمتر از ۵ سانتی‌متر در سال برسد، اجرای پوشش نهایی را می‌توان ایمن تلقی کرد.

۲-۹-۲-۲- پوشش گیاهی

احیای مجدد پوشش گیاهی لندفیل تکمیل‌شده به علل مختلف ضروری است: انطباق با محیط پیرامون، افزایش پذیرش عمومی، کاهش فرسایش در شیب‌ها و کاهش تولید شیرابه از طریق افزایش تبخیر و تعرق از جمله‌ی این علل هستند.

۲-۹-۲-۳- تجهیزات دائمی

بر روی لندفیل تکمیل‌شده، تأسیسات متعددی باید بدون نقص به عملکرد خود ادامه دهند. این تأسیسات شامل پیت‌های جمع‌آوری شیرابه، واحد تصفیه شیرابه، پیزومترها، چاه‌های گاز، منیفولدهای گاز، تل‌های رطوبت‌گیر، مشعل‌ها و بیوفیلترها هستند.

۲-۹-۳- استفاده‌ی نهایی از محل‌دفن

استفاده نهایی از لندفیل در اکثر کشورهای اروپایی اساسا با برنامه‌ریزی مکانی شهرداری که زمین در آن واقع شده است تعیین می‌شود. هدفی که در برنامه‌ریزی مشخص شده است اغلب مدیریت پسماند است و در موارد معدودی، تغییر در کاربری محل دفن در برنامه‌ریزی‌های اولیه دیده شده است. علاوه بر شهرداری، سایر مقامات نیز می‌توانند در برنامه‌ریزی تأثرگذار یاشند. نهادهای ملی اغلب لوایحی در مورد برنامه‌ریزی منطقه‌ای دارند و مقامات منطقه‌ای نیز اغلب طرح‌های برنامه‌ریزی منطقه‌ای تدوین کرده‌اند. علاوه بر این، دیگر مقامات مانند سازمان آب می‌تواند برنامه‌ریزی درمورد کیفیت و کمیت آب داشته باشدکه می‌تواند فعالیت‌های آینده لندفیل را محدودکند. در بیشتر موارد موجود، طرح برنامه‌ریزی شهرداری پس از بسته شدن لندفیل به سازگاری نیاز دارد. این سازگاری باید مطابق با اهداف برنامه‌ریزی و محدودیت‌های اعمال شده توسط سایر نهادهای ذیصلاح باشد. به‌طور کلی، مالک لندفیل باید ابتکار عمل را برای پیشنهاد استفاده نهایی از لندفیل در دست گیرد و شروع فرآیند تطبیق با برنامه‌ریزی محلی راآغاز کند که مستلزم مشورت و همکاری با مقامات ذیصلاح است. این فرآیند وقت‌گیر است و باید قبل از انجام مراحل بسته شدن به خوبی آغاز شود.

علاوه بر مقامات، باید مردم محلی را نیز در انتخاب کاربری برای زمین درگیر کرد. این مسئله به‌خصوص در حالتی که در نزدیکی محل دفن، روستایی واقع شده باشد و یا طی ساخت‌وساز در سالیان متمادی، زمین توسط مناطق مسکونی احاطه شده باشد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

متداول‌ترین نوع استفاده نهایی از لندفیل، استفاده از آن به عنوان پارک و منطقه تفریحی و یا عدم استفاده از آن است. به‌طور کلی استفاده به عنوان پارک به کاشت گیاه و احداث مسیرهای پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری محدود می‌شود. علاقه روزافزونی به وجود امکانات تفریحی در نزدیکی مناطق مسکونی وجود دارد که فراتر از یک پیاده‌روی عصرانه است. لندفیل‌های بسته‌شده فرصتی عالی برای ایجاد امکانات تفریحی مانند دویدن، دوچرخه‌سواری در کوهستان، اسب‌سواری و بسیاری از فعالیت‌های دیگر را فراهم می‌کند. در بسیاری از کشور ها، تقاضای زیادی برای استفاده به‌عنوان زمین‌های گلف نیز وجود دارد. لندفیل‌ها می‌توانند یک زیرساخت عالی برای احداث زمین‌های گلف باشند. زمین‌های گلف و سایر فعالیت‌ها نیز به نوبه‌ی خود می‌توانند زمینه‌ای برای فعالیت کافی‌شاپ‌ها و رستوران‌ها فراهم کنند.

بسیاری از لندفیل‌ها در زمان بسته شدن، در نزدیکی مناطق شهری واقع شده‌اند که در اغلب موارد یافتن مکان مناسب برای فعالت‌های تفریحی و توسعه در این مناطق دشوار است. این امر می‌تواند به افزایش قیمت زمین منجر شده و مقاومت عمومی در برابر ساخت ساختمان‌های مسکونی و تجاری در نزدیکی لندفیل‌های بسته‌شده را کاهش دهد. چالش ساخت و ساز بر روی لندفیل‌ها در رسیدن به یک سیستم حفاظتی مؤثر در برابر انتشارات احتمالی لندفیل (مانند گاز، بو و شیرابه) و یافتن روش‌های ساخت و ساز بدون نیاز به شمع‌کوبی است. شمع‌ها لاینر را سوراخ می‌کند وبنابراین چندان مورد ترجیح نیستند؛ اگرچه تکنولوژی ساخت لاینر برای تأمین ایمنی لازم تکامل یافته است. به عنوان مثال پروژه‌های اخیر، شامل سالن‌های اسکی سرپوشیده یا ساختمان‌های اداری نشان داده‌اند که ساخت و ساز بر روی لندفیل‌ها از نظر فنی ممکن و از نظر زیست‌محیطی قابل قبول است.

انتخاب کاربری نهایی که بیشترین تقاضا را داشته باشد می‌تواند برای افراد زیادی سودمند باشد. از یک‌سو، عموم مردم می‌توانند تاسیسات جذابی در نزدیکی خود داشته باشند و از سوی دیگر، برای برداشتن فشار زیاد به زمین‌های کمیاب، می‌توان راه‌حل‌هایی به مقامات ارائه داد. توسعه‌دهنده و یا مالک استفاده نهایی از لندفیل، اجاره کمتری نسبت به زمین خارج از لندفیل خواهد داشت. متصدی لندفیل اجاره دریافت می‌کند و می‌تواند به این وسیله تاحدودی هزینه‌های مالی تعمیر و نگهداری سایت را تأمین کند. در نهایت، از آنجا که لندفیل از منافع جامعه حمایت می‌کند، وجهه‌ی عمومی بهره‌بردار را در جامعه ارتقا می‌بخشد.

۲-۹-۳-۱- اقدامات احتیاطی در مورد استفاده نهایی

مهم‌ترین اقدام احتیاطی که باید درنظرگرفته شود، جلوگیری مؤثر از تماس بین استفاده‌کننده از سایت و پسماند است. به‌طور کلی یک لایه خاک با ضخامت یک متر می‌تواند برای غیرمحتمل شدن تماس با پسماند، مناسب تلقی شود. تجربه‌ی ۱۵-ساله‌ی لندفیل Velsen در هلند (که در ادامه آورده می‌شود)، این مدعا را تایید می‌کند. همچنین باید از تماس با شیرابه و گاز لندفیل جلوگیری شود. کنترل شیرابه و گاز لندفیل به عنوان بخشی از مهم‌ترین مراقبت‌های پس از دفن درنظر گرفته می‌شوند. از آنجا که شیرابه تمایل به حرکت به سمت پایین

داشته و کاربر بر روی سطح بالایی لندفیل قرار دارد، تماس با شیرابه بسیار نامحتمل است. قرار گرفتن در معرض گاز لندفیل در لندفیل‌هایی که با خاک به ضخامت یک متر پوشیده شده و مجهز به استخراج فعال گاز است، بهطور کلی تهدیدی برای سلامتی انسان و یا محیط زیست نیست. میزان گازی که از درون یک ترک در پوشش نهایی فرار کرده و به محیط منتشر می‌شود بسیار کم بوده و به سرعت در هوا رقیق می‌شود. اما حتی با اقدامات استخراج فعال، گاز لندفیل می‌تواند وارد فضاهای سربسته شود. انباشت متان در فضاهای سربسته، تهدیدی است که باید بخوبی بدان توجه شود. تعداد زیادی حادثه آتش‌سوزی یا انفجار ناشی از تغلیظ تدریجی متان در چاه‌ها، زیرزمین‌ها و ... که در معرض منبع احتراق (به عنوان مثال سوئیچ برق یا سیگار) قرار می‌گیرند رخ داده است. مطمئن‌ترین روش برای جلوگیری از مهاجرت متان به درون ساختمان‌های ساخته‌شده بر روی لندفیل، ایجاد یک سیستم تهویه هوای آزاد در زیر ساختمان است. این کار می‌تواند با لایه‌ای از شن با ضخامت و تخلخل مناسب در زیر فونداسیون یا با اجرای یک سازه بر روی شمع‌هایی انجام شود که زیر ساختمان است و می‌تواند به عنوان پارکینگ استفاده شود.

شکل ۲-۳۶- سیستم تهویه‌ی ایجادشده در زیر یک ساختمان اداری احداث‌شده روی لندفیل (هلند)

همچنین باید به خسارت وارده به ساختمان ناشی از لندفیل توجه شودکه عمدتابه علت نشست است. نشست می‌تواند قبل از ساخت و ساز با ریختن چند متر خاک در بالای پسماند تسریع شود. ساختمان‌های مختلفی که روی لندفیل‌ها ساخته شده‌اند، عمدتا به جک‌هایی برای اصلاح نشست‌های تفاضلی مجهز هستند.

استفاده نهایی از لندفیل به هیچ وجه نباید اقدامات حفاظتی محیط‌زیستی را به خطر اندازد. این امر فقط در مورد گیاهان ریشه‌دار عمیق صدق نمی‌کند؛ فوندانسیون ساختمان‌هایا هرگونه ساخت و ساز می‌تواند به پوشش خاکی

آسیب برساند. خاک‌برداری در پوشش‌های خاکی باید با احتیاط انجام شود. به عنوان مثال قبل از ساخت استخرها یا مخازن برای زمین گلف، یک لایه مناسب از خاک، ماسه یا خاک رس برای جلوگیری از آسیب رساندن به پوشش خاکی استفاده می‌شود. همین امر برای نصب نرده‌ها، دروازه‌ها، تابلوهای اعلانات، تجهیزات زمین بازی، نیمکت‌های پارک، جداول و ... نیز صدق می‌کند. وسایلی مانند پمپ، کنتور جریان، پیزومتر یا ایستگاه‌های نمونه‌برداری خودکار که نیاز به بازرسی و یا تعمیر مکرر دارند باید به راحتی در دسترس باشند.
درنهایت، شبکه‌های خدمات مانند فاضلاب، لوله‌های آب، لوله‌های گاز، کابل‌های ارتباطی و کابل‌های برقی، ترجیحا باید در پوشش خاکی نصب شوند. درصورتی که نگهداری مورد نیاز باشد، نیازی به خاکبرداری در پسماند نیست.

۲-۹-۳-۲- مثال‌های موردی

۲-۹-۳-۲-۱- استفاده نهایی از لندفیل Velsen در هلند

لندفیل Velsen بین سال‌های ۱۹۷۷ تا ۱۹۹۲درحال بهره‌برداری بود و عمدتا پذیرای پسماند تجاری و ساختمانی بود. این لندفیل در منطقه‌ای با خاک رس در یک زمین استحصال‌شده از دریا و پایین‌تر از سطح دریا قرار دارد. پوششی به ضخامت حداقل یک متر خاک روی آن تشکیل شده است. این لندفیل به عنوان یک منظره کوهستانی جذاب و موج‌دار طراحی شد. یک سازه‌ی برجسته به عنوان نماد لندفیل با استفاده از قطعات بزرگ پسماند ساختمانی در محل لندفیل ساخته شده است. همچنین یک سازه‌ی بتنی از یک دیوار کوهستانی ساخته شده است که از آن برای تمرین کوهنوردی استفاده می‌شود. به غیراز پیاده‌راه‌ها، مسیرهای پل و مسیرهای دوچرخه سواری، سایت دارای پیست دوچرخه‌سواری کوهستانی است که اغلب برای مسابقات قهرمانی کشور استفاده می‌شود. طرح اولیه شامل یک شیب اسکی در فضای باز بود که در سال‌های اخیر یک شیب اسکی سرپوشیده با برف مصنوعی جایگزین آن شده است. همه ساله در ماه آگوست از آمفی‌تئاترهای طبیعی تپه‌ها برای یک رویداد رقص سه‌روزه استفاده می‌شود. این رویداد به تنهایی حدود ۴۰۰۰۰ بازدیدکننده را به خود اختصاص می‌دهد و سالانه ۴۰۰۰۰۰ بازدیدکننده دارد.

شکل ۲-۳۷- لندفیل Velsen در هلند

۲-۹-۳-۲-۲- استفاده نهایی از لندفیل Nauerna در هلند

لندفیل Nauerna در سال ۱۹۸۵ افتتاح شد و هنوز درحال بهره‌برداری است. این لندفیل مساحت ۸۰ هکتار را اشغال کرده است. در سال ۲۰۰۵، قدیمی‌ترین قسمت لندفیل با یک پوشش ژئوممبرین HDPE و یک لاینر خاکی پوشیده شد. قبل از ساخت لاینر، چند متر پسماند از محلی که قرار بود ساختمان اداری ساخته شود حذف شد. وزن پسماند حذف شده مطابق با وزن ساختمان در حال احداث بود. در نتیجه، ساختمان ساخته‌شده منجر به نشست اضافی نسبت به دیگر قسمت‌های لندفیل نمی‌شد. در صورت ایجاد نشست‌های تفاضلی، امکان اصلاح نشست تا ۳۰ سانتی‌متر با استفاده از جک‌های کنترل نشست وجود دارد.

این ساختمان از مواد سبک با اثرات محیط‌زیستی کم ساخته شده است و باگاز لندفیل گرم و سرد می‌شود.

شکل ۲-۳۸- ساختمان اجراشده بر روی لندفیل Nauerna در هلند

۲-۹-۳-۲-۳- لندفیل Gaffey Street Landfill

در سال ۲۰۰۰ در مورد توسعه مجدد یک محل دفن پسماند غیرفعل در شهر لس‌آنجلس به عنوان زمین‌های ورزشی بحث شده است. یکی از نگرانی‌های اساسی در این زمینه نفوذ آب ناشی از آبیاری به محل دفن و به دنبال آن افزایش تولید گاز و تاثیرات نشت بر آب‌های زیرزمینی است. آبیاری و بارندگی لازم برای حفظ زمین‌های چمن در آب و هوای نیمه خشک لس آنجلس ۱۴۰ سانتی متر در سال است که در مقایسه با میانگین بارش سالانه که حدود ۳۲ سانتی متر است، رقم بسیار بالایی محسوب می‌شود. تجزیه و تحلیل دقیق تعادل آب با استفاده از یک مدل جریان اشباع نشده برای طراحی پوشش مناسب خاک برای سایت انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل حاکی از آن است که یک پوشش تبخیری یکپارچه نمی‌تواند مقاومت کافی دربرابر نفوذ را فراهم کند. با این حال یک پوشش با کنترل مویینگی (capillary break cover) می‌تواند درصورت کنترل صحیح سیستم آبیاری (به عنوان مثال عدم آبیاری بیش ازحد) مقاومت کافی در برابر نفوذ را فراهم کند. علاوه بر مهار نفوذ، این لایه می‌تواند راه حلی برای جمع‌آوری و تهویه گاز محل دفن فراهم کند.

۲-۹-۳-۲-٤- لندفیل Tecnoparc de Montreal, Canada

استودیوهای فیلم، تأسیسات انبارداری و ساختمان‌های اداری در محل دفن پسماندی که از سال ۱۸۷۰ تا ۱۹۶۰ فعال بود، ساخته شده است. این سایت نسبتا تثبیت شده است و گازهای لندفیل با غلظت بسیار کم در ۴۱ چاه

گمانه موجود شناسایی شده است. پنج ساختمان با مجموع مساحت ۱۰۳۱۲ مترمربع روی شمع‌ها ساخته شده و یک geomembrane روی مجموعه نصب شده است.

۲-۱۰- الزامات مربوط به سیستم مدیریت شیرابه

از آنجا که شیرابه حاوی سطوح بالای مواد معدنی و نمک‌هاست، پیش از تخلیه به محیط نیاز به تصفیه دارد. قبل و در طول تصفیه، شیرابه باید ذخیره شده و به صورتی مدیریت شود که با آب‌های سطحی یا زیرزمینی تماس نداشته و منجر به ایجاد بوهای زننده نشده و تماس انسان با شیرابه را به حداقل برساند. آب استفاده شده در شستشوی وسایل نقلیه و چرخ‌ها نیز باید همانند شیرابه مدیریت شود. گزینه‌های مدیریت شیرابه عبارتند از:

- تبخیر
- تخلیه به فاضلاب، با یا بدون پیش‌تصفیه
- تصفیه
- آبیاری سطحی شیرابهٔ تصفیه شده روی نواحی دارای پوشش لندفیل که تحت مدیریت شوری هستند
- فرونشاندن غبار در لندفیل یا
- فراهم کردن رطوبت برای لندفیل بیوراکتور

در تصمیم‌گیری در مورد هر یک از گزینه‌های مدیریتی فوق، یک آنالیز توازن آب بایستی حداقل در دو ترسالی متوالی (۹۰مین صدک) انجام شود تا اطمینان حاصل شود که سیستم پیشنهادشده ظرفیت کافی برای مدیریت همهٔ شیرابهٔ تولید شده در طول عمر راهبری لندفیل را دارد.

هر برکه‌ای که حاوی شیرابه باشد باید عمق آزادی حداقل برابر با ۰٫۵ متر داشته باشد تا محافظت در برابر امواجی که باعث می‌شوند شیرابه از خاکریزهای کناری بالاتر بیایند فراهم شده و نیز ظرفیت کافی برای هر پدیدهٔ پیش‌بینی نشده‌ای وجود داشته باشد. ناحیهٔ عمق آزاد بایستی با استفاده از سنگچین[۱۸] یا هر مادهٔ مناسب دیگری در برابر امواج محافظت شود.

برای جلوگیری از نشت از سیستم تصفیه به آب زیرزمینی، برکه‌ها باید مطابق استاندارد عملکرد لندفیل به لاینر مجهز شوند.

اگر برکه‌های شیرابه بی‌هوازی شوند یا جاییکه بو به دلیل کاربری‌های حساس اطراف مشخصاً یک موضوع بحرانی باشد، بوهای ایجاد شده در اثر شیرابه می‌تواند یک مشکل باشد. در این موارد ممکن است نیاز باشد برکه پوشانده شده یا به صورت مکانیکی هوادهی شود.

[۱۸] Riprap

در مواردی که شیرابه قرار است تبخیر شود بایستی در یک سیستم بسته انجام شود که شیرابه نتواند به محیط زیست فرار کند. معمولاً از برکه‌ها برای تبخیر شیرابه استفاده می‌شود. اندازهٔ برکهٔ مورد نیاز برای اطمینان از اینکه این سیستم می‌تواند حجم شیرابه‌ای را که انتظار می‌رود در یک سال تولید شود مدیریت کند عبارت است از:

$$A = \frac{1{,}000V}{0.8E - R}$$

در این رابطه A سطح برکه (متر مربع)، V حجم شیرابهٔ سالیانه (متر مکعب)، E میانهٔ ۱۹ تبخیر سالیانه (تشت تبخیر کلاس A بر حسب میلیمتر) و R میانهٔ بارش سالیانه (میلیمتر)

دفع شیرابه در سیستم فاضلاب به تأیید مسئولین مربوط به فاضلاب بستگی دارد که ممکن است محدودیت هایی در مورد کیفیت شیرابه‌ای که مجاز به تخلیه است ایجاد کند. معمولاً محدودیت‌هایی روی شوری و غلظت آمونیوم شیرابهٔ تخلیه شده به فاضلاب ایجاد می‌شود و در نتیجه ممکن است نیاز باشد پیش از تخلیه به فاضلاب برخی از پیش‌تصفیه‌ها روی شیرابه انجام شود.

روش اصلی تصفیهٔ شیرابه، تجزیه به وسیلهٔ باکتری‌های هوازیست. بازده این روش به نگاه داشتن لخته‌های باکتریایی در تعلیق و تزریق اکسیژن کافی مورد نیاز باکتری‌ها بستگی دارد. عامل دیگر تصفیهٔ کارآمد شیرابه در برکه‌های هوازی عبارت است از اجتناب از تغییرات زیاد در حجم و کیفیت شیرابه.

روش‌های متنوع دیگری برای تصفیهٔ شیرابه ایجاد شده‌اند که بازهٔ گسترده‌ای از روش‌های تصفیهٔ کاملاً فیزیکی-شیمیایی (که شیرابهٔ تصفیه شده از کیفیت بالایی برخوردار است) تا روش‌های گرمایی که در آن شیرابه با سوزاندن گار محل دفن تبخیر می‌شود، را در بر می‌گیرد. استفاده از این روش‌ها در هر مورد باید بررسی شود.

زمانی که قرار است از شیرابهٔ تصفیه شده برای آبیاری زمینی که در آن پسماند قرار نگرفته استفاده شود، بایستی استانداردهای مناسب برای آبیاری زمین را برآورده کند. به طور خاص آب شور (TDS> ۳۰۰۰ mg/L) نباید برای آبیاری زمین استفاده شود زیرا در حالت کلی ناپایدار بوده و محتمل است که منجر به شوری بلند مدت زمین شود.

اسپری کردن یا دفع شیرابه روی هر قسمتی از سایت که پسماند در آن دفن شده تنها باید در صورتی لحاظ شود که بخشی ضروری از راهبری لندفیل بیوراکتور یا فرونشاندن غبار باشد.

به عنوان جمع‌بندی می‌توان گفت:

۱) مدیریت و تصفیهٔ شیرابه باید به صورتی انجام شود که:

[۱۹] Median

- از ورود آن به آب‌های سطحی یا زیرزمینی جلوگیری شود
- از ایجاد بوهای ناخوشایند در خارج سایت جلوگیری شود
- تماس انسان با شیرابه به حداقل برسد

۲) آب ناشی از شستشوی وسایل نقلیه و محوطه (شستشوی دستی یا اتوماتیک) به عنوان شیرابه مدیریت شود.

۳) تأسیسات تصفیهٔ شیرابه در دو ترسالی متوالی مدل شوند تا از کفایت ظرفیت آن‌ها برای ذخیره و تصفیهٔ همهٔ شیرابهٔ تولید شده اطمینان حاصل شود.

۲-۱۱- الزامات مربوط به مدیریت گاز تولیدی

برای ارزیابی سطح ریسک ایجاد شده در اثر گاز لندفیل از یک سایت خاص، مناسب‌ترین راه این است که ارزیابی ریسک گاز لندفیل انجام شود. ارزیابی ریسک گاز لندفیل باید به درک بهتر از موارد زیر منجر شود:

- کمیت، نرخ تولید و ترکیبات گاز تولید شده
- مسیرهای بالقوهٔ انتشار گاز محل دفن ناشی از پسماند دفن شده
- ریسک‌ها/خطرات بالقوهٔ ایجاد شده به وسیلهٔ گاز لندفیل تولید شده برای همهٔ پذیرنده‌های بالقوه در داخل و خارج سایت

فرآیند ارزیابی ریسک گاز محل دفن یک فرآیند دائمی است که باید بر اساس اطلاعات جدید (برای مثال داده‌های پایش گاز یا پذیرنده‌های جدید) مرتباً بازبینی و به روز شود.

۲-۱۱-۱-۱- پایش گاز لندفیل

پایش گاز لندفیل جزء جدایی ناپذیر مدیریت گاز لندفیل است و باید بر اساس یافته‌های برنامهٔ ارزیابی ریسک گاز لندفیل برای هر محل دفن مشخص طراحی و اجرا شود. تعداد و محل نقاط پایش گاز به شرایط هر سایت وابسته است و باید بر اساس عوامل کلیدی زیر تعیین شود:

- نوع پسماند دفن شده
- نرخ تولید گاز و ترکیبات آن
- مسیرهای احتمالی مهاجرت گاز
- طبیعت و محل پذیرنده‌های بالقوه برای گاز محل دفن
- اثرات محتمل روی پذیرنده‌ها
- مدت زمان انتقال برای مهاجرت گاز از منبع به پذیرنده‌های بالقوه

پایش گاز حداقل باید موارد زیر را در بر بگیرد:

- سطح لندفیل
- ساختار زمین‌شناسی زیرسطحی
- تأسیسات زیرسطحی داخل و همجوار سایت
- ساختمان‌ها/سازه‌های داخل و همجوار سایت
- تجهیزات مدیریت/تصفیهٔ گاز لندفیل (مثل فلرها و موتورها)

در برخی موارد ممکن است پایش گاز لندفیل موجود در آب زیرزمینی و شیرابه نیز مناسب باشد. سطوح تعریف شده برای گاز لندفیل در محل‌های مختلف پایش در جدول زیر به این منظور هستند که هرگاه غلظت آلاینده‌های مشخص شده در ستون دوم از مقادیر مشخص شده در ستون سوم تجاوز کرد، بایستی سازمان محیط زیست ظرف حداکثر ۲۴ ساعت مطلع شود (در صورتی که افزایش غلظت فقط در نقاط پایش داخل سایت از سطوح مشخص شده تجاوز کرده و در مدت ۲۴ ساعت بر طرف شده‌است، نیازی به اطلاع به سازمان نیست). در این صورت باید یک برنامهٔ عملیاتی پاکسازی گاز لندفیل بایستی تهیه و برای سازمان ارسال شود.

جدول ۲-۱۱- سطوح مجاز تولید گاز در لندفیل

محل پایش	پارامتر(ها)	حدود غلظت
پوشش نهایی سطح لندفیل	غلظت متان در هوا*	۱۰۰ ppm
در محدودهٔ ۵۰ میلیمتری نفوذ درون پوشش نهایی	غلظت متان در هوا**	۱۰۰ ppm
نواحی پوشش میانی سطح لندفیل***	غلظت متان در هوا*	۲۰۰ ppm
در محدودهٔ ۵۰ میلیمتری نفوذ درون پوشش میانی	غلظت متان در هوا**	۱۰۰۰ ppm
بیوفیلترها	فلاکس متان	۱ $g/m^2/hr$
سازند زمین‌شناسی زیرسطحی در مرز لندفیل	غلظت‌های متان و دی‌اکسید کربن	۱ درصد نسبت حجمی متان یا ۱٫۵ درصد نسبت حجمی دی‌اکسید کربن بالاتر از زمینه
تأسیسات زیرسطحی درون لندفیل و نواحی همجوار	غلظت متان	۱۰۰۰۰ ppm
سازه‌ها/ساختمان‌های داخل و همجوار سایت	غلظت متان در هوا	۵۰۰۰ ppm
فلرهای گاز لندفیل	متان و ترکیبات آلی فرار	۹۸ درصد بازده تخریب

* نقطهٔ اندازه‌گیری ۵۰ میلیمتر بالاتر از سطح لندفیل است.

** نقطهٔ اندازه‌گیری ۵۰ میلیمتر از نقطهٔ تخلیه است.

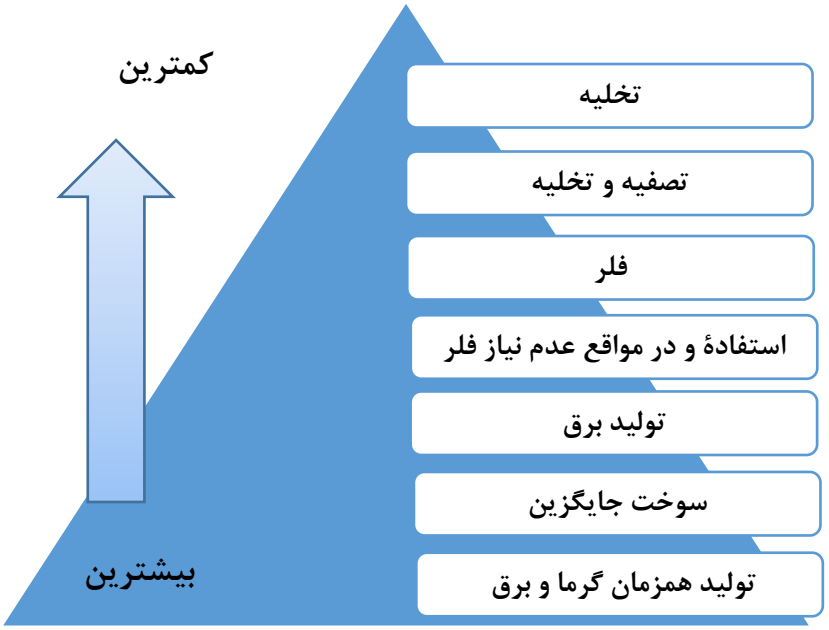
*** نواحی پوشش میانی آن‌هایی هستند که پوشش مهندسی ندارند و برنامه‌ای برای پذیرش پسماند در آن‌ها در مدت سه ماه آتی نیز وجود ندارد.

اگر مقدار گاز در داخل یک ساختمان از ۱درصد v/v متان بیشتر باشد توصیه به جا به جایی از ساختمان است. همچنین باید سریعاً با آتشنشانی تماس گرفته شده و مطابق توصیه‌های اورژانسی عمل شود.

۲-۱۱-۱-۲- مدیریت گاز محل دفن

برای مدیریت گاز محل دفن و به حداقل رساندن انتشار گازهای گلخانه‌ای، تمهیدات مناسب برای محبوس کردن گاز (مثل پوشش لندفیل، لاینرهای کف و دیواره‌ها) و سیستم جمع‌آوری گاز باید طراحی، اجرا و پایش شود. انتخاب یک سیستم مناسب برای مدیریت گاز لندفیل بر اساس پارامترهای زیر انجام می‌شود:

- یافته‌های ارزیابی ریسک گاز لندفیل برای هر سایت مشخص
- سلسله مراتب میدیرت گاز لندفیل (شکل زیر)



شکل ۲-۳۹- سلسله مراتب مدیریت گاز لندفیل

بالاترین اولویت، استفاده از گاز جمع‌آوری‌شده با انجام تحلیل‌های مرتبط با عوامل زیست‌محیطی و اقتصادی انجام می‌شود. این تحلیل باید به طور منظم مرور و به‌روزرسانی شود.

انتشار تصفیه نشدهٔ گاز لندفیل از طریق لوله‌ها/ترانشه‌های تهویه یا زیرساخت‌های مشابه مجاز نیست مگر اینکه:

- با دلایل کافی به سازمان محیط زیست اثبات شود که گزینه‌های سلسله مراتب مدیریت گاز به صورت منطقی قابل دستیابی نیستند؛ و /یا
- نیاز است که تهویه به عنوان یک اقدام اضطراری کوتاه‌مدت (سه تا شش ماه) انجام شود.

جدول زیر فناوری‌های بالقوه برای تصفیهٔ گاز را برای نرخ‌های مختلف تولید گاز نشان می‌دهد. بیشتر این فناوری‌های تصفیه از اکسیداسیون متان به دی‌اکسیدکربن و آب استفاده می‌کنند.

جدول ۲-۱۲- فناوری‌های بالقوهٔ مناسب برای نرخ‌های مختلف تولید گاز

نرخ تولید گاز لندفیل	فناوری‌های تصفیهٔ گاز بالقوه مناسب
بیشتر از m^3/hr ۱۰۰۰	تولید همزمان برق و گرما، سوخت جایگزین، تولید برق، استفادهٔ متناوب و سوزاندن (فلر) در مواقع عدم نیاز، سوزاندن در فلر با دمای بالا
بیشتر از m^3/hr ۲۵۰ و کمتر از m^3/hr ۱۰۰۰	تولید برق، استفادهٔ متناوب و سوزاندن (فلر) در مواقع عدم نیاز، سوزاندن در فلر با دمای بالا، سوزاندن با ارزش حرارتی پایین (low-calorific flaring)
بیشتر از m^3/hr ۱۰۰ و کمتر از m^3/hr ۲۵۰	تولید برق، فلر با دمای بالا، فلر با ارزش حرارتی پایین، سایر روش‌های اکسیداسیون و تخلیه (مثل passive flares، بیوفیلترها، بیوکاور)
کمتر از m^3/hr ۱۰۰	سایر فناوری‌های اکسیداسیون و تخلیه (مثل flares، بیوفیلترها، بیوکاور)

سیستم مدیریت گاز لندفیل باید پیش از ساخت لندفیل طراحی شود و تدریجاً در طول دورهٔ عملیاتی محل دفن، اجرا شود. دو نوع سیستم مدیریت گاز لندفیل وجود دارد:

- سیستم‌های فعال که در آن‌ها سیستم از خلاء برای استخراج گازتولید شده استفاده می‌کند
- سیستم‌های غیرفعال که مشابه سیستم‌های فعال هستند اما از پمپ خلاء استفاده نمی‌کنند

معمولاً سیستم‌های فعال برای نرخ تولید گاز متوسط تا زیاد (بیشتر از m^3/hr ۲۵۰) استفاده می‌شوند و سیستم های غیر فعال برای نرخ‌های کمتر تولید گاز (کمتر از m^3/hr ۲۵۰) استفاده می‌شوند. از آنجا که گاز لندفیل حاوی بخار آب است، هم سیستم‌های فعال و هم سیستم‌های غیرفعال به جمع‌آوری میعانات (آب آلوده) و نقاط تخلیه نیاز دارند تا از انسداد و/یا آسیب به سیستم نصب شده توسط آب جلوگیری شود.

چاه‌های استخراج گاز اجزای ضروری سیستم مدیریت گاز هستند. دو نوع چاه استخراج وجود دارد: عمودی و افقی. یک لندفیل بسته به نیاز باید شامل یک یا هر دو نوع چاه استخراج باشد. چاه‌های استخراج گاز فعال و غیرفعال طراحی مشابهی دارند و می‌توانند توسط هر دو سیستم مورد استفاده قرار بگیرند. چاه‌های گاز افقی در طول بازهٔ عملیاتی دفن استفاده می‌شوند و ممکن است بعد از پر شدن کامل یک محدوده و قرار گرفتن پوشش های میانی و نهایی، چاه‌های عمودی جانشین آن‌ها شوند. چاه‌های افقی باید به اندازهٔ ۳ تا ۵ متر در داخل پسماند دفن شده ادامه یابند.

طراحی و محل زیرساخت‌های مدیریت گاز باید به صورتی باشد که در اثر نشست، حیوانات، فرایندهای طبیعی یا حرکت ماشین‌آلات، کمترین آسیب را ببیند. چاه‌های استخراج گاز باید پایش و نگهداری شده و در صورت نیاز تعویض شوند.

سطح مناسبی از تضمین کیفیت ساخت باید در مورد اجرای سیستم مدیریت گاز لندفیل رعایت شود. هر تفاوتی که در زمان ساخت نسبت به طراحی انجام شده ایجاد می‌شود، باید ثبت شده و توسط مالک یا مسئول راهبری لندفیل نگهداری شود.

۲-۱۱-۱-۳- الزامات مدیریت گاز

- ارزیابی ریسک گاز لندفیل برای هر سایت انجام شود.
- همهٔ اقدامات عملی باید برای برآورده کردن حدود جدول ۱ انجام شوند.
- یک سیستم مدیریت گاز مناسب طراحی و اجرا شود.
- در صورت تجاوز از حدود جدول ۲-۱۱، برنامهٔ عملیاتی اصلاح و پاکسازی گاز اجرا شود.
- سیستم مدیریت گاز مطابق با سلسله مراتب مدیریت گاز به روز شود.
- در صورت تجاوز از حدود جدول ۲-۱۱ (به جز در داخل سایت و برطرف شدن در مدت ۲۴ ساعت) حداکثر ظرف ۲۴ ساعت به سازمان محیط زیست اطلاع داده شود.
- مشعل‌های گاز لندفیل باید مجهز به auto ignition و شعله‌گیر در زیر ناحیهٔ احتراق باشند.
- سیستم‌های مدیریت گاز در طراحی لندفیل لحاظ شوند.
- سیستم مدیریت گاز تدریجاً و در طول فرایند دفن نصب شود تا انتشار کنترل‌نشدهٔ گاز به حداقل برسد.
- در مواردی که چند سایت دفن در نزدیکی هم قرار دارند، امکان استفاده از مجموع گاز تولید شده بررسی شود.

۲-۱۲- الزامات مربوط به مشخصات سازه‌ها و تأسیسات مورد نیاز

این بخش در مورد تأسیسات مختلف یا زیرساخت‌هایی که باید در هنگام برنامه‌ریزی و طراحی مدفن در نظر گرفته شوند، بحث می‌کند. این زیرساخت‌ها ممکن است شامل جاده های دسترسی، تأسیسات زهکشی، باسکول ها، امکانات زیربنایی (آب، برق، گاز، تلفن، فاضلاب)، سازه‌ها، نرده‌های حفاظتی، تأسیسات کارواش، نواحی تخلیه مواد مشکوک و یا خطرناک، و سایر تأسیسات جانبی باشند. به طور معمول، بیشتر این زیرساخت ها در مدفن‌های بهداشتی مدرن برای انجام عملیات بهینه در مدفن وجود دارند.

۲-۱۲-۱- زهکشی

عموما، آب اثر منفی قابل ملاحظه‌ای در تمامی مراحل بهره برداری و پس از آن، در لندفیل دارد. آب در مرحله ساخت و بهره برداری، با کاستن از قدرت چسبندگی خاک، خصوصا در افزایش خاصیت لغزندگی رس و ایجاد مشکل در کار کردن با آن، مزاحمت ایجاد می‌کند. آب همچنین تولید شیرابه را افزایش می دهد. به‌طور کل، زهکشی محل دفن، جزء جدایی‌ناپذیر از طراحی مدفن است. تأسیسات و سازه‌های لازم برای مدیریت مناسب رواناب سطحی، باید به طرز صحیحی در طول مدت بهره برداری از مدفن، طراحی، ساخت و نگهداری شوند.

طرح محل دفن باید شامل تمام سازه های ضروری برای کنترل زهکشی مانند نهر آب‌ها، آب‌گذرها، کانال های سرپوشیده، حوضچه‌های نگهدارنده آب، سازه‌های خروجی و غیره باشد. مکان‌یابی این تأسیسات، نیازمند دقت کافی بوده و در طرح محل دفن اثرگذار است. حوضچه‌های نگهدارنده آب یا رسوب، نیازمند مساحت قابل ملاحظه‌ای بوده و باید در نقطه پائین‌دست مدفن جاگذاری شوند. اگر مساحت مدفن کوچک باشد، ممکن است لازم باشد از زمین همجوار برای مدیریت رواناب سطحی استفاده شود. تأسیسات زهکشی باید بقدر کافی بزرگ باشند تا بتوانند طغیانی با دوره برگشت ۲۵ ساله و بارندگی ۲۴ ساعته را جوابگو باشند.

۲-۱۲-۲- اندازه‌گیری وزن توسط باسکول‌ها

داشتن اطلاعات دقیق از مقادیر حجمی و وزنی زباله‌های تحویل‌داده‌شده به لندفیل، در برنامه‌ریزی و اجرای سیاست‌های جمع‌آوری و دفن پسماند و همچنین اجرای مقررات و کنترل عملیات لندفیل ضروری است. پیش‌بینی میزان حجم پسماند ورودی به لندفیل، امری تخمینی و توأم با عدم دقت است و در نتیجه، تمام پسماند ورودی به لندفیل باید تا حد ممکن توزین شوند.

انواع مختلف باسکول‌ها از بسیار پیشرفته الکترونیکی تا ساده دارای شاهین‌ترازوی سیار وجود دارند. سکو یا عرشه باسکول ممکن است از چوب، فولاد یا بتن ساخته شود. باسکول باید قادر به توزین بزرگترین کامیونی که طبق روال به لندفیل وارد می‌شود، باشد؛ در بیشتر حالت‌ها باسکول با ظرفیت ۳۰ تا ۶۰ تن جوابگو خواهد بود. عرشه باسکول باید به قدر کافی دراز باشد تا تمام محورهای کامیون هم‌زمان روی عرشه قرار بگیرند. در گزینه دیگر، اگر منابع مالی کافی نباشد، می توان از باسکول کوتاه‌تر که فقط محور جلو و محور عقب کامیون را توزین می‌کند، استفاده کرد.

باسکول‌ها معمولا در ورودی لندفیل و یا جنب درب نگهبانی و در جاده فرعی منشعب‌شده از جاده اصلی دسترسی به لندفیل، قرار می‌گیرند. مکان و طرح این محل باید طوری باشد که بتواند برای کامیون‌هایی که در انتظار توزین قرار می‌گیرند، کافی و جوابگو باشد.

۲-۱۲-۳- امکانات زیربنایی

در شرایط ایده‌آل، برق، آب، فاضلاب و مخابرات، باید در محل دفن فراهم باشند؛ لیکن، در یک کشور درحال توسعه، فراهم بودن تمامی این امکانات در محل دفن دشوار است. اگر قرار باشد که تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات و تجهیزات در محل دفن انجام گیرد، تأمین برق برای روشنایی و انرژی ضروری است. برق می‌تواند با استفاده از ژنراتورهای سیار در محل دفن تولید شود. آب برای شرب، آتش‌نشانی، کنترل گرد و خاک، و بهداشت کارکنان، باید تأمین شود. در غیاب دسترسی به سیستم شبکه فاضلاب شهری، فاضلاب می‌تواند در سپتیک تانک ذخیره و سپس درون لندفیل تخلیه شود. اگر توالت‌های سیفون‌دار وجود نداشته باشند، توالت‌ها باید مجهز به سیستم تهویه باشند.

۲-۱۲-٤- سازه‌ها

اگر امکانات فنی و اقتصادی اجازه دهد، سازه‌هایی برای احداث ساختمان اداری برای کارکنان، سوله نگهداری ماشین‌آلات، تجهیزات و تعمیرات، تجهیزات استحصال و اشتعال گاز و غیره باید بنا شوند. اگر این تأسیسات فراهم نشوند، عملیات محل دفن متوقف می‌شود. فضای اداری برای جمع‌آوری و نگهداری اطلاعات و داده های ثبت شده و انجام کارهای متنوع اداری، لازم است. سوله به عنوان محل پارک ماشین‌آلات و تعمیرگاه استفاده می‌شود. اگر ساختمان اداری مجهز به کلینیک بهداشتی، امکانات فردی (مانند توالت و قفسه) و غذاخوری باشد، در روحیه، عملکرد و بهره‌وری کارکنان تأثیر مثبت خواهد داشت. ساختمان‌هایی که برای مدت کمتر از ۱۰ سال استفاده خواهند شد، باید دارای سازه موقت و ترجیحا سیار باشند.

در طراحی و ساخت تمام ساختمان های مدفن، حرکت گاز و نشست مدفن باید در نظر گرفته شود. اصولا از احداث ساختمان در روی مدفن باید پرهیز کرد. با بالا رفتن عمر مدفن، نشست‌های تفاضلی می تواند موجب خسارات غیرقابل تعمیر در پی ساختمان‌ها شود. در صورت ضرورت احداث ساختمان روی مدفن، پی ساختمان باید به صورت ویژه طراحی شود. معمولا از پی شمعی که به خاک یا سنگ کف زیر لندفیل نفوذ کند، استفاده می‌شود.

سازه موقت یا دائمی ساخته‌شده روی مدفن، در معرض خطر نشت گاز از مدفن قرار دارد. گاز نشت‌کرده از مدفن ممکن است راه خود را از طریق ترک‌های پی و سایر سوراخ‌ها، به داخل ساختمان پیدا کند. حتی ساختمان‌های همجوار با مدفن ممکن است در معرض نشت گاز از طریق ترک‌ها، مجاری موجود در خاک و تأسیسات حفر شده مدفون، قرار بگیرند. بنابراین ضروری است که کلیه ساختمان های ساخته شده روی مدفن و همجوار با مدفن، مجهز به تجهیزات شناسایی، جلوگیری و کنترل نشت گاز باشند. وسایل ایجاد جرقه، مانند

بخاری ها و مشعل ها، ممکن است باعث وقوع انفجار ناشی از گاز شوند و باید استفاده از آنها در نواحی تجمع گاز، محدود شود.

۲-۱۲-۵- نرده‌کشی

دسترسی به مدفن با نرده‌کشی در اطراف آن می‌تواند کنترل شود. با احداث نرده کنترل‌های زیر انجام می پذیرد: محدوده تحت مالکیت مدفن را مشخص می‌کند، از ورود بچه‌ها، سگ‌ها، و حیوانات بزرگ به داخل مدفن جلوگیری می‌کند، مدفن را از دیدها دور نگه می‌دارد، و از پخش پسماند در اطراف مدفن جلوگیری می‌کند. از آنجا که نرده‌کشی برای مدفن‌های بزرگ ممکن است امکان‌پذیر نباشد، احداث آن برای مدفن های کوچک توصیه می‌شود. انتخاب نوع و ارتفاع نرده به منابع مالی و شرایط محلی بستگی دارد.

نرده های موقت سیار برای جمع آوری آشغال می تواند در نزدیکی جبهه کار روزانه مدفن برپا شود تا از پخش آشغال های سبک مانند: پلاستیک و کاغذ به محیط اطراف جلوگیری شود. در یک مدفن دارای پناه، استفاده از یک نرده با ارتفاع ۱ متر ممکن است کافی باشد؛ در صورتی که برای محل های بادگیر استفاده از نرده با ارتفاع ۲ الی ۳ متر ضروری است. نرده های استفاده شده در نزدیک جبهه کار باید سیار باشند.

۲-۱۳- الزامات مربوط به تأمین راه‌های دسترسی و مدیریت ترافیکی در محل دفن

۲-۱۳-۱- ملاحظات کلی

جاده‌های دسترسی محل دفن شامل: ۱) جاده‌های دائمی (تمام فصل) از سیستم جاده‌ای عمومی به طرف محل دفن، ۲) جاده‌های دائمی در محل دفن و ۳) جاده‌های موقت به طرف جبهه کار مدفن، هستند. اگر سیستم جاده ای عمومی آسفالت باشد، بهتر است که جاده دائمی به طرف مدفن را نیز آسفالت کرد. بخش آسفالته باید تا حد ممکن بعد از محل نگهبانی و یا باسکول محل دفن، ادامه داشته باشد. یک جاده کمربندی، نگهداری از مدفن را راحت، ترافیک روان را تأمین و امکان یک‌طرفه بودن جاده را برای آسانی تردد فراهم می‌کند.

جاده‌های دائمی باید طوری طراحی شوند که برای بار ترافیکی پیش‌بینی‌شده جوابگو باشند. در تمام شرایط، شبکه جریان ترافیکی باید طوری طراحی شود که تداخل بین پیاده‌روها و وسایط نقلیه به حداقل برسد. تا حد ممکن از ورودی‌ها و خروجی‌های دوربرگردان در مقابل ترافیک روبرو باید پرهیز شده و تمهیدات لازم برای وجود دید کافی در طرح جاده ها باید در نظر گرفته شود. استفاده از طرح یک طرفه برای جاده‌ها می تواند خطر تصادف را کاهش داده و جریان روان ترافیک را نیز فراهم کند.

در فصول بارندگی، برای جلوگیری از آب گرفتگی جاده‌ها، زهکشی کافی باید در نظر گرفته شود و با سیستم زهکشی مدفن نیز هماهنگ باشد. در شرایط ایده آل، جاده باید برای ترافیک دوطرفه، دو خطه باشد (عرض کل حداقل ۷٫۵ متر). شیب جاده نباید از حد تعریف شده برای وسایل نقلیه موتوری تجاوز کند (شیب رو به

بالا، کمتر از ٪۷؛ و رو به پائین، کمتر از ۱۰٪). گرچه هزینه اولیه جاده‌های دائمی داخل مدفن ممکن است از جاده‌های موقتی بیشتر باشد؛ لیکن در صورت عدم احداث جاده‌های دائمی، هزینه تعمیر و نگهداری ماشین آلات، کامیون‌ها، خودروها و زمان صرف شده برای رفت و آمد، در اثر استفاده از جاده‌های نامرغوب موقتی، با افزودن هزینه ساخت، از هزینه احداث جاده‌های دائمی بیشتر خواهد بود.

اگر ترافیک کامیون‌های تحویل زباله به مدفن، فقط ۲۵ تا ۵۰ سفر کامیون در روز باشد، در شرایط آب و هوایی خشک، خاک مناسب و متراکم شده برای جاده، معمولا کفایت خواهد کرد. لیکن برای ترافیک بیش از ۵۰ سفر کامیون در روز، استفاده از کلرورکلسیم برای جلوگیری از گرد و خاک ، با استفاده از مواد چسبناک مانند ترکیب سیمان و خاک و یا آسفالت ضروری خواهد بود. برای ترافیک بیش از ۱۰۰ الی ۱۵۰ دور سفر در روز، جاده آسفالته با قشر اساس، قیر و زبر اساس، ضروری خواهد بود.

از آنجا که محل جبهه کار زباله مدام در حال تغییر است، جاده‌های تحویل زباله از جاده‌های دائمی به جبهه کار، از نظر ویژگی و نوع ساخت، موقتی خواهند بود. جاده های موقتی با متراکم کردن خاک پوششی زباله که قبلا روی زباله‌ها ریخته شده است، می‌تواند روی زباله ها ساخته شود. در صورت نیاز و در مواقع بارندگی، سطح جاده ها را برای سهولت رفت و آمد می‌توان با استفاده از مصالحی مانند شن، خورده‌سنگ، خاکستر، بتن خردشده، ملات، یا خرده آجر پوشش داد. آب آهک، سیمان یا آسفالت، سرویس‌دهی جاده‌های موقتی را افزایش می‌دهد.

در طراحی جاده‌های دسترسی به محل دفن و اطرف آن، توسعه شهری، خصوصا مناطق تحت پوشش مدفن، باید در نظر گرفته شوند. برای مثال، ساخت یک مدفن بزرگ و مدرن در یک کشور در حال توسعه، حداقل برای آینده نزدیک، محدود به سرویس دهی برای جمعیت‌های نسبتا بزرگ شهری مانند کلان شهرها و شهرهای مرکزی خواهد بود. زباله‌های تولید شده در بیشتر مراکز بزرگ جمعیتی، توسط کامیون‌های مرسوم جمع‌آوری زباله، جمع‌آوری خواهد شد. بنابراین مدفن‌هایی که برای این نوع مراکز جمعیتی خدمت رسانی می‌کنند، باید قادر به استفاده از این نوع کامیون‌ها باشند. در عین حال، از آنجا که بیشتر شهر های پرجمعیت (حتی آنهایی که از نظر اقتصادی بیشتر توسعه یافته اند) دارای درصد قابل ملاحظه ای از مناطقی با اقتصاد فقیر نیز هستند، ترافیک به طرف و یا از طرف، و در داخل مدفن، شامل طیف وسیعی از وسایط نقلیه ابتدایی (مانند درشکه های حیوان‌رو و یا دست‌رو) تا نسبتا مدرن (مانند کامیون‌ها، کامیونت‌ها و وانت‌ها) را شامل خواهد شد. این تنوع بزرگ از نظر نوع و تعداد وسایط نقلیه، به پیچیدگی برنامه ریزی، طراحی، و مقررات ترافیکی جاده‌ها می افزاید.

به دلیل نگرانی‌های مربوط به ایمنی، سر و صدا، آلوده شدن جاده[20] و افزایش هزینهٔ نگهداری جاده، حرکت کامیون‌ها در جاده‌های محلی ممکن است باعث نگرانی ساکنین و مسئولین محلی شود. محدود کردن مسیرهای دسترسی و سرعت وسایل نقلیه و نیز اعمال محدودیت در ساعات بهره‌برداری می‌تواند مزاحمت ایجاد شده در اثر سروصدا برای جامعهٔ محلی را به حداقل برساند. یکی دیگر از ملاحظات طراحی جانمایی سایت به صورتی ست که اطمینان حاصل شود نواحی با ترافیک بالا مثل محل پارک کردن، دروازهٔ ورودی و باسکول، دور از کاربری‌های حساس اطراف قرار بگیرند.

به منظور به حداقل رساندن تأثیر ترافیک، ممکن است به تدارک وسایل کنترل ترافیک مثل جزایر ترافیکی و مسیرهای ادغامی[21] در ورودی لندفیل نیاز باشد. ایجاد فرورفتگی به داخل لندفیل در محل ورودی لندفیل، به کم کردن ایجاد صفی از وسایل نقلیه در امتداد جاده‌های عمومی کمک می‌کند و نیز در کنترل آلودگی ناشی از سایت مؤثر است. همچنین در ورودی محل دفن از علامتگذاری‌های مناسب استفاده شود.

با ایجاد سیستم شستشوی چرخ‌ها یا سایر مکانیزم‌های تمیزکردن چرخ‌ها و بدنهٔ پایینی در خروجی وسایل نقلیه، از تجمع غبار در خروجی به جادهای دسترسی جلوگیری می‌شود. جانمایی خروجی به جاده باید به صورتی باشد که رانندگان را به تمیزکردن چرخ‌ها ترغیب کرده و نگهبان نیز قادر باشد تمیز کردن وسایل نقلیه را به صورت بصری کنترل کند.

وقتی جاده‌های دسترسی خارجی مهر و موم شده‌اند، جاده‌هایی که از محل شستشوی چرخ‌ها خارج می‌شوند نیز باید روسازی شده و مرتباً تمیز شوند تا از ورود مجدد غبار توسط وسایل نقلیه جلوگیری شود. جاده‌های داخلی نیز باید تا حد امکان در داخل سایت مهر و موم شوند تا مقدار تجمع غبار روی وسایل نقلیه را کاهش داده و زمان بیشتری فراهم کند تا آلودگی و غباری که قبلاً روی وسایل نقلیه تجمع یافته پیش از ترک سایت پایین بریزد.

۲-۱۳-۲- ملاحظات ترافیکی

- سعی شود کامیون‌ها به استفاده از جاده‌های دسترسی استفاده کنند که کمترین تأثیر را بر جوامع اطراف داشته باشند.
- نواحی با ترافیک بالا دور از کاربری‌های حساس اطراف جانمایی شوند.
- از ابزار کنترل ترافیک مناسب و علائم مناسب در نزدیکی ورودی محل دفن استفاده شود.
- اطمینان حاصل شود که همهٔ وسایل نقلیه‌ای که لندفیل را ترک می‌کنند پیش از ورود به جاده‌های عمومی خاک و آلودگی را از چرخ‌ها و بدنهٔ پایینی زدوده‌اند.

[20] Road grime

[21] Merging lanes

اگر جاده‌های عمومی مهر و موم شده‌اند، جاده‌هایی که از محل شستشوی چرخ‌ها به جاده‌های عمومی وارد می‌شوند نیز مهر و موم شوند.

۲-۱٤- معیارهای راهبری محل دفن

۲-۱٤-۱- مقدمه

یک عملیات موفق بهره‌برداری از مدفن زباله، نیازمند برنامه‌ریزی دقیق، مدیریت کارآمد، استفاده بهینه از منابع انسانی، امکانات و کنترل مداوم عملکرد مدفن می‌باشد. کنترل عملکرد مدفن از نحوه دریافت زباله و دفن آن آغاز شده و تا کنترل عملیاتی که ارتباط مستقیم با بهداشت عمومی و نحوه حفاظت از محیط‌زیست دارد، ادامه می‌یابد. تمام فعالیت‌ها و ملاحظات مربوط به عملیات بهره‌برداری از مدفن، در ادامه مورد بررسی قرار گرفته است. به لحاظ ویژگی اساسی عملیات مدفن، ملاحظات اولیه در عملیات شامل نحوه عملکرد نیروی کار و ماشین‌آلات سنگین و کنترل اثرات دفن زباله در بهداشت عمومی و محیط‌زیست است.

۲-۱٤-۲- رویه‌های عمومی

موارد مربوط به رویه‌های عمومی که شامل کلیه عملیات مدفن می‌شود، عبارتند از: ۱) ساعات کار عملیاتی مدفن، ۲)عملیات آماده‌سازی و نگهداری مدفن، ۳)شرایط آب و هوایی غیرمتعارف در مدفن، ۴)چرخه رفت و آمد کامیون‌ها و دریافت زباله در مدفن، ۵)کنترل‌های زیست‌محیطی، ۶) عملیات حمل و نقل و ۷)عملیات جداسازی و بازیافت زباله.

۲-۱٤-۲-۱- ساعات کار عملیاتی محل دفن

یک رویه معمول در برنامه عملیاتی مدفن، تنظیم ساعات کاری مدفن براساس برنامه روزانه جمع‌آوری و تحویل زباله به مدفن است. از طرفی، کنترل و مدیریت مناسب عملیات دفن، و کنترل کمیت زباله ورودی به مدفن، ممکن است ایجاب کند که در برنامه زمان‌بندی جمع‌آوری زباله، اصلاحات لازم صورت پذیرد تا با برنامه عملیاتی مدفن سازگار باشد. به عنوان مثال، مدفن‌های زباله در کشور آمریکا معمولا از ساعت ۶ صبح تا حدود ۴ الی ۶ بعدازظهر باز و فعال هستند. در تنظیم برنامه ساعت کاری مدفن، شرایط ترافیکی محلی را نیز باید در نظر گرفت.

ساعات کار عملیات مدفن باید مطابق با میزان تولید فصلی زباله، تنظیم و درصورت نیاز، اصلاح شود. در دوره‌های زمانی خاصی از سال، ممکن است میزان تولید زباله نسبت به زمان‌های دیگر بیشتر باشد (مثلا در زمان‌هایی که مسافر و جهانگرد زیاد است و یا فستیوال‌هایی در شهر برگزار می‌شود). اگر مدفن ۲۴ ساعته باز نباشد، در ورودی مدفن باید بسته شود تا پرسنل عملیاتی مدفن، فرصت کافی برای اجرای لایه پوشش روزانه

زباله و پاکسازی عمومی مدفن داشته باشند. کانتینرهای بزرگی بیرون درب ورودی مدفن می‌توان تعبیه کرد تا احجام کوچکی از زباله که خارج از ساعات کار مدفن وارد می‌شوند، به‌طور موقت نگهداری شده تا روز بعد، دفن شوند. نصب و اعلام ساعات کاری مدفن نیز جهت آگاهی عمومی ضروری است.

قبل از آغاز ساعت کاری روزانه، پرسنل مدفن باید کمی زودتر در محل کار خود حاضر شوند تا مدفن و ماشین‌آلات آن را قبل از ورود اولین بار زباله، آماده کنند. از جمله فعالیت‌های معمول عبارتند از: جابجا کردن نرده توری برای کنترل آشغال‌ها، سرویس و سوخت‌گیری ماشین‌آلات، آماده سازی نواحی تخلیه زباله، تمیز کردن جاده‌ها و مسیرهای دسترسی، تنظیم باسکول و ثبت اطلاعات و درصورت نیاز، انجام عملیات برف‌روبی.

۲-۱٤-۲-۲- آماده‌سازی و نگهداری مدفن

۲-۱٤-۲-۲-۱- آماده‌سازی

اگر محل فعلی دفن، پر شود و محل جدیدتری نیاز باشد، این محل باید پاکسازی، حفاری، و عایق‌کاری شود (اجرای لاینر کف). همچنین، پس از پر شدن و تکمیل ظرفیت هر سلول مدفن، لایه پوشش نهایی مدفن بلافاصله باید اجرا شود.

سلول‌های مدفن باید بر اساس مشخصات طرح مدفن آماده‌سازی و ساخته شوند. برنامه آماده‌سازی و ساخت شامل موارد زیر است: ۱) تسطیح و ریشه‌کنی، ۲) نصب سیستم‌های زهکشی آب‌های سطحی، ۳) حفاری مطابق مشخصات طراحی، ۴) احداث لاینر و سیستم‌های زهکشی شیرابه، ۵) احداث بناهای ساختمانی، ۶) نصب و راه‌اندازی تأسیسات زیربنایی (آب، برق، گاز، تلفن، اینترنت و ...)، ۷) نصب نرده حفاظتی پیرامونی محل دفن، ۸) احداث جاده‌ها و مسیرهای دسترسی و ۹) تهیه و انباشت خاک برای لایه‌های پوششی.

۲-۱٤-۲-۲-۲- راهدار

راهداری برای کلیه جاده‌های دسترسی مدفن، یک کار پیوسته است. نگهداری راه معمولا هزینه‌بر است. بدون توجه به نوع سطح جاده (خاکی، شنی یا آسفالتی)، جاده‌ها باید به‌طور مرتب بازدید و نگهداری شوند. ازجمله عملیات راهداری، تمیز کردن سطح جاده، خاکریزی یا تسطیح، پرکردن چاله‌ها و تمیز کردن مجاری زهکشی را می‌توان نام برد. از آنجا که راهداری یک عملیات پرهزینه است، موجب استهلاک و خرابی خودروها و کامیون‌های مدفن، بروز تأخیرهای ناخواسته و ایجاد شرایط ناامن در جاده می‌شود. علامت‌گذاری قسمت‌های تخریب شده جاده و ایجاد سرعت‌گیرها در بخش‌هایی از آن برای کنترل سرعت بیش از حد، باعث کاهش فرسایش بیشتر و ترک‌خوردگی سطح جاده می‌شود.

۲-۱٤-۲-۳- نگهداری عمومی

تمام مدفن‌ها و اماکن تبدیل و مدیریت زباله، نیازمند کنترل و نگهداری هستند. در ابتدای عملیات، مدیر مدفن باید یک برنامه کامل زمان‌بندی کنترل و نگهداری از مدفن تهیه کرده و تارخ‌های مشخص برای انجام این عملیات را تعیین کند. نوع کارهایی که لازم است انجام شوند عبارتند از: ۱)جمع‌آوری و دفن زباله‌ها، ۲) نگهداری از دروازه‌ها و محدوده مدفن، نرده‌ها و ساختمان‌ها، ۳)نگهداری از جاده‌ها و سیستم‌های زهکشی و لایه پوشش نهایی و ۴) تهیه آرشیو نقشه‌های مدفن.

پس از آنکه تمام سلول‌های مدفن پر شدند، یک سری نقشه از آخرین وضعیت مدفن باید تهیه و نگهداری شود. در این نقشه‌ها، بسته به محل، باید نوع زباله‌هایی که که دفن شده (شامل زباله‌های خاص)، عمق زباله‌ها به همراه سایر عوارض و ویژگی‌های محل، باید مشخص شوند.

۲-۱٤-۲-۳-۱- آب و هوای نامتعارف

مدیریت مناسب عوارض ناشی از شرایط نامناسب آب و هوایی، نقش مهمی در عملیات موفق یک مدفن، ایفا می‌کند. بارندگی شدید و طولانی، هوای یخبندان، و گرمای شدید، می‌تواند موجب اختلال در عملیات روزمره مدفن شود. در زمان آماده‌سازی مدفن، میزان بارندگی اثر مستقیم در درجه رطوبت خاک و سطح آب زیرزمینی محل دارد.

این عوامل در کنترل مقاومت و نفوذپذیری خاک در هنگام ساخت لاینر رسی مدفن و یا هر المان خاکی متراکم شده، اثر دارند. همچنین، درجه حرارت‌های بسیار پایین (شرایط یخبندان در هنگام ساخت مدفن)در کارآیی و نفوذپذیری خاک موثرند. درجه حرارت‌های نامتعارف نیز، در کیفیت نصب لاینرهای ژئوممبرین خصوصا در کیفیت اتصال آن‌ها، می‌تواند اثرگذار باشد.

آب و هوا همچنین می‌تواند روی عملکرد و نحوه بهره‌برداری از مدفن تأثیر بگذارد. در نقاطی که بارندگی شدید رخ می‌دهد، موجب ایجاد گل ولای در جاده‌های دسترسی و در جبهه کار مدفن شده وباعث بروز تأخیرهای طولانی در عملیات مدفن می‌شود؛ مگر اینکه اقدامات پیشگیرانه به عمل آید. بارندگی شدید همچنین می‌تواند موجب افزایش سطح آب زیرزمینی شده و روی سیستم‌های انحراف آب زیرزمینی که برای جلوگیری از نفوذ آب به داخل مدفن احداث شده‌اند، اثر منفی بگذارد. بارندگی شدید و طولانی لایه‌های خاک را خیس و اشباع کرده، تنش و مقاومت خاک را کاهش می‌دهد و ممکن است موجب ناپایداری آن شود (مانند شیروانی‌های کناری مدفن و ترانشه‌ها). یکی از راه‌های موثر در مدیریت بارندگی شدید و رواناب‌های سطحی، استفادهاز زهکش‌ها و یا خاکریزهایی در پیرامون مدفن است؛ طوری که آب‌ها را منحرف و از تماس با زباله‌ها جلوگیری نماید. در نقاطی که زمین مدفن مسطح است، سیستم‌های جمع‌آوری و زهکشی

شیرابه تا حدی می‌توانند از مشکلات ناشی از بارندگی شدید بکاهند. لیکن اگر سیستم زهکش شیرابه جوابگوی کنترل آب ناشی از بارندگی شدید نباشد، تجمع و بالا رفتن سطح آب می‌تواند موجب جاری شدن شیرابه به خارج از مدفن شود.

از طرف دیگر، آب و هوای خشک، ممکن استباعث سفت شدن خاک شده، طوری که حفاری و متراکم کردن آن مشکل شود. همچنین دراثر کم شدن و یا عدم وجود رطوبت، مواد آلی ممکن است به آسانی تجزیه نشوند. در نواحی خشک، تبخیراز سطح زمین بیشتر از بارندگی است؛ درنتیجه میزان تولید شیرابه در مدفن بسیار پایین است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، درصورت حفاظت مناسب از منابع آب زیرزمینی،مدفن‌های زباله ممکن است بدون لاینر رسی کف و سیستم جمع‌آوری شیرابه ساخته شوند. باتوجه به این نکته، معمولا توصیه می‌شود که مدفن‌های زباله در مناطق خشک و نیمه‌خشک ساخته شوند. کاهش رطوبت خاک ممکن است باعث ایجاد ترک و افزایش نفوذپذیری خاک شود. هوای یخبندان ممکن است باعث شود که خاک‌های تلنبار شده، یخ زده و ناپایدار شوند. احتمال دارد که یخ‌زدگی در عملکرد ماشین‌آلات و همچنین قسمت‌هایی از سیستم زهکش شیرابه که در بالای ناحیه مستعد یخ‌زدگی خاک قرار دارند، اثر منفی بگذارد. اجرای عملیات موثر ایجاب می‌کند که مشکلات احتمالی (که در بالا اشاره شدند)، قبلا پیش‌بینی شده و طرح‌های پیشگیرانه توسط مدیریت دفن درنظر گرفته شوند.

۲-۱٤-۲-۳-۲- چرخه حرکت کامیون‌ها و دریافت زباله در مدفن

هر محل دفن زباله باید توسط یک دروازه ورودی کنترل شود. دروازه ورودی به بهره‌بردار مدفن اجاره می‌دهد که: ۱) آمار وزن و یا حجم زباله‌های ورودی به مدفن را ثبت کند، ۲) کامیون‌های ورودی را به محل جبهه دفن زباله راهنمایی کند و ۳) آن دسته از زباله‌هایی را که مجاز به دفن در مدفن نیستند، نپذیرد. باید در دروازه ورودی مدفن، علائمی که بوضوح، مقررات، ساعات کاری، هزینه‌های دفن، شماره تلفن‌های اضطراری، مجوزها (پروانه بهره‌برداری و غیره) و سایر اطلاعات لازم را نشان دهد، نصب شوند.

کنترل مقادیر حجم و وزن زباله‌های ورودی به مدفن، به بهره‌بردار اجازه می‌دهد که بهره‌وری عملیات مدفن را از نظر کاربری زمین و استفاده بهینه از فضا و امکانات مدفن، ارزیابی نماید. این اطلاعات بهره‌بردار را قادر می‌سازد که تا درجه‌ای از دقت، عمر مفید باقیمانده مدفن را پیش‌بینی نمایدو همچنین هزینه دفن را برای احجام ورودی زباله محاسبه نماید. عمر باقیمانده مدفن همچنین می‌تواند با استفاده از نقشه‌برداری توپوگرافیک و هوایی محاسبه شود؛ البته نقشه‌برداری هوایی در بعضی از مناطق ممکن است غیرضروری و هزینه‌بر باشد. روش‌های متعددی برای کنترل زباله‌های ورودی به مدفن وجود دارد. بسیاری از مدفن‌های بزرگ و مدرن، از باسکول‌های مخصوص کامیون و تریلی‌های حمل زباله استفاده می‌کنند. گرچه اندازه‌گیری وزن معمولا به اندازه‌گیری حجم ترجیه داده می‌شود؛ لیکن در مدفن‌های کوچک که حجم ورودی زباله کم است، امکان

داردکه اندازه‌گیری حجم به‌جای وزن، ترجیح داده شود. درصورت عدم امکان نصب یک باسکول دائمی، می‌توان از یک باسکول کرایه‌ای سیار برای اندازه‌گیری وزن در ساعاتی از روز استفاده کرده، و از این طریق به‌طور تخمینی، وزن زباله‌های ورودی را محاسبه نمود. نتایج آماربرداری از وزن زباله‌ها می‌تواند برای تعیین قیمت دفن زباله و تخمین وزن و حجم کل سالیانه زباله‌هی ورودی به مدفن، استفاده شود. البته این روش، تغییرات احتمالی میزان جریان ورودی زباله‌ها به مدفن درطول سال را به حساب نمی‌آورد؛ بنابراین رقم دقیق در پایان هرسال می‌تواند به‌دست آید.

۲-۱٤-۲-٤- کنترل‌های زیست‌محیطی

در اغلب موارد، مقررات ایجاب می‌کند که کنترل‌های زیست‌محیطی برای حفاظت محیط‌زیست درمقابل اثرات منفی مدفن‌های زباله، اعمال شوند. روش‌های معمول برای لحاظ کردن کنترل‌های زیست‌محیطی درحین اجرای مدفن‌ها، شامل ساخت المان‌های مهندسی یعنی لاینرهای غیرقابل نفوذ رسی، سیستم‌های زهکشی شیرابه و لاینرهای پوششی است. کنترل‌ها زیست‌محیطی همچنین درحین بهره‌برداری از مدفن، زمان بستن و پس از بستن نیز باید اعمال شوند.

۲-۱۵- الزامات مربوط به اجزای جانبی و زیرساخت‌های محل‌های دفن

۲-۱۵-۱- کنترل رواناب سطحی

جاری شدن آب سطحی به داخل مدفن زباله می‌تواند در اثر: ۱) وقوع سیلاب، ۲) جاگیری نامناسب مدفن در بستر یک زهکش طبیعی و یا ۳) انسداد و عملکرد نامناسب کانال‌هی انحراف رواناب، به وقوع بپیوندد. عواقب محتمل عبارتند از:

- افزایش تولید شیرابه
- آلودگی منابع آب پایین دست
- فرسایش لایه پوشش نهایی مدفن (اگر از قبل وجود داشته باشد) و ظاهر شن زباله‌ها
- پخش زباله‌ها به داخل منابع آب سطحی و مناطق جمعیتی
- وارد شدن خسارت به جاده‌ها و سایر زیرساخت‌ها.

گزینه‌های موجود برای کنترل رواناب عبارتند از احداث سازه‌ها انحراف و حوضچه‌های نگهداری که در جدول زیر تشریح شده است.

جدول ۲-۱۳- گزینه‌های قابل انجام برای کنترل رواناب سطحی

روش	عملیات-توضیحات	کاربردها-محدودیت‌ها
سازه انحراف رواناب	• مستقر در بالادست مدفن • رواناب سطحی را در اطراف مدفن توسط خاکریزها، کانال‌ها و غیره، منحرف می‌کند • هنگامیکه انحراف رواناب از اطراف مدفن امکان‌پذیر نباشد، جریان آب از میان زباله‌ها را با استفاده از کالورت‌ها، به عنوان آخرین راه‌حل، منحرف می‌کند	• برای مدفن‌هایی که در معرض سیلاب و یا رواناب از طریق منابع آبی دیگر هستند • بیشتر برای آبخیزهای کوچک کاربرد دارد • باید برای سیلاب‌های با دوره برگشت ۱۰۰ ساله طراحی شود، زیرا وقوع هرنوع سیلاب ممکن است به خسارت‌های زیست‌محیطی فاجعه باری منجر شود
حوضچه‌های نگهداری	• مستقر در بالادست مدفن • حوضچه‌های نگهداری، پیک جریان رواناب را کاهش می‌دهد تا از وقوع رواناب‌های غیرقابل کنترل در پایین دست جلوگیری کند • حوضچه‌های نگهداری از وقوع هرگونه رواناب پایین‌دستی جلوگیری می‌کنند	• برای مدفن‌هایی که در معرض رواناب از بالادست زهکش قرار دارند • برای تداوم راندمان مناسب، حوضچه‌ها به کنترل و نگهداری دوره‌ای نیاز دارند • حوضچه‌های نگهداری باید دارای میزان تبخیر بالایی بوده و یا دارای کف خیلی نفوذپذیری باشند تا امکان تراوش وجود داشته باشد (ممکن است این روش به دلیل تأثیرگذاری در سطح آب زیرزمینی و افزایش تولید شیرابه در مدفن، از مقبولیت کمتری برخوردار باشد)

۲-۱۵-۲- کنترل آب زیرزمینی

در مواردی که شرایط محلی اجازه ساخت مدفن بدون لاینر را بدهد، ضروری است که یک فاصله عمودی جداکننده بین کف مدفن و سطح آب زیرزمینی درنظر گرفته شود (حداقل ۳ متر یا بیشتر). این مورد شامل حالتی که سطح آب زیرزمینی به‌طور موقت پایین آورده شده و دیوارهای مدفن در معرض نفوذ آب زیرزمینی قرار دارند نیز می‌شود. در حالت مدفن دارای لاینر،درنظر گرفتن فاصله عمودی جداکننده از حساسیت کمتری برخوردار است؛ لیکن همواره توصیه می‌شود که فاصله‌ای بین کف زیرین پائین‌ترین لاینر و بالاترین سطح آب زیرزمینی پیش‌بینی شده، درنظر گرفت.

برای رسیدن به فاصله کافی بین کف مدفن و سطح آب زیرزمینی، در بعضی حالت‌ها پائین آوردن سطح آب زیرزمینی به وسیله پمپاژ و یا انحراف جانبی آب زیرزمینی ممکن است میسرباشد. اگر کف مدفن در زیر سطح آب زیرزمینی قرار بگیرد، یک نیروی زیر فشار در جهت بالا به کف مدفن وارده شده و جریان آب زیرزمینی به طرف داخل مدفن برقرار خواهد شد. در این حالت، برای تأمین فاصله لازم بین کف مدفن و سطح آب

زیرزمینی، پائین آوردن مصنوعی سطح آب به‌وسیله پمپاژ ضروری است. البته در چنین حالتی به دلیل طولانی بودن عملیات پمپاژ، هزینه ناشی از این عملیات نیز باید در بودجه مدفن منظور شود. پس از پائین آرودن سطح آب، حفاری مدفن تا تراز موردنظر انجام پذیرفته و با این کار ضمن تأمین فضای حجمی لازم برای دفن زباله، خاک مورد نیاز برای ساخت لاینرها و لایه‌های پوششی نیز تامین می‌شود. ذکر این نکته نیز ضروری است که در بعضی از کشورهای درحال توسعه به دلیل بالابودن هزینه اجرای عملیات پمپاژ و نگهداری آن، ممکن است اجرای عملیات پمپاژ اقتصادی نبوده و پائین آوردن سطح آب زیرزمینی از طریق زهکشی ثقلی (درصورت امکان‌پذیر بودن)، مد نظر قرار گیرد. میزان جمع‌آوری و زهکشی آب زیرزمینی به قابلیت انتقال آب سفره که تابعی از نفوذپذیری خاک و فشار هیدرولیکی موجود است، بستگی دارد. روش زهکشی ثقلی وقتی امکان‌پذیر است که سفره آب زیرزمینی دارای نفوذپذیری کافی بوده و ازنظر توپوگرافی امکان تخلیه آب به نقاط با تراز پائین‌تر وجود داشته باشد.

روش معمول برای انحراف جریان آب زیرزمینی، احداث یک گودال زهکش قطع کننده در بالادست مدفن است. داخل گودال زهکش از مصالح شنی درشت دانه، قلوه‌سنگ و یا سنگ شکسته، پر می‌شود. درصورتی که این مصالح در محل مدفن یافت نشوند، می‌توان از شیشه‌های شکسته با قطعات نسبتا درشت استفاده کرد. طراحی روش کنترل آب زیرزمینی از طریق سیستم انحراف و زهکش ثقلی باید به‌دقت انجام پذیرد؛ زیرا این سیستم بدون کنترل و نگهداری بوده و باید برای دوره طولانی بهره‌برداری مدفن و پس از آن، جوابگو باشد.

۲-۱۶- نحوه کنترل فرسایش باتوجه به وضعیت بارش

فرسایش کانال‌های زهکشی و شیروانی‌ها، حتی در مدفن‌هایی با مدیریت مناسب نیز اتفاق می‌افتد. این مسئله خصوصا در مدفن‌های کنترل نشده با شدت بیشتری اتفاق می‌افتد. اگر فرسایش کنترل نشودف، باعث خرابی لایه پوشش نهایی شده، و بنابراین نفوذ آب به داخل زباله‌ها و تولید شیرابه افزایش می‌یابد. از آنجا که فرسایش، باعث رونمایی زباله‌ها نیز می‌شود، انتشار زباله و بو به محیط اطراف از اثرات منفی دیگر آن محسوب می‌شود.

درصورت تشدید فرسایش، خاک به محیط خارج از مدفن، منتشر شده و کیفیت منابع آب سطحی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در مناطقی که فرسایش شدید است،تأثیرات منفی ان روی منابع آب و تالاب‌های همجوار ممکن است دائمی باشد. گزینه‌های دیگر برای کنترل فرسایش در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ۲-۱۴- گزینه‌های موجود جهت کنترل فرسایش در محل‌های دفن پسماند

روش	عملیات – توضیحات	کاربردها – محدودیت‌ها
پوشش کانال	• از فرسایش بیش از حد جلوگیری می‌کند • پوشش می‌تواند گیاه، سنگ، حصیرهای کنترل فرسایش، آسفالت، و یا سایر مواد طبیعی باشد	• برای کانال‌های زهکشی فاقد پوشش که دارای فرسایش از کف و یا دیوارها هستند • بعضی از روش‌ها گران هستند • کانال‌های بزرگ نیازمند پوشش‌های مقاوم‌تری هستند
کنترل شیب کانال	• سرعت جریان آب را تا حد غیر فرسایش کاهش می‌دهد • آبشکن، سرریز، و سیستم اندازه‌گیری فرسایش ممکن است استفاده شوند	• برای کانال‌های طبیعی و یا مصنوعی که دارای سرعت جریان آب بالا به دلیل شیب هیدرولیکی زیاد هستند • اثرات رسوب‌گذاری و سیلاب، هنگامی که سدهای کنترلی استفاده شوند، مرتفع می‌شود • سازه‌های سرریز ممکن است برای سرعت و ارتفاع سقوط بالا گران باشند
اصلاح جهت کانال	• جهت کانال را تغییر می‌دهد تا پایداری کف و دیواره‌های کانال بهبود یابد	• برای کانال‌های طبیعی که به دلیل شرایط آبخیز و یا دلایل دیگر دچار فرسایش هستند • اگر تغییر جهت درطول بیشتری از کانال نیاز باشد، ممکن است عملیات خاکی زیادی لازم باشد • تأثیرات تغییر جهت باید به دقت مدل شده و ارزیابی شود
مستهلک کننده‌های انرژی	• انرژی و سرعت جریان آب تخلیه شده از کانال‌ها، کالورت‌ها، و راه‌آب‌ها را کاهش می‌دهد • توزیع کننده‌های تراز کانال، پرش‌های هیدرولیکی، کف‌های تخلیه و دریچه‌های ریزش، ممکن است استفاده شوند	• برای سازه‌های خروجی که آب را به روی خاک‌های فرسایش‌پذیر تخلیه می‌کنند • تخلیه از سازه مستهلک‌کننده انرژی باید به سطح زمین پایدار شده انجام شود • پرش هیدرولیکی فقط هنگامی موثر است که جریان ورودی فوق‌بحرانی باشد • سازه سرریز در بالادست کانال و کالورت برای کاهش گرادیان هیدرولیکی استفاده می‌شود
حوضچه‌های نگهداری (حوضچه‌های رسوب)	• پیک میزان آب جریان یافته از آبخیز را کاهش می‌دهد • امکان کنترل آب جاری شده را برای جلوگیری از جریان بیش از حد آب در درون مجاری زهکشی فراهم می‌کند • از انتقال رسوب به نقاط پایین‌دست، جلوگیری می‌کند	• برای مناطقی که درهنگام وقوع جریان بالای آب در اثر سیلاب‌های بزرگ، درمعرض فرسایش قرار می‌گیرند • جمع‌آوری دوره‌ای رسوب برای رعایت معیارهای طراحی شده برای حوضچه رسوب، ضروری است • برای مواقعی که شیب‌بندی مدفن بشدت رواناب را افزایش می‌دهد، خیلی مناسب است
خاکریزها و آبروهای حائل	• رواناب را هدایت کرده و از شیب‌ها دور می‌کند • ممکن است سازه‌های موقت و یا دائمی باشند	• برای شیب‌هایی که در معرض جریان‌های آب سطحی قرار می‌گیرند • جریان آب باید به‌طرف مسیر زهکشی کنترل‌شده هدایت شود

روش	عملیات – توضیحات	کاربردها – محدودیت‌ها
		• آبروها باید برای جلوگیری از فرسایش سطح آب‌رو، پوشش شوند
زهکش‌های شیب‌ها	• رواناب جاری شده از شیب‌ها رابا استفاده از سازه‌های کنترلی هدایت می‌کند • ممکن است از زهکش‌های انعطاف‌پذیر پائین‌دستی، لوله‌های ریزشی، و شوت‌ها استفاده کرد	• برای شیب‌هایی که در معرض رواناب متمرکز قرار دارند • رواناب باید به‌طرف ورودی زهکش شیب هدایت شود • خروجی زهکش شیب اغلب نیازمند یک مستهلک کننده انرژی و یا سطح پایدار شده است تا از فرسایش ناشی از جریان آب خروجی با سرعت بالا جلوگیری شود
کود گیاهی	• روی خاک یک لایه محافظ ایجاد می‌کند تا نیروی فرسایشی ناشی از بارندگی و جریان‌های سطحی را مستهلک کند • از کاه (پوشال)، خرده چوب، پوکه و سایر مواد می‌توان استفاده کرد	• برای شیب‌های لخت که در معرض اثرات بارندگی و جریان‌های سطحی هستند • بیشتر کودهای گیاهی در شیب‌های تندتر از ۳H: ۱V نیازمند مهاربندی با استفاده از شبکه توری و یا مواد مشابه هستند • باید با گیاه‌کاری در سطح شیب توأم باشد • می‌تواند توأم با عملیات یکپارچه دانه‌پاشی، کوددهی، و آب آهک انجام شود
پله‌بندی و شخم‌زنی شیب‌ها	• یک سری تراس‌بندی کوچک را برای آرام‌تر کردن جریان روسطحی فراهم کرده و سطوح همواری را برای پخش دانه و کودگیاهی و جلوگیری از شسته شدن آن‌ها فراهم می‌کند • شخم‌زنی شیب می‌تواند باعث استفاده از نصب تجهیزات خاص در عقب بولدوزر و یا سایر ماشین‌آلات ترازبندی انجام شود • سطوح افقی در تراس‌بندی‌های کوچک معمولا ۲۵ سانتی‌متر عرض دارند. پله‌بندی با استفاده از تراس‌بندی تا چند متر عرض نیز می‌تواند استفاده شود	• برای شیب‌هایی که در معرض جریان‌های روسطحی هستند • باید با اجرای روش پوشش گیاهی توام باشد • نقاط برای خاک‌های چسبنده موثر است
پوشش گیاهی	• یک پوشش محافظتی روی خاک ایجاد می‌کند، ریشه گیاهان کمک کمک می‌کند تا اتصال دانه‌های خاک به همدیگر بیشتر شده و از شسته شدن آن‌ها جلوگیری بعمل می‌آید • انواع زیادی از مخلوط دانه‌های گیاهی و روش اجرای آن‌ها وجود دارد • دانه‌پاشی هیدرولیکی ترکیبی از عملیات توأم دانه‌پاشی، کودپاشی، و پخش کودگیاهی است	• برای شیب‌های لخت، کانال‌ها، و سایر مناطقی که خاک در معرض فرسایش قرار دارد • در معرض محدودیت‌های جوی قرار دارد • بعضی از گونه‌های گیاهی ممکن است به تجمع گاز در ناحیه ریشه حساس باشند • سازگاری این روش باید قبل از دانه‌پاشی امتحان شود

۲-۱۷- ارتباط روش‌های بهره‌برداری و پایداری ساختاری

۲-۱۷-۱- تراکم و پوشش زباله

درطول روز، عملیات پخش و متراکم کردن زباله با هدف استفاده بهینه از حجم، ارتفاع، عرض و شیب سلول مدفن، انجام می‌پذیرد. دانسیته و درجه تراکم زباله متراکم شده به ۴ متغیر اصلی بستگی دارد: ۱) ضخامت لایه‌ها زباله، ۲) وزن (و فشار) وارده به زباله از طرف ماشین‌آلات تراکم، ۳) شیب جبهه کار مدفن و ۴) تعداد عبور ماشین‌آلات تراکم. معمولا شیب جبهه کار مدفن محدود به (عمودی)۱: (افقی)۴ و یا (عمودی)۱: (افقی)۵ می‌باشد. معمولا ۴ تا ۶ بار عبور ماشین‌آلات سنگین تراکم چرخ لاستیکی و یا چرخ زنجیری (سنگین‌تر از حدود ۲۰ تن) درجه تراکم بالایی را نتیجه می‌دهد. عبور بیش از ۴ تا ۶ بار، تأثیر زیادی در افزایش درجه تراکم ندارد. درحین پخش و متراکم کردن زباله‌ها، برای جلوگیری از باقی‌ماندن نقاط کم‌تراکم (نقاطی که در اثر اعمال بار، نستعد نشست هستند)، زباله‌ها باید مخلوط شوند؛ مثلازباله‌های پلاستیکی و شاخ و برگ درختانبا زباله‌های شهری و همچنین زباله‌های خیلی تر با زباله‌های خشک مخلوط شوند.

همچنان که قبلاذکر شد، شیب سلول دفن نباید از ۱۵ درجه و یا (افقی به عمودی) ۱:۴ تجاوز کند. این شیب باید با جاگذاری و متراکم کردن مناسب زباله‌های دریافتی، ایجاد شده و در طول روز ثابت نگه داشته شود. با درنظر گرفتن شرایط ثابت برای بقیه پارامترها، هرقدر شیب، افقی‌تر باشد، درجه تراکم زباله‌ها بیشتر و کنترل ماشین‌آلات و عملیات تراکم بهتر انجام می‌پذیرد. لیکن هرقدر شیب جبهه کار افقی‌تر باشد، سطح جبهه کار بزرگ‌تر، و مشکلات مربوط به زهکشی هرزآبهاو کنترل زباله‌های روباز، بیشتر می‌شود. همچنین در این حالت در پایان روز، سطح بزرگ‌تری از زباله‌ها باید با استفاده از خاک پوشانده شده و میزان مصرف خاک و هزینه عملیات پوشش، افزایش می‌یابد.

تلنبار کردن خاک و استفاده از آن برای پوشش زباله‌ها باید طوری انجام شود که خاک پوششی با زباله آلوده نشود. برای این کار بهتر است خاک در بالای سلول و یا در کنار جبهه دفن انباشته شود. در هنگام اجرای لایه پوشش روزانه، ماشین‌آلات پخش باید فقط روی خاک (و نه روی زباله‌ها)رفت و آمد کنند؛ زیرا درصورت عبور از روی زباله‌ها، آن‌ها به چرخ‌های ماشین‌آلات چسبیده و سطح خاک با زباله آلوده می‌شود. قبل از پخش و متراکم کردن خاک پوششی، ماشین‌آلات باید تمیز شوند.

درکشورهای صنعتی، اسکریپرها متداول‌ترین ماشین‌آلات پخش خاک روی زباله‌ها هستند. اسکریپرها کار حمل، تخلیه، و پخش خاک را یکجا انجام می‌دهند. متأسفانه آن‌ها ماشین‌آلات گرانی هستند و چرخ‌های آن‌ها ممکن است توسط زباله‌ها صدمه ببینند. دراگلاین‌ها نیز برای اجرای لایه پوشش زباله می‌توانند مورد استفاده قراربگیرند. لیکن درصورت استفاده از دراگلاین، کار پخش و تراکم زباله باید توسط ماشین‌آلات دیگری انجام شود. صرف نظر از نوع روش تخلیه و پخش خاک روی زباله‌ها، خاک پوششی باید متراکم شده و

تسطیح شود. از بولدوزرها هم برای اجرای لایه پوشش روزانه زباله می‌توان استفاده کرد؛ لیکن اگر آنها فقط مجهز به تیغه جلو باشند، باید از ماشین‌آلات دیگری برای حمل خاک تا نزدیکی جبهه کار مدفن استفاده کرد. معمولا دوبار رفت و آمد دستگاه روی خاک پوششی، تراکم لازم را برای خاک پوشش روزانه اعمال می‌کند. هدف اصلی از اجرای لایه پوشش روزانه، بهبود جلوه مدفن، کنترل حامل‌های بیماری، آشغال، بو، نفوذ آب و تا حدی، آتش‌سوزی است. در شرایط ایده‌آل، زباله‌ها در جبهه کار روزانه به محض تخلیه، پخش و متراکم شده و با خاک پوشانده می‌شوند و درپایان روز نیز لایه پوشش روزانه روی آ«ها اجرا می‌شود. تراکم زباله‌ها یک سطح همواری را برای اجرای لایه پوششی و ادامه عملیات دفن فراهم می‌کند. معمولا یک لایه خاک با ضخامت 15 cm برای اجرای لایه پوشش روزانه کافی است. در مواقعی لازم است برای پوشش نقاط عمیق تر زباله، از لایه خاک ضخیم‌تر از 15 cm نیز استفاده کرد. با پیشروی جبهه کار روزانه در داخل سلول دفن، پوشش خاکی نیز در سطح شیب‌های کناری زباله‌ها (سطح روباز زباله، عمود بر سطح جبهه کار) باید اجرا شود. روش اجرای پوشش خاکی در شیب‌های کناری، همانند پوشش جبهه کار است. با اجرای کامل پوشش خاکی روی زباله‌ها، از پخش زباله‌ها توسط باد جلوگیری می‌شود.

کاربرد لایه پوشش میانی همانند لایه پوشش روزانه است؛ لیکن این لایه ممکن است پس از اجرا، برای مدت زمان طولانی‌تری به صورت روباز باقی بماند. لایه پوشش میانی همچنین به عنوان یک سطح موقت برای عبور ترافیک (کامیون‌هی حمل زباله و غیره) عمل می‌کند. حداقل ضخامت توصیه شده برای این لایه، 30 cm است. این لایه باید بلافاصله پس از پرشدن قشر اول زباله‌ها در سلول دفن، روی آن‌ها اجرا شود؛ ولی باید به حد کافی از نقطه فعالیت روزانه دفن (جبهه کار روزانه) دور باشد تا از آلوده شدن سطح آ« توسط کامیون‌هایی که روی آن حرکت می‌کنند جلوگیری شود.

همچنین بخشی از سلول دفن که زباله در آن به تراز نهایی خود رسیده است، باید بلافاصله با لایه پوشش نهایی پوشانده شود. نوع و ضخامت خاک مورد استفاده و شرایط تراکم آن، باید در مرحله طراحی و اجرای مدفن مشخص شود. برای کاهش نفوذپذیری، تمامی لایه، خصوصا سطح بالایی آن باید به خوبی متراکم شود. پس از اجرای این لایه، بلافاصله خاک سطحی روی آن ریخته، سپس دانه‌پاشی، مالچ پاشی و کوددهی شده و pH آن تنظیم می‌شود. گیاه‌کاری باتوجه به شرایط خاک و آب و هوای منطقه دفن باید انجام شود. لایه پوشش نهایی نباید در آب و هوای بارانی و یخبندان اجرا شود. پس از بسته شدن مدفن و تکمیل شدن اجرای لایه پوشش نهایی، مقداری خاک به صورت ذخیره باید نگه داشته شود تا در هنگام نیاز، برای تسطیح سطح نهایی مدفن مطابق مشخصات مورد استفاده قرار گیرد. مراحل نهایی شدن و بسته شدن مدفن باید فازبندی شود تا به محض اجرای لایه پوشش نهایی، هیچی ترافیکی از روی سطح نهایی مدفن، دیگر مجاز به عبور نباشد.

۲-۱۸- الزامات مربوط به پایش جنبه‌های مختلف عملیات دفن پسماند

در این بخش فرض بر این است که کنترل‌های زیست محیطی، بخشی از فرآیند عملیاتی مدفن محسوب می‌شود. دفترچه‌های ثبتی مدفن باید تمام فعالیت‌های کنترلی زیست‌محیطی را که شامل بازرسی‌ها، داده‌های محاسبتی، و اقدامات اصلاحی می‌شود، دربر گیرد.

۲-۱۸-۱- فرسایش و رسوب

ساعت، تاریخ، شرایط آب و هوایی و شرایط سطح خاک در مدفن، و نتایج تمامی مشاهدات ناشی از بازرسی‌ها مانند شرایط سیستم‌های زهکشی و کنترل فرسایش، باید ثبت شوند. مدارک ثبت شده همچنین باید شامل تمامی اقدامات اصلاحی بعمل آمده در مدفن باشد؛ مانند لایروبی رسوبات انباشته شده درسیستم زهکش و کنترل فرسایش و اصلاح شیروانی‌های خاکی فرسایش یافته و گیاه‌کاری دوباره آن‌ها.

۲-۲۰-۲- کیفیت آب زیرزمینی

نتایج نمونه‌برداری‌ها و آنالیزها از کیفیت آب زیرزمینی باید ثبت و نگهداری شوند. یک گزارش سالانه درقالب جداولی از نتایج آنالیزها باید برای مدیریت مدفن تهیه شود که شامل داده‌های سال‌های گذشته مربوط به هرنقطه از نمونه‌برداری (چاهک یا پیزومتر نمونه‌برداری) نیز باشد. گزارش سالانه باید به دقت مطالعه و هرگونه تغییر احتمالی در روند کیفی آب زیرزمینی شناسایی شود. نتایج این بررسی‌ها نیز باید در گزارش لحاظ شود.

۲-۱۸-۲- کیفیت آب سطحی

یک گزارش کتبی از کیفیت آب سطحی همانند آنچه که برای آب زیرزمینی تهیه می‌شود، باید تهیه کرد. توصیه می‌شود که گزارش‌های مربوط به کیفیت آب زیرزمینی و آب سطحی درهم ادغام شده و ارتباط بین تأثیرات این دو منبع آبی از نظر کیفی بررسی و ارزیابی شود. علاوه بر داده‌های آنالیزها، مشاهدات عینی از کیفیت آب سطحی نیز باید گزارش شود. اگر هرگونه اقدام اصلاحی و درمانی روی منابع آب سطحی و تالاب‌هایی که دستخوش تغییرات کیفی شده‌اند، انجام شده باشد، نتایج این اقدامات نیر باید در گزارش‌ها قید شود.

۲-۱۸-۳- کیفیت هوا و نشت گاز

تمام شکایت‌ها درمورد بوی بد ناشی از انتشار گازها و اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی باید ثبت شوند. نتایج کنترل و بازرسی‌های دوره‌ای از انتشار و نشت گازهای مدفن و کلیه اندازه‌گیری‌های صحرایی باید ثبت شوند. هرنوع اقدام پیشگیرانه و اصلاحی انجام شده برای کاهش و یا حذف نشت گاز به ساختمان‌ها و محیط اطراف

مدفن، باید در گزارش‌ها درج شود. اگر غلظت گاز از مقادیر حدی زیر تجاوز کند، باید یک طرح اصلاحی تدوین و به مورد اجرا اجرا گذاشته شود:

۱- ۱۰۰٪ حد انفجاری پائین (LEL) در مرز مدفن.

۲- ۲۵٪ LEL در هر ساختمان در داخل مدفن و یا ساختمان‌های خارج از محیط مدفن که در برنامه کنترلی مدفن لحاظ شده‌اند.

در مدفن‌هایی که دارای سیستم جمع‌آوری فعال گاز و پرب‌های کنترل درپیرامون مدفن هستند، غلظت گازهای CH_4، CO_2، O_2 باید اندازه‌گیری و ثبت شوند. این داده‌هادر ارزیابی عملکرد سیستم جمع‌آوری و کنترل گاز مدفن، مهم است.

۳- نحوه نظارت بر اجرای عملیات در محل‌های دفن پسماند عادی و ویژه

۳-۱- تعیین الزامات سیستم پذیرش پسماند

۳-۱-۱- هدف

هدف از این بخش، وضع استانداردهای سختگیرانه‌ای برای کاهش اتکا به دفن پسماند و همچنین کاهش تأثیرات زیست محیطی پسماندهای دفع شده در لندفیل است. استانداردهای عملیاتی و زیرساختی محکم‌تر، نوع و ماهیت پسماندهایی را که برای لندفیل می توان ارسال کرد را محدود می‌کند و محدودیت‌های بیشتری را درمورد محل لندفیل قرار می‌دهد.

نکات کلیدی این فصل عبارتند از:

- انواع خاصی از پسماندها نمی‌توانند در لندفیل دفن شوند.
- طبقه بندی لندفیل‌ها با توجه به امکان پذیرش انواع پسماندهای خطرناک، غیر خطرناک یا بی اثر در آنها
- در صورت رعایت ضوابط پذیرش پسماند (WAC) برای هر نوع از لندفیل، می‌توان پسماندها را در آن لندفیل پذیرفت.
- اکثر پسماندها قبل از فرستاده شدن به لندفیل باید تصفیه شوند.
- وجود فرآیندهای رسمی برای شناسایی و بررسی پسماندها که بایستی قبل از پذیرش پسماندها در لندفیل انجام شود.
- اگر تصمیم بر آن شد که دفع پسماندها، بهترین گزینه برای مدیریت پسماندها می‌باشد بایستی قبل از پذیرش پسماند در لندفیل، اپراتور لندفیل اطمینان داشته باشد که پسماند شرایط مراحل پذیرش پسماند (WAP) و معیارهای پذیرش پسماند (WAC) را رعایت می‌کند در غیر اینصورت اپراتور ممکن است از پذیرش پسماند امتناع ورزد.

۳-۱-۲- مراحل پذیرش پسماند

با توجه به دستورالعمل‌های موجود در این استاندارد اپراتورهای لندفیل باید مراحل پذیرش پسماند (WAP) اختصاصی سایت خود را تهیه کنند. باید مشخص شود که آیا پسماند برای رفتن به لندفیل مناسب است یا خیر و کدام نوع لندفیل مناسب استفاده می باشد.

مراحل پذیرش پسماند (WAP) شامل سه مرحله برای شناسایی و بررسی دوره‌ای ویژگی های اصلی پسماندها است:

مرحله اول: مشخصات اصلی

قبل از فرستاده شدن پسماند به لندفیل، بایستی ترکیبات و مشخصات آن معین باشد تا مناسب بودن پسماند جهت پذیرش در لندفیل بررسی و همچنین نوع لندفیل مناسب جهت پذیرش پسماند نیز مشخص شود.

مرحله دوم: آزمایش انطباق

برای پسماندهایی که تولید آنها مرتباً در حال افزایش است، به عنوان مثال پسماندهای یک فرآیند صنعتی، بایستی پسماند به طور دوره‌ای بررسی شود تا اطمینان حاصل شود که ویژگی‌های آن تغییر نکرده‌اند.

مرحله سوم: تأیید در محل

اپراتور باید هر یک از پسماندهای تحویلی در لندفیل را بررسی کند و مشخص کند که آیا پسماند مورد تایید است و در انبار یا در فرایند حمل و نقل آلوده نشده است.

در کنار مراحل پذیرش پسماند (WAP)، همه دارندگان (تولیدکنندگان) پسماند وظیفه مراقبت از پسماند را به عهده دارند. این بدان معنی است که دارندگان پسماند باید:

- تمامی اقدامات معقول را برای جلوگیری از نقض هرگونه قانون، از جمله شرایط مجوز، انجام دهند.
- اطمینان حاصل کنند که پسماندها به طور مناسب نگهداری و از کنترل خارج نمی‌شوند.

تبصره: جهت جلوگیری از نقض قوانین توسط دیگران، به همراه پسماند، اطلاعات پسماند به صورت کتبی تحویل داده شود.

به عنوان یک تولیدکننده پسماند، به منظور تشریح وظایف مراقبت از پسماند بایستی مشخصات پسماندها شفاف باشد که مشخص شود آیا پسماند به لندفیل ارسال شود یا خیر. این مشخصات شامل ارزیابی خطرپذیری (پسماند خطرناک است یا خیر مگر اینکه پسماند کاملا غیرخطرناک باشد) و همچنین ارزیابی ترکیبات پسماند می‌باشد.

معیارهای پذیرش پسماندها برای پسماندهای بی‌اثر، غیرخطرناک و خطرناک به شرح زیر است:

- لیستی از ضایعات که ممکن است در لندفیل‌های بی اثر بدون آزمایش پذیرش شود.
- محدودیت در قابلیت نشت برخی پارامترهای خاص.
- محدودیت در میزان مواد آلی پسماندها.

تبصره: برای پسماندهای غیر خطرناک هیچ محدودیتی در لندفیل‌ها وجود ندارد.

در بسیاری از موارد، برای بررسی اینکه آیا پسماند در محدوده مجاز قرار دارد، باید نمونه برداری و آزمایش صورت گیرد.

۳-۱-۳- خلاصه‌ای از الزامات برای تولیدکنندگان پسماند

قبل از اینکه تولیدکننده پسماند بتواند پسماند را برای دفع به لندفیل ارسال کند، باید بررسی کند که لندفیل دارای مجوز مناسب باشد و نیز باید موارد زیر را تکمیل کرده باشد:

- برگه انتقال وظایف مراقبت یا برگه حمل پسماند خطرناک
- برگه اعلام پیش‌تصفیه
- مشخصات اصلی پسماندها، شامل موارد زیر:
  - توضیحات در مورد پسماند
  - کد پسماند (با استفاده از لیست پسماندها)
  - ترکیبات پسماند (در صورت لزوم با آزمایش)
  - تست معیارهای پذیرش پسماند (در صورت لزوم)

۳-۱-٤- پسماندهای ممنوعه

انواع پسماندهای زیر را نمی‌توان به لندفیل ارسال کرد:

- پسماند مایع؛
- پسماندهایی که در لندفیل، قابل انفجار، خورنده، اکسیدکننده، قابل اشتعال یا بسیار قابل اشتعال هستند؛
- پسماندهای عفونی بیمارستانی و کلینیکی با مرجعیت مراکز پزشکی یا دامپزشکی؛
- مواد شیمیایی حاصل از فعالیت‌های تحقیق و توسعه یا تدریس (مانند باقیمانده‌های آزمایشگاهی) که ناشناخته و یا جدید هستند و اثرات آن بر انسان و یا محیط زیست مشخص نیست؛
- تمام لاستیک‌های مستعمل کامل و خردشده بجز لاستیک‌های مورد استفاده در مواد مهندسی، لاستیک‌های دوچرخه و لاستیک‌هایی با قطر بیرونی بیش از ۱۴۰۰ میلی متر.

برخی از این نوع پسماندها در زیر شرح داده‌شده‌اند:

۳-۱-٤-۱- پسماند مایع

پسماند مایع عبارت است از:

(الف) هر نوع پسماندی که بلافاصله داخل حفره‌ای در سطح پسماند جریان یابد، یا

(ب) هر نوع پسماند حاوی مایع زهکشی نشده که بیش از ۲۵۰ لیتر یا ۱۰ درصد از حجم بار (هر کدام که مقدار کمتری را نشان دهد) باشد. اصطلاح زهکشی آزاد به معنای مایعی است که در بند (الف) تعریف شده است، صرف نظر از اینکه آن مایع داخل یک ظرف باشد.

اگر پسماند مایع نباشد (مطابق با تعریف در بند (الف) باید لجن یا جامد باشد. این موضوع به پسماندهای ریزدانه، پسماندهای همگن مانند رسوبات فیلتر، لجن فاضلاب و سیلت آبگذر جاده‌ها مربوط می‌شود. پسماندهایی که به آرامی و نه سرعت زیاد به داخل حفره‌ای در سطح جریان یابند، لجن یا جامد ریزدانه خواهند بود؛ بنابراین ممنوع نیستند.

اگر مشخص است (یا تصور آن منطقی است) که مقادیر کمی مایع در یک پسماند عمدتا جامد وجود دارد، باید از معیار بند (ب) استفاده شود. به عنوان مثال، کارتن‌های شیر یا آبمیوه موجود در پسماندهای تجاری یا مایعاتی که به طور تصادفی به پسماند اضافه شده است. توجه شود که این شامل مایعی که از اجزای پسماند زهکشی شده یا فشرده شده است و آب بارانی که درون پسماند است نیز می‌شود.

میعانات گازی و شیرابه تولیدشده در لندفیل، از منظر دستورالعمل‌های پذیرش پسماند در لندفیل پذیرش نشده اند بلکه در محل تولید شده‌اند. بنابراین می‌توان آنها را مطابق با مجوز دفن پسماند مدیریت کرد (برای مثال، در صورت داشتن مجوز می‌توان شیرابه را مجدداً بازگردانی کرد). با این حال، شیرابه تولیدشده در لندفیل دیگر نمی‌تواند برای بازگردانی مجدد پذیرفته شود زیرا انجام این کار به مثابه‌ی پذیرش پسماند مایع برای دفع محسوب می‌شود.

۳-۱-٤-۲- خطرات ممنوعه

مواد منفجره، خورنده، اکسید کننده، قابل اشتعال یا بسیار قابل اشتعال طبق تعاریف دستورالعمل مواد منفجره، خورنده، اکسید کننده، بسیار قابل اشتعال و بسیار قابل اشتعال در مقررات مربوط به پسماند خطرناک ذکر شده است.

۳-۱-٤-۳- پسماندهای عفونی و بهداشتی

پسماندهای عفونی فقط در صورتی که پسماند بیمارستان‌ها و سایر مراکز بالینی ناشی از موسسات پزشکی یا دامپزشکی باشد، ممنوع است. این بدان معنا نیست که پسماندهای عفونی از منابع دیگر یا در حقیقت سایر پسماندهای بالینی یا بهداشتی و درمانی باید به محل دفن پسماند ارسال شوند.

لندفیل‌های پسماندهای غیرخطرناک نباید پسماندهای بالینی و مرتبط را که عفونی هستند را بپذیرند. چنین پسماندهایی از مراکز پزشکی یا دامپزشکی به وجود می‌آیند. لندفیل پسماندهای غیر خطرناک تنها در صورتی می‌توانند چنین پسماندهایی را بپذیرند که تصفیه شده و خطری نداشته باشند.

سایر پسماندهای مراقبت‌های بهداشتی (و ضایعات مشابه شهری و مراکز تولیدی) از جمله داروها، قطعات بدن، اندام‌ها و محفظه‌های خون نباید دفن شوند.

۳-۱-٤-٤- پسماند بی‌اثر

پسماندهای بی‌اثر، پسماندهایی هستند که دست‌خوش هیچ‌گونه تغییر فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی قابل توجهی نمی‌شوند. پسماندهای بی اثر حل نمی‌شوند، قابل سوختن نیستند و واکنش فیزیکی یا شیمیایی نمی دهند، دچار تجزیه بیولوژیکی نمی‌شوند و بر سایر موادی که در تماس با آنها قرار می‌گیرند تأثیر منفی نمی گذارند و همچنین به ندرت باعث آلودگی محیط زیست یا آسیب به سلامتی انسان می‌شوند. قابلیت نشت و

میزان آلایندگی کل این نوع پسماند و سمیت‌زایی شیرابه ناچیز است و به ویژه کیفیت آب های سطحی و یا آب های زیرزمینی را به خطر نمی‌اندازند.

بر اساس دستورالعمل های پذیرش پسماند، با فرض بی اثر بودن، پسماندهای زیر بدون انجام آزمایش قابلیت ارسال به لندفیل پسماندهای بی اثر را دارا می باشند:

- یک نوع پسماند از یک جریان پسماند باشد.
- هیچ گونه سوء ظنی به آلودگی در آنها وجود نداشته باشد و وجود مواد دیگری مانند فلزات، آزبست، پلاستیک، مواد شیمیایی و غیره در حدی نباشد که خطر همراه بودن با پسماند را به اندازه کافی افزایش دهد تا دفع آنها در سایر لندفیل‌ها توجیه داشته باشد.

در صورت وجود ظن آلودگی (چه از نظر بصری و چه از نظر اطلاعات در مورد منشاء پسماند) پسماندها باید آزمایش معیار پذیرش پسماند (WAC) را انجام دهند (در غیر اینصورت از پذیرش در محل دفن پسماندهای بی اثر خودداری شود).

۳-۱-٤-٤-۱- حدود مجاز پذیرش

پسماندهایی که معیارهای فوق را برآورده نمی‌کنند، فقط در صورتی می‌توانند در لندفیل پسماندهای بی اثر پذیرش شوند که نتایج آزمایش تایید کند که:

- این پسماندها خطرناک نیستند؛ و
- از مقادیر حداکثر معیار پذیرش پسماند (WAC) تجاوز نمی‌کنند.

۳-۱-٤-۵- پسماندهای غیرخطرناک

لندفیل پسماندهای غیرخطرناک می‌تواند پسماندهای شهری به همراه ضایعات غیر خطرناک (از جمله پسماندهای بی اثر) را از هر مبدأ دیگری بپذیرد.

هیچ محدودیت معیار پذیرش پسماند (WAC) برای لندفیل پسماندهای غیر خطرناک وجود ندارد. این بدان معناست که هیچ محدودیتی برای محتوای آلی یک فاضلاب پذیرفته شده در لندفیل پسماندهای غیر خطرناک وجود ندارد.

شرط اصلی ورود پسماند به لندفیل پسماندهای غیر خطرناک، اطمینان حاصل نمودن از خطرناک نبودن پسماند است. برای تعیین غیر خطرناک بودن پسماند توجه به دو نکته زیر حائز اهمیت است:

- ورودی‌های نامشخص: این پسماندها با توجه به غلظت مواد خطرناک در آن‌ها، ممکن است خطرناک یا غیر خطرناک باشند. برای بررسی غیر خطرناک بودن پسماند، آزمایش تعیین ترکیبات پسماند الزامی است (ارزیابی اجزای جامد پسماند).

- ورودی های کاملا غیرخطرناک: این نوع پسماند، غیر خطرناک به نظر می‌رسد. برای این نوع پسماند هیچ آزمایش ترکیبات یا آزمایش معیار پذیرش پسماند (WAC) لازم نیست.

این بدان معناست که در موارد خاص آزمایشی (آزمایش ترکیبی یا آزمایش WAC) جهت شناسایی پسماندهای غیرخطرناک قبل از دفع در لندفیل پسماندهای غیر خطرناک لازم نیست انجام گیرد .

۳-۱-٤-٦- پسماندهای خطرناک

۳-۱-٤-٦-۱- پسماند های دانه ای

به منظور پذیرش این نوع پسماندها در لندفیل پسماندهای خطرناک، پسماندهای دانه ای نباید از حد مجاز مندرج در جدول زیر شامل میزان نشت شیرابه و مقدار محتوای مواد آلی تجاوز کنند. چنین پسماندهایی همچنین باید دارای ضریب مقاومت برشی حداقل ۵۰ کیلو پاسکال برای پسماندهای چسبند[۲۲] ، یا نسبت باربری[۲۳] در محل حداقل ۵٪ برای پسماندهای غیر چسبنده باشند.

۳-۱-٤-٦-۲- پسماندهای یکپارچه [۲٤]

پسماندهای یکپارچه نباید از حد مجاز ارائه شده برای پارامتر نشت شیرابه در هریک از جداول زیر تجاوز کنند. چنین پسماندهایی نیز باید دارای:

- حداقل مقاومت فشاری غیر محصور ۱ مگاپاسکال پس از ۲۸ روز از مراقبت[۲۵] باشند.
- و همچنین بایستی دارای:
  - ابعاد بیش از ۴۰ سانتی متر در هر طرف، یا
  - عمق و فضای شکاف ، هنگام فشرده شدن بیش از ۴۰ سانتی متر.

به طور کلی می توان پسماندهای دانه ای را به پسماندهای یکپارچه تبدیل نمود. این نوع پسماندها فقط در صورتی در لندفیلد قابل پذیرش هستند که قبل از مرحله یکپارچه سازی، مقادیر زیر را ارضا کنند:

- مقدار باقیمانده پس از سوزاندن[۲۶] برابر ۱۰٪، یا
- کل کربن آلی[۲۷] برابر ۶٪

[22] Cohesive waste

[23] Bearing ratio

[24] Monolithic waste

[25] curing

[26] Loss on ignition

[27] Total organic carbon

۳-۱-۵- تعیین الزامات مربوط به نحوه بازرسی پسماندها

پسماندها را بدون اطلاع قبلی از ماهیت و ترکیبات و تایید پذیرش آن نبایستی در هیچ لندفیلی پذیرفت. پسماندهایی که در سایت، پذیرش می شوند بایستی در دسته پسماندهای مجاز با شرایط مجوز مربوطه قرار بگیرند. در نتیجه، تیم مدیریتی سایت بایستی محدودیت هایی در رابطه با پذیرش جریان پسماندهای مشخص اعمال کند. بنابراین نیاز است که از ماهیت و ترکیبات پسماندهای دفن شده در سایت آگاهی کامل پیدا کرد تا از مطابقت پسماند با شرایط مجوز و الزامات بهداشتی و ایمنی اطمینان حاصل شود. بنابراین تمامی پسماندهای دریافتی در سایت لندفیل بایستی:

- حاوی مستندات مناسب باشند
- توزین شوند
- مطابقت آنها با شرایط لندفیل چک شود

به عبارت دیگر هر وسیله نقلیه حامل پسماند بایستی برای موارد زیر بررسی شود:

- وزن ورودی (کامل)
- وزن خروجی (خالی)
- در دسترس بودن اسناد مربوطه
- بازرسی بصری هنگام توزین (در صورت امکان)
- بازرسی بصری پس از تخلیه در محل تخلیه (گزارش بازرسی برای هر وسیله نقلیه ثبت شود).

۳-۱-۵-۱- مستندات و آزمایشات انطباق

وسایل نقیله هنگام ورود به سایت بایستی در محل ورودی متوقف شوند. مستندات و مدارک مربوط به پسماند در محل ورودی تحویل داده می شود و بار پسماند وسیله نقیله و مدارک تحویلی بایستی به منظور بررسی مطابقت بازرسی شوند. کلیه پسماندهای رسیده به سایت بایستی به همراه اسناد و مدارک لازم مطابق با ضوابط قانونی و الزامات مشخص شده توسط سایت لندفیل و همچنین شامل توضیحات کامل در مورد پسماند باشند. برخی از فرم های انتقال پسماند بایستی در دو نسخه تهیه و تکمیل و نزد اپراتور سایت و فرستنده پسماند نگهداری شود. برگه انتقال بایستی شامل شرح پسماند باشد و اطلاعات مربوط به محل و فرآیند تولید پسماند و ترکیبات فیزیکی و شیمیایی آن را ارائه دهد. اگر به هر دلیلی شک و تردیدی نسبت به صحت پسماند وجود داشته باشد بایستی نمونه گیری و بررسی شود و تا زمان رسیدن تاییدیه پسماند، وسیله نقلیه مجاز به تخلیه بار خود نمی باشد. حتی برای پسماندهایی که به طور منظم به لندفیل ارسال می شود بایستی نمونه برداری دوره‌ای انجام شود تا از مطابقت آن با شرایط مجوز اطمینان حاصل شود. بنابراین اپراتور سایت لندفیل بایستی پسماندها را در سه سطح ممکن آزمایش و بررسی کند که عبارتند از:

مرحله اول: مشخصات اصلی پسماند

مشخصات اصلی پسماند توسط تولید کننده آن به منظور قابلیت دفن پسماند در یک لندفیل مشخص تعیین می گردد. مشخصات اصلی شامل تعیین دقیق ویژگی های فیزیکی و شیمیایی پسماند می باشد.

مرحله دوم: آزمایش انطباق

پسماندها در یک دوره تناوب مشخص به منظور بررسی تغییرات مشخصات اصلی آنها مجددا مورد آزمایش قرار می گیرند. دوره تناوب آزمایشات را مقامات نظارتی تعیین خواهند کرد.

مرحله سوم: تایید در محل

پسماند تحت آزمایشات و بررسی های ساده قرار خواهد گرفت تا اطمینان حاصل شود که پسماندها هنگام ورود به سایت، با توضیحات موجود در مستندات همراه مطابقت دارند.

۳-۱-۵-۲- کنترل پسماندهای ورودی

بررسی های انجام شده به عنوان بخشی از فرآیند نوین کنترل ورودی مختص سایت، بستگی به موارد زیر دارد:

- نوع وسیله نقلیه حامل پسماند
- ماهیت پسماند
- نحوه بارگیری پسماند (مانند بشکه ای یا به صورت ظروف در بسته)

آزمایشات انجام شده ممکن است شامل:

- بازرسی بصری
- نمونه برداری و آنالیز در سایت (مانند pH)

سه جنبه از بازرسی بارهای ورودی بایستی اجرا شوند که شامل:

- بازرسی اسناد و مدارک
- آزمایش تایید در محل سایت
- نگهداری نمونه ها به منظور آزمایشات تعیین ماهیت

با توجه به بررسی اسناد و مدارک، هنگام ورود پسماند به سایت اسناد به منظور تایید انطباق بایستی توسط شخص مسئولی که در قسمت پذیرش و یا باسکول قرار دارد انجام شود. اگر چنانچه اسناد مرتب بودند، محموله در قسمت پذیرش و یا باسکول بایستی توزین شود. در غیر این صورت وسیله نقلیه به منظور بررسی های بیشتر به محوطه انتظار هدایت می شود. در شرایط عادی، اگر وسیله ای نقلیه ای بدون اسناد و مدارک مناسب و یا با پسماند تایید نشده وارد سایت شود پرسنل سایت بلافاصله بایستی در اولین فرصت مراتب را به مقامات نظارتی اطلاع دهند (به همین دلیل است که محل دفن پسماند مدرن بایستی مجهز به وسایل ارتباطی از جمله تلفن باشد).

۳-۱-۵-۳- تایید در محل

مسئول پذیرش و یا باسکول بایستی وسیله نقلیه را نقاط زیر هدایت کند:

- منطقه دفن
- بازرسی در محل شامل بازرسی چشمی پسماند در حین تخلیه می باشد. کاملترین بازرسی چشمی را می توان در حین پراکنده کردن و فشرده سازی پسماند انجام داد.
- منطقه مشخص شده بازرسی پسماند
- ممکن است که یک تاییدیه در محل با جزییات بیشتر قبل از دفن پسماند نیز انجام شود.

نمونه های شاهد به منظور انجام آزمایشات مرحله دوم در یک دوره زمانی مشخص گرفته می شوند. برای به حداقل رساندن زمان تاخیری استفاده وسایل نقلیه از سایت، برنامه دوره های زمانی و انواع پسماندها بایستی ارائه گردد. برای بارهایی که امکان بازرسی قبل از تخلیه وجود ندارد بایستی یک برنامه بازرسی نقطه ای مقرر گردد، برای این منظور محوطه ای برای این کار باید اختصاص داده شود. به منظور اطمینان از فرایند انطباق، امکاناتی بایستی فراهم شود که اجازه بازرسی پسماندها قبل از دفن نهایی را بدهد. امکانات لازم تا حدی به محدوده پسماندهای مجاز بستگی خواهد داشت. دو منطقه ای که امکان بازرسی پسماندها در آنها وجود دارد عبارتند از:

- محوطه پذیرش
- منطقه تخلیه

معمولا بخش باسکول اولین نقطه ای است که وسیله نقلیه به منظور بررسی مناسب بودن پسماند جهت پذیرش بازرسی می شود. مستندات همراه با محموله بار در این مرحله بررسی می شود. اگر بار روباز باشد، ممکن است امکان بازرسی بصری در بخش باسکول وجود داشته باشد. با این حال در این روش امکان بازرسی کل پسماند توسط پرسنل وجود نخواهد داشت زیرا فقط سطح بار قابل بررسی خواهد بود. همچنین بازرسی که می تواند در بخش پذیرش انجام شود با توجه به نوع وسیله نقلیه تحویل دهنده پسماند محدود می شود. امکان بازرسی و نمونه برداری وسایل نقلیه سرپوشیده در منطقه جابه‌جایی غیرعملی است. بارهای این نوع وسایل نقلیه با استفاده از روش بازرسی تصادفی قبل از رسیدن به منطقه تخلیه به بهترین شکل بررسی می شوند. بنابراین نیاز به فراهم کردن محوطه بازرسی جداگانه خواهد بود. در مواردی که مواد خطرناک درگیر نباشند، یک بازرسی دقیق و دسترسی ایمن ایستاده از محموله بار در محل پذیرش کافی خواهد بود.

در صورت نیاز به تخلیه به منظور بازرسی بار قبل از پذیرش در سایت، بایستی یک محوطه کوچک در سایت برای این منظور در نظر گرفته شود.

- چنین محوطه ای بایستی دارای دیوار حایل و سطحی سخت و تمیز می باشد.

- شیرابه خارج شده بایستی به عنوان یک آلاینده بالقوه در نظر گرفته شود و قبل از تخلیه باید توسط یک آبگیر به منظور آنالیز جمع آوری شود.
- موقعیت مکانی این منطقه بایستی با دقت به منظور جلوگیری از نگاههای مزاحم، ایجاد بو ناخوشایند و خطر مواجهه با مواد خطرناک انتخاب شود.

برای نگهداری وسایل نقلیه ای که دارای محموله بار مورد تایید نیستند بایستی منطقه ای در نظر گرفته شود. در چنین مواردی بایستی با مقامات نظارتی تماس گرفته و تا اقدامات لارم انجام گیرد.

۳-۱-۵-٤- ارتباط موثر

اگر اسناد تحویلی مرتب باشند، مسئول قسمت باسکول وسیله نقلیه را مستقیما به یک منطقه مشخص برای بازرسی و یا به محوطه تخلیه هدایت می کند. ارتباط صحیح بین بخش باسکول و تخلیه پسماند و آگاهی مناسب از قابل پذیرش بودن جریان پسماند توسط تمامی پرسنل درگیر در انتقال پسماند از بخش پذیرش تا دفن نهایی الزامی می باشد. این امر به منظور اطمینان حاصل کردن از:

- اجرای صحیح و بدون توقف فرایندهای سایت
- پذیرش تنها پسماندهای مجاز
- ایمنی در کار در برخورد با پسماندها
- ثبت دقیق ورودی ها و مکان های دفن

۳-۱-۵-۵- دانش کارکنان

ضروری است کلیه پرسنلی که مسئول بررسی اسناد و مدارک همراه وسایل نقلیه هستند و اپراتورهای سایت در قسمت دفع پسماند مهارت و دانش کافی نسبت به:

- شناخت و فهم ضوابط پذیرش پسماند مربوط به سایت از نقطه نظر الزامات مجوز
- درک دلایل اساسی پایه ای برای معیارهای پذیرش سایت
- شناخت اطلاعاتی که بایستی در ارتباط با اسناد و مدارک همراه با بار ارائه شود.
- داشتن توانایی شناسایی پسماندهای ناسازگار و غیر قابل تایید
- شناخت انجام فرایندها در صورت تایید نشدن اسناد و یا محموله بار پسماند
- فرایندهای ایمنی سایت

اپراتورهای سایت در محل پذیرش و قسمت دفن پسماند نیاز است که آموزش داده شوند که صلاحیت و توانایی انجام امور در این بخش‌ها را پیدا کنند.

یک چک لیست بازرسی بصری باید تنظیم شود که در آن مشخصات اطلاعات بصری برای شناسایی مواد غیرقابل قبول را نشان دهد. این چک لیست باید برای هر نوبت تخلیه توسط وسیله نقلیه‌ای که در منطقه تخلیه پسماند فعالیت می کند پر شود.

۳-۱-٦- تعیین نحوه ثبت داده‌ها

۳-۱-٦-۱- جمع آوری داده

در زمینه مدیریت کیفیت کلی داده‌ها، می توان کیفیت داده ها را توسط موارد زیر مدیریت کرد:

- استفاده از پرسنل مجرب و با کیفیت: کارکنان باید با جمع‌آوری داده‌ها، استفاده و نحوه‌ی کاربرد آنها آشنا باشند.
- استفاده از پروتکل های نمونه گیری و رسیدگی به منظور اطمینان حاصل کردن از سازگاری روش‌های مورد استفاده: پروتکل‌ها شامل شرایط نمونه برداری کنترل کیفی به منظور بررسی کیفیت روش های نمونه برداری و روند رسیدگی هستند.
- استفاده از روش های ثبت داده استاندارد: به عنوان مثال، چک لیست‌ها و فرم‌های ورود داده شامل مراحل ثبت اطلاعات، با استفاده از تجهیزات ثبت خودکار جمع آوری شده اند.
- استفاده از آنالیزهای آزمایشگاهی اعتبار سنجی و تضمین کیفیت: استفاده از فرایندهای اعتبارسنجی همیشه کفایت آنالیزها را تضمین نمی‌کند. شفافیت روش‌شناسی با هر روش اعتبارسنجی همیشه بایستی از آزمایشگاه‌ها پیگیری شود.

۳-۱-٦-۲- تطبیق داده‌های پایش و بایگانی مقدماتی

۳-۱-٦-۲-۱- انواع داده‌ها

فرایند تطبیق داده عبارت است از جمع آوری و مرتب سازی داده‌های ورودی به فرمت مناسب به منظور بایگانی اولیه آنها. در صورتی که داده های ورودی به فرمت الکترونیکی باشند، باید یک نسخه کاغذی از داده‌های پردازش نشده به عنوان منبع در دسترس نگهداری شود.

اطلاعات ناشی از برنامه های پایش شامل موارد زیر است:

- داده‌های مربوط به پایش زیرساخت‌ها، انطباق و سایر استانداردها: به عبارت دیگر هدف فرایند پایش، نظارت بر جزییات ساخت‌وساز، جزییات سایت، ارزیابی و انطباق استانداردها و ارزیابی استانداردهای کیفیت محیط زیست است. این داده‌ها ممکن است با هر پایش تغییر نکنند اما با اینحال هر زمان که داده‌های پایش مورد بررسی قرار می‌گیرند این اطلاعات مورد نیاز است و برای این منظور بایستی به راحتی در دسترس قرار بگیرند.

- داده‌های مربوط به ممیزی های پایش ویژه: به عبارت دیگر، اندازه‌گیری‌ها و سوابق آزمایشگاهی، پرونده‌های حفاظتی و اطلاعات مشاهده‌ای.

۳-۱-٦-۲-۲- ورود و بایگانی اولیه داده‌ها

داده‌ها می توانند هم به صورت کاغذی و یا در کامپیوتر ذخیره شوند. هرکدام از این روش‌ها که انتخاب شوند فرایند بایگانی اولیه بایستی شامل:

- یک سیستم به منظور ارجاع دادن به تمامی داده های اصلی و اسناد آزمایشگاهی.
- ابزاری برای نشان دادن اینکه داده‌ها در کجا تغییر و یا حذف شده اند. نمونه هایی از این موارد می تواند در قسمت نظرات، داده های عددی و یا مقادیری که کمتر از آستانه تشخیص هستند اتفاق بیفتد.
- ابزاری برای تعیین اینکه داده ای معتبر است یا خیر.
- بایگانی کلیه پرونده های اصلی، آزمایشگاهی و سایر پرونده های مرتبط.

پرسنلی که وظیفه تطبیق داده‌ها را برعهده دارند بایستی با پایش یا برنامه مدیریت محیط زیست سایت آشنایی کامل داشته باشند (ترجیحا از سایت و تجهیزات پایش آن دیدن کرده باشند).

۳-۱-٦-۲-۳- اعتبارسنجی داده‌ها

اعتبار سنحی داده‌ها شامل بررسی داده‌ها به منظور وجود خطاها و ناسازگاری‌های ساده می باشد و هرجا امکان داشته باشد به اصلاح این داده‌ها می پردازد. انجام این کار بایستی دنبال شود تا احتمال بروز دوباره‌ی خطاهای مشابه کاهش یابد. قوانین اعتبارسنجی بایستی با احتیاط تدوین شوند تا از رد داده هایی که در عین افراطی بودن اشتباه نیستند، جلوگیری شود. این امر به ویژه در مواردی اعمال می شود که قوانین اعتبارسنجی در سیستم های رایانه ای گنجانیده شده باشند. شخصی که مسئول اعتبارسنجی داده ها است باید درک معنایی مناسبی از داده ها داشته باشد و به پرونده های زیر دسترسی داشته باشد:

- داده های ورودی جدید، از جمله سوابق نقض قانون اعتبارسنجی در هنگام تطبیق داده ها و بایگانی اولیه
- سوابق داده‌های اصلی
- تمامی داده‌های پایش گذشته
- برنامه پایش و کنترل سایت

۳-۱-٦-۲-٤- بررسی های اعتبارسنجی

تعدادی از روش‌های ساده بررسی‌های اعتبار سنجی وجود دارد که می توان بر روی داده ها انجام داد که شامل:

- بررسی داده های داخلی: *به کار بردن تست‌هایی برای مجموعه داده‌های جمع آوری شده از یک نقطه پایش از یک بررسی پایش ویژه*
- بررسی داده‌های خارجی: *انجام تست‌ها با هدف مقایسه با سایر داده‌های مرتبط*.

بررسی های اعتبار سنجی ویژه عبارتند از:

بررسی داده‌های داخلی

- خطاهای ساده

شامل خطاهای نوشتاری، شناسایی نمونه نادرست و داده‌های از دست رفته

- بررسی های منطقی

داده های خارج از محدوده معتبر

- بررسی داده‌های بیولوژیکی و شیمیایی

بررسی نسبت‌های شیمیایی، محاسبات تعادلی یون‌های بزرگ، مقایسه‌های میدانی/آزمایشگاهی

بررسی های خارجی

- مقایسه با آنالیزهای نمونه کنترل کیفیت
- مقایسه آنالیزهای گذشته با همان نقطه پایش
- مقایسه با آنالیزهای نقاط مشابه پایش
- ارزیابی سایر خصوصیات نمونه : *به عبارت دیگر تبعیت از پروتکل های اجرا و نمونه گیری، هرگونه انحراف قابل توجه از روند معمول*

۳-۱-٦-۲-۵- پردازش داده های غیر عادی یا نادرست

در برخورد با داده‌های غیر عادی و نادرست بایستی روند زیر طی شود:

- تایید مقادیر با سوابق اصلی میدانی و یا اسناد آزمایشگاهی
- ارجاع سوالات و تردیدهای حل نشده به پرسنل پایش میدانی و آزمایشگاهی
- تکرار دوباره آزمایشات و آنالیزها

گزارشات مراحل بالا بایستی مکتوب و نگهداری شوند. در همه موارد ممکن است امکان تکرار آزمایشات و آنالیزها به دلیل فاصله افتادن بین جمع آوری و تطبیق نتایج وجود نداشته باشد. با این وجود، در صورتی که داده های مشکوک شناسایی شده اند که برای تایید یا برای عملکرد دفن پسماند مهم هستند، نمونه گیری بایستی بلافاصله دوباره انجام شود.

اگر داده های نادرست یا سوال برانگیز پس از تحقیق در پرونده باقی بمانند، بایستی به شرح زیر اصلاح شوند:

- داده‌های مشکوکی که سناسایی شده اند بایستی در سوابق اطلاعات سایت درج گردند اما با یک توضیحی روشن علامت گذاری شوند.
- داده‌هایی که به وضوح نادرست هستند، بایستی از سوابق معتبر سایت حذف گردند. سوابق خالی با ارجاع به داده‌های معتبر علامت گذاری شده و توضیحی شفاف نیز در رابطه با آن داده خواهد شد.
- اگر داده ها پس از ارسال به سازمان حفاظت از محیط زیست اشتباه تشخیص داده شوند، باید به صورت کتبی و رسمی به سازمان اطلاع داده شود و یک توجیه فنی برای حذف یا اصلاح اطلاعات اشتباه از سوابق پرونده و ثبت عمومی به سازمان داده شود.

۳-۱-٦-۲-٦- ذخیره و بایگانی داده های معتبر

داده های کاری که تأیید شده اند بایستی در یک مکان دائمی اما در دسترس ذخیره شوند، جایی که برای بررسی منظم همواره در دسترس باشد. داده‌های مهتبر بایستی به طور مشخص از داده‌هایی که هنوز از لحاظ کیفیت اعتبار سنجی نشده اند متمایز شوند. این جداسازی می تواند با انتقال دادهای معتبر به یک محل بایگانی دائمی جداگانه انجام شود و یا در همان محل با علامت گذاری از سایر داده‌ها متمایز شوند. زمان احتمالی برنامه پایش بایستی در زمان مشخص کردن تجهیزات بایگانی و ذخیره سازی تعیین گردد. داده ها بایستی برای طول عمر سایت، که ممکن است چندین دهه باشد، ذخیره شوند. به منظور اطمینان حاصل کردن از سالم ماندن اطلاعات در این مدت، داده بایستی به درستی مرتب و استفاده گردند. اگر از رایانه در ذخیره سازی داده‌ها استفاده می شود، از داده‌ها به طور مرتب بایستی نسخه پشتیبان گرفته و در جای امن نگهداری شود. به علاوه، به دلیل احتمال از بین رفتن و یا حذف بخشی از داده‌های الکترونیکی، یک نسخه کاغذی بایستی از تمامی داده‌های معتبر به منظور بایگانی طولانی مدت تهیه شود. بایگانی کاغذهای حاوی داده‌های معتبر بایستی از داده‌های نامعتبرمتمایز باشد.

۳-۱-٦-۳- فرمت نگهداری سوابق

سوابق به صورت روزانه، هفتگی و ماهانه نگهداری می‌شوند. علاوه بر این یک دفترچه راهنمای سایت در دفتر سایت نگهداری می‌شود و کلیه جزئیات تحقیقات، طراحی و ساخت سایت را شامل می‌شود وجود این موارد بسیار ضروری است زیرا تغییر طراحی دفن پسماند در مراحل عملیاتی وجود دارد.

۳-۱-٦-٤- دفترچه راهنمای سایت

دفترچه راهنمای سایت باید شامل اطلاعات زیر باشد:

- داده‌های جمع آوری شده در هنگام انتخاب سایت

- گزارش ارزیابی اثرات زیست محیطی
- داده‌های بررسی و مشخصات سایت
- نقشه دقیق توپوگرافی
- طراحی کلیه اجزای لندفیل
- نقشه لندفیل و مراحل آن
- برنامه های عمرانی
- جزئیات برنامه مدیریت شیرابه
- جزئیات برنامه مدیریت گاز
- برنامه نظارت بر محیط زیست
- برنامه بسته شدن و پسا بسته شدن لندفیل
- کلیه مجوزهای مربوط به مقامات ذیربط

۳-۱-۷- تعیین نحوه گزارش‌دهی

۳-۱-۷-۱- گزارشات سایت

گزارش‌های روزانه، هفتگی و ماهانه شامل موارد زیر است:

- داده‌های وزنی (ورودی و خروجی روزانه برای هر وسیله نقلیه)
- داده‌های بازرسی پسماند (روزانه)
- مواد، انبارها و غیره (روزانه)
- قبوض / حساب‌ها (روزانه)
- سوابق بازدید کنندگان (روزانه)
- سوابق شکایات از مناطق اطراف (روزانه)
- بررسی توپوگرافی در مرحله عملیاتی (روزانه / هفتگی)
- ثبت عکس در مرحله عملیاتی (روزانه / هفتگی)
- داده‌های نظارت بر محیط زیست (هفتگی / ماهیانه)
- برنامه قراردهی پسماند و جلورفت واقعی (ساخت سلول) (روزانه / هفتگی) و بررسی (ماهانه)
- تولید شیرابه و تولید گاز (وقایع هفتگی / ماهیانه / شدید)
- اطلاعات هوا / آب و هوا (وقایع شدید)
- حوادث و غیره
- سایر

۳-۱-۸- چک لیست ها

صورت برداری از فعالیت ها و تجهیزات و ثبت داده ها و اطلاعات، از جمله وظایف مدیریت سایت لندفیل به شمار می آید. در ادامه چند نمونه از فرم های ثبت اطلاعات و داده‌ها در ارتباط با فعالیت های روزانه ای که در محل دفن انجام می گیرد ارائه شده است.

جدول ۳-۱: فرم ثبت روزانه بار ورودی وسایل نقلیه

نام لندفیل:

تاریخ و ساعت ورود:

مسئول پذیرش یا توزین: امضا

شماره وسیله نقلیه	زمان	پسماند		وزن ورودی	وزن خالی	وزن خالص دریافتی	
		منبع تولید	نوع			ماده پوششی	پسماند
جمع کل:							

- به ازای تعداد دفعاتی که وسیله نقلیه وارد سایت می شود این فرم بایستی پر شود.
- در صورتی که باسکول خراب باشد، حجم مواد، بایستی برآورد شود.
- منبع تولید شامل مسکونی، تجاری، کشاورزی و ... می باشد
- نوع پسماند شامل ماهیت و جنس پسماند می باشد مانند غیر خطرناک (نخاله ساختمانی).

جدول ۳-۲: فرم خلاصه فعالیت های روزانه

نام سایت لندفیل: نام و نام خانوادگی مدیر سایت: تاریخ و امضا					
ساعت کار سایت					
ساعت کار ماشین	روزهای کاری				
	روزهای تعطیل				
نفر-ساعت					
مواد پوششی	باقیمانده				
	مصرفی				
	دریافتی				
	شروع				
پسماند	بار				
تاریخ					

۳-۲- تعیین الزامات سیستم شناسایی و آنالیز پسماندهای ورودی

۳-۲-۱- نیاز به آزمایش خصوصیات اصلی (مرحله ۱)

برای به دست آوردن اطلاعات مورد نیاز برای خصوصیات اصلی، باید پسماند آزمایش شود. در موارد زیر، آزمایش پسماند ضروری نیست:

(الف) پسماند در لیستی از پسماندها باشد که نیازی به آزمایش ندارد.

(ب) تمام اطلاعات لازم برای خصوصیات اصلی در حال حاضر شناخته شده است.

(ج) بعضی از انواع پسماندها که آزمایش بر روی آنها غیر عملی است یا در مواردی که روشهای آزمایش مناسب نباشد و معیارهای پذیرش در دسترس نباشد.

۳-۲-۱-۱- پسماندهای فاقد نیاز به آزمایش

پسماندهای خاصی که نیاز به آزمایش ندارند:

- ضایعات بی اثر
- پسماندهای شهری که به عنوان پسماند غیر خطرناک و بصورت جداگانه جمع‌آوری شده از پسماندهای خانگی و همان مواد غیرخطرناک از مبدا دیگر طبقه‌بندی می‌شوند. این پسماندها باید پیش‌پردازش شوند.

در صورت وجود احتمال آلودگی پسماند در طی استفاده قبلی، تولید، ذخیره سازی یا حمل و نقل، لازم است که خصوصیات اصلی پسماندها آزمایش شود.

۳-۲-۱-۲- در دسترس بودن اطلاعات

این مورد معمولاً فقط در مورد پسماندهایی که بطور منظم در یک فرآیند و در یک نوع همان تجهیزات تولید می‌شود، صدق می‌کند. آن‌ها قبلاً آزمایش شده اند، یا در غیر این صورت مورد بررسی قرار گرفته‌اند، به طوری که داده ها از قبل موجود است (تولیدکننده یا اپراتورهای قبلی ممکن است پسماند را آزمایش کرده باشند). در این صورت، لازم نیست که هر اپراتور پذیرش لندفیل مشخصات اصلی را بررسی کند، مشروط بر اینکه وی به اطلاعات اولیه دسترسی داشته باشد. مراحل و فرایند تولید پسماند باید به خوبی شناخته شده باشد و مواد ورودی به فرآیند و خود فرآیند نیز به خوبی شناخته شده باشد. آزمایش انطباق منظم باید ثابت بودن ترکیب را تأیید کند. پسماندهای تأسیسات برای جمع آوری پسماند از ایستگاه‌های انتقال پسماند یا از برخی تصفیه‌ها، در این دسته قرار نمی‌گیرند.

۳-۲-۱-۳- غیر عملی بودن آزمایش

ممکن است مقدار کمی پسماند وجود داشته باشد که آزمایش آنها غیرعملی باشد. این وضعیت باید بسیار غیرمعمول باشد. همواره لازم است که اطلاعات کافی درباره پسماندها ها وجود داشته باشد تا مطمئن شد که معیارهای مربوطه برای نوع لندفیل و هر نوع الزامات خاص در مورد سایت رعایت می‌شود. در صورتی که یک لندفیل پسماندی را با شرایط این بند پذیرفت، شرایط و توجیه آن باید کتباً مستند باشد.

۳-۲-۲- آزمایش انطباق (مرحله ۲)

آزمایش انطباق به شرح زیر توصیف می‌شود:

آزمایش دوره‌ای با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل استاندارد ساده‌تر و آزمایش رفتار برای تعیین اینکه آیا پسماند با شرایط و یا معیارهای مرجع خاص مطابقت دارد یا خیر. تمرکز این آزمون بر متغیرهای کلیدی و رفتارهای مشخص شده توسط خصوصیات اصلی است. این سوابق باید به مدت ۲ سال نگه داشته شود.

همانطور که توضیح داده شد، آزمایش انطباق فقط مربوط به پسماند تولیدشده به طور منظم است. هر پسماندی که به‌طور مرتب تولید نشود (برای مثال، پسماندهای یکبارمصرف، خروجی از فرایندهای تصفیه پسماند) به توصیف اصلی اولیه مرحله ۱ نیاز دارند (از جمله آزمایش در صورت لزوم).

۳-۲-۳- تأیید در محل (مرحله ۳)

سه مرحله تأیید در محل وجود دارد:

- بررسی اسناد و مدارک
- بازرسی چشمی
- نمونه‌گیری دوره‌ای

۳-۲-۳-۱- بررسی مدارک مورد نیاز

پس از آن‌که پسماند ممکن است در لندفیل پذیرفته شود، در صورتی که همان موردی باشد که با خصوصیات اصلی و آزمایش انطباق نشان داده شده است و پسماندی است که در اسناد همراه توضیح داده شده است، قابل قبول است. اگر این‌گونه نباشد، پسماندها را نباید پذیرفت.

۳-۲-۳-۲- بازرسی چشمی

اپراتور باید بصورت چشمی تمام بار پسماندهای تحویل شده به لندفیل را بررسی کند و در صورت امکان، هم قبل و هم بعد از تخلیه، این کار را انجام دهد. مرجوع کردن بار در این مرحله از لزوم برداشتن پسماندها پس از قراردهی جلوگیری می‌کند. امکان بازرسی برخی از انواع ظروف قبل از قراردهی وجود ندارد. با این وجود، بعضی اوقات ممکن است مواردی برای سوءظن وجود داشته باشد - برای مثال بوی حلال‌های مرتبط با بار پسماندهای بی اثر - که در این موارد با بار باید مرجوع شود و یا بازرسی دقیق‌تر انجام شود.

۳-۲-۳-۳- نمونه‌گیری دوره‌ای

پسماندها باید بطور دوره ای نمونه‌برداری شوند. این نمونه‌ها برای حداقل یک ماه باید نگهداری شوند.
رقیق کردن یا ترکیب پسماند صرفاً برای رسیدن به معیارهای پذیرش پسماند ممنوع است. این بدان معناست که:
رقیق‌سازی ساده فیزیکی، بدون هیچ‌گونه تغییر شیمیایی همزمان یا تغییرات شیمیایی-فیزیکی، یک روند تصفیه‌ی غیرقابل قبول است. به منظور دستیابی به یک تغییر شیمیایی یا شیمیایی-فیزیکی در جایی که تصفیه مجاز باشد، مخلوط پسماند یا مواد دیگر با پسماند قابل قبول است. استفاده از مواد قلیایی مانند آهک برای کاهش تحرک فلزات سنگین قابل قبول است، اما استفاده از این مواد برای رقیق کردن فلزات سنگین قابل قبول نیست.
آزمایش معیار پذیرش پسماند (WAC) (و همچنین آزمایش ترکیبی) باید روی پسماندها همانطور که در لندفیل انجام می‌شود، انجام شود؛ یعنی استفاده از پسماندهایی که پیش‌تصفیه بروی آنها انجام شده است. روش های آزمایش نیاز به پردازش نمونه‌های پسماند (بعضی از اوقات خشک کردن) قبل از تجزیه و تحلیل دارند. روش آزمایش مشخص‌شده، جزئیات کار پردازش آزمایشگاه و چگونگی گزارش نتایج را توضیح می‌دهد.
در آزمایش نشت نسبت مایع به جامد باید مقدار ۱۰ باشد.

۳-۳- تعیین الزامات نظارت بر نحوه دفن پسماند

۳-۳-۱- الزامات قراردهی پسماند

پس از تخلیه پسماند، باید آن‌ها لایه لایه پخش شوند و به روشی مناسب متراکم شوند تا شیب‌های بدست آمده یک سلول روزانه مطابق با شیب طراحی شده باشد.

قرار دادن پسماند را می‌توان با روش‌های زیر انجام داد:

- (الف) **روش سطحی:** پسماند در بالای سطح موجود قرار دارد و با پخش بروی سطح جلورونده، به صورت افقی پخش می‌شوند. در این روش پسماندها تخلیه شده و سپس بر روی سطح افقی لایه‌ی قبلی متراکم خواهد شد. تراکم سازی در طی سلول و در یک دوره چند روزه و یا حتی چند هفته تا زمانی که به مرز سلول برسد ادامه پیدا خواهد کرد. به طور کلی ارتفاع لایه متراکم شده به حدود ۲ متر خواهد رسید در حالی‌که ماشین متراکم‌ساز در پایین جبهه کار و در راستای لایه‌ی متراکم‌شده در حال کار است. این روش مورد توجه و علاقه رانندگان ماشین آلات در حال کار در سایت قرار دارد اما با این حال بایستی بر نحوه کار آنها نظارت انجام گیرد به طوریکه اطمینان حاصل شود که عملیات متراکم‌سازی از بالا به پایین و به سمت پایین جبهه انجام گیرد. در غیر این صورت، تراکم در مناطقی غیر از سطح افقی لایه در حال کار ممکن است ضعیف صورت گیرد. اشیاء حجیم که دفن آنها دشوار است می‌توانند در پای جبهه قرار بگیرند و سپس از بالا پوشانده شوند. از معایب این روش می‌توان به این نکته اشاره کرد که زمانی که پسماندها در لبه قرار می‌گیرند وزش باد باعث پراکنده شدن آنها می‌شود. همچنین سطح لندفیل با عبور وسایل سنگین بیش از حد متراکم خواهد شد که احتمالا منجر به نشت شیرابه در برخی از نواحی خواهد شد.
- (ب) **روش لایه‌بندی شیب‌دار (پخش پوست پیازی):** مشابه به روش سطحی اما به همراه لایه‌بندی شیبدار (شیب ملایم) به جای سطح جلورونده انجام می‌شود. این روش نیز شباهت‌هایی زیادی به روش قبلی دارد با این تفاوت که نوک جبهه با یک شیب بسیار کم‌عمق (پوست پیازی) گسترش می‌یابد. به عبارت دیگر غلتک بر روی وجهی که کم‌عمق‌تر است کار می‌کند به‌طوری که لایه‌های نازکی از پسماند را پخش و سپس شروع به تراکم آنها می‌کند. در حالیکه دفن اجسام حجیم و سایر پسماندهای دشوار در این روش سخت‌تر است اما احتمال پایین جابه‌جایی اجزای پسماند توسط باد از مزایای این روش است.
- **(ج) روش ترانشه‌ای:** این روش ویژه مناطقی است که سطح آب زیر زمینی بالا نباشد به عبارت دیگر بین سطح آب زیرزمینی و کف محل دفن بیش از ۱۵ متر فاصله وجود داشته باشد.

به علاوه زمین برای کندن مناسب باشد یعنی دارای بستر سنگی و یا گدازه‌ای باشد. در نهایت زمانی استفاده از این روش مناسب است که بتوان با حفر زمین، خاک پوششی لازم را تامین کرد. در این روش ابتدا گودال و یا ترانشه ای به طول ۳۰ تا ۱۲۰ متر، به عمق ۲/۸ تا ۴ متر و عرض ۳ تا ۱۵ متر حفر می شود. بعد از حفر ترانشه کامیون حمل وارد ترانشه می شود و از یک انتهای آن نسبت به تخلیه پسماند اقدام و همزمان شروع به حرکت می کند به طوریکه لایه پسماند تخلیه شده، ارتفاعی نزدیک به ۷۵ سانتیمتر داشته باشد. زیرا اگر ارتفاع لایه پسماند تخلیه شده بیشتر از این مقدار باشد، دستگاه فشرده ساز نمی‌تواند برای متراکم سازی به روی توده تخلیه شده برود و قادر به حفظ تعادل خود نمی باشد. بعد از تخلیه پسماند توسط کامیون، دستگاه فشرده ساز نسبت به متراکم کردن پسماندهای تخلیه شده اقدام می کند. با این کار بین ۲۵ تا ۴۰ درصد از حجم پسماندها کاسته می شود و به همین میزان در فضای مورد نیاز دفن صرفه جویی می‌شود. بعد از تراکم لایه‌ی اول، لایه‌ی دوم توسط کامیون حمل ریخته می‌شود و این روند تا پایان روز ادامه خواهد داشت. اگر در پایان یک روز کاری تمام ارتفاع سلول پر نشود، بایستی یک لایه خاک به ضخامت ۱۵ تا ۳۰ سانتیمتر بر روی پسماند ریخته شود.

۳-۳-۲- نکات عمومی در روش های مختلف قراردهی پسماند

همان‌گونه که در گذشته ذکر شد، دفن بهداشتی پسماند عبارت است از تخلیه و پخش کردن مواد در روی زمین یا در گودال یا داخل سلول، متراکم کردن و پوشاندن آن با مواد پوششی، به نحوی که آلودگی‌های محیط‌زیستی و خطرات بهداشتی برای منطقه و مردم ایجاد نشود. هر واحد تکمیل‌شده در محل دفن بهداشتی را یک سلول می‌گویند. ابعاد سلول ها در هر سایت با سایت دیگر متفاوت است و به خصوصیات توپوگرافی و ساختار زمین، خاک پوششی و نوع پسماند بستگی دارد.

بهتر است مواد در پایین دست سایت تخلیه شوند و سپس به وسیله بولدوزر و یا وسیله مناسب دیگری روی سطح زمین آماده شده سایت پخش و متراکم شوند. زاویهٔ سطح حدود ۳۰ تا ۴۰ درجه با افق، زاویه مناسبی است. منطقه عملیاتی باید پهنای کافی داشته باشد، تا کامیون هایی که برای تخلیه پسماند به محل میرسند، منتظر بمانند و به سرعت تخلیه شوند. در ضمن پهنای منطقه باید به اندازه ای باشد که پسماند های سبک و کاغذ پاره ها در اثر جریان باد به پرواز در نیایند.

عمق مناسب سلول ها و ابعاد آنها به شرایط زمین، میزان پسماند و مواد پوششی بستگی دارد. در شرایطی که سطح زمین قابل دسترس، محدود، یا سطح آب های زیر زمینی پایین باشد و یا باید مواد پوششی را از بیرون از جایگاه تهیه کرد، حفاری حتی تا عمق ۹ متری هم برای بر طرف کردن نیازهای ضروری و تأمین مواد پوششی انجام می شود. گاهی که زمین قابل دسترس، نامحدود است ولی مشکل تهیه مواد پوششی مناسب وجود دارد،

می توان عمق حفره را به ۱/۸ تا ۲/۴ متر رساند و فقط یک لایه مواد در سطح زمین دفن کرد. عمق کم محل دفن، از نظر جنبه های زیست محیطی و بهداشتی، ترجیح داده می‌شود.

ساختار سلول ها نیز در هر منطقه با منطقه دیگر، متفاوت است و به مشخصات عمومی جایگاه، توپوگرافی، ساختار لایه های زمین، خاک پوششی و آب و هوای منطقه بستگی دارد. برای مثال در مناطقی که سطح آبهای زیر زمینی بالاست یا در آن حفر سلول امکان ندارد، از روش سطحی استفاده می شود. مواد در روی زمین تخلیه و در نوارهای باریک و بلند در لایه های سری به عمق ۴۰ تا ۸۰ سانتی متر، پخش می شوند.

در طول روز و در مرحله دفن لایه های بالاتر، هر لایهٔ فشرده شده و لایه بعدی در روی لایه فشرده شده قرار می گیرد، تا در انتهای روز ضخامت لایه فشرده به ۲ تا ۳ متر می رسد. در انتهای روز یک لایه خاک به ضخامت ۱۵ تا ۳۰ سانتی متر که از بیرون از جایگاه حمل شده روی آن ریخته می شود.

در صورت چسبناک بودن خاک جایگاه، عملیات بسیار اقتصادی خواهد بود. زیرا می توان دیواره بین سلول ها را باریک گرفت. در صورتی که خاک چسبندگی کافی نداشته باشد، باید به دیواره های بین سلول ها شیب قابل ملاحظه ای داد؛ پس، روش ترانشه ای در این زمین ها چندان مطلوب و کارآمد نیست.

روش‌های خاص بکاررفته توسط تیم مدیریت سایت بستگی به ماهیت پسماند ورودی و الزامات سایت دارد. عواملی که باید در نظر گرفته شوند عبارتند از:

- وضعیت فیزیکی پسماندها؛
- شرایط آب و هوایی در زمان قراردهی؛
- الزامات ویژه برای جلوگیری از خطرات طبیعی پسماند؛ و
- اهداف طراحی.

توصیه می‌شود که اکثر اپراتورها از روش پخش سطحی برای تخلیه و قراردهی پسماندها استفاده کنند. این امر مستلزم ایجاد یک سکوی افقی یا تقریبا افقی بروی سینه کار پیش‌رونده (وجهی که پسماند تخلیه می‌شود و درحال ساخت است) است که عملیات تراز کردن و فشرده‌سازی از بالا صورت می‌گیرد. حداکثر ارتفاع سطح را معمولاً مقررات موجود مشخص می‌کند و معمولاً نباید پس از تراکم به بیش از ۲/۵ متر برسد. همچنین تجهیزات تراکم بروی سطح صاف و در قسمت بالای سطح کار می‌کنند. مهمترین مزیت‌های این روش عبارت است از:

- این روش برای اپراتورهای ماشین آلات ساده است؛
- استفاده از پوشش روزانه آسان است؛
- جاده‌های دسترسی موقت به راحتی آماده می‌شوند؛
- اشیاء حجیم به راحتی دفن می‌شوند.

اگرچه تیم مدیریت سایت باید به معایب آن نیز توجه داشته باشند. این معایب می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- سطح می‌تواند از نظر بصری ناخوشایند جلوه کند.
- استفاده از پوشش موقتی روی سطح دشوار است.
- هنگامی که پسماند به لبه سطح نزدیک می‌شود، پسماندها به راحتی توسط باد به حرکت در می‌آیند.
- سطح دفن پسماند به علت عبور مکرر وسایل نقلیه متراکم می‌شود که در نتیجه باعث افزایش سطح سفره‌های آب در لندفیل می‌شوند.

فرایندهای تخلیه و قراردهی پسماند بایستی از نزدیک کنترل شوند زیرا این فرایندها به طور بالقوه خطرناک هستند. بنابراین، کلیه رانندگانی که در سایت فعالیت می کنند بایستی از مجموعه قوانین سایت مربوط به تخلیه پسماندها آگاهی داشته باشند و ملزم به رعایت دستورالعمل های دریافتی از طرف پرسنل سایت هستند. تدوین پیش‌نویس قوانین، مربوط به تیم مدیریتی سایت است، اما به عنوان رعایت حداقل قوانین، پیش‌نویس‌ها باید شامل ملاحظاتی باشند که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- محدودیت تعداد وسایل نقلیه موجود در منطقه تخلیه در هر زمان.
- رهگذرانی که اجازه ندارند در منطقه تخلیه حضور داشته باشند.
- افراد در منطقه عملیاتی باید لباس‌هایی با قابلیت شناسایی بالا، چکمه‌های ایمنی و سایر لباس‌های محافظ شخصی مربوطه را بپوشند.
- ممنوعیت استعمال دخانیات در محل.
- ملاحظات ویژه برای تخلیه وسایل نقلیه دارای اضافه بار.
- ملاحظات ویژه برای تخیله بار وسایل نقلیه حجیم در شرایطی خاص که ممکن است هنگامی که بدنه آنها بلند می‌شود ناپایدار شوند.

در هنگام تخلیه بار بایستی فرایند توسط یک ناظر مشخص کنترل شود. کارکنان محوطه‌ی کار بایستی در شناسایی پسماندها آموزش دیده و صلاحیت داشته باشند تا بتوانند پسماندهایی را که مورد تایید نیستند تشخیص دهند. در صورت شک و تردید منطقی در مورد قابل قبول بودن پسماندها، ناظر باید فوراً بخش پذیرش پسماند و یا مدیریت سایت را مطلع کند و محموله باید تا زمان بازرسی بیشتر از فرایند تخلیه خارج شود. پس از تخلیه، پسماند بایستی متراکم و لایه‌بندی شود تا اطمینان حاصل شود که محل دفن به خوبی مشخص شده است و شیب های دفن برابر با شیب های طراحی شده اعمال شده اند.

۳-۳-۳- الزامات متراکم کردن

پرسنل سایت باید به محض تخلیه پسماند، آن را متراکم و مسطح کنند. متراکم سازی به موارد زیر کمک می کند:

- امکان قرار دادن حداکثر مقدار پسماند در فضای موجود.

- اثرات آشغال‌ها، مگس‌ها، جانوران موذی، پرندگان و آتش سوزی کاهش می‌یابد.
- کم کردن نشست کوتاه مدت.
- کوچک کردن و یکدست کردن پسماند.
- ایجاد سطحی صاف و پایدار.
- کاهش خلل و فرج پسماند.

تجربه نشان داده است که ۳ تا ۵ عبور تجهیزات سنگین بر روی پسماند که در لایه‌های متراکم‌نشده‌ی ۳۰۰ – ۵۰۰ میلی‌متری قرار دارند، بهترین تراکم را بدون هزینه اضافی و استفاده غیر ضروری تجهیزات فراهم می‌کند. تعداد عبور کمتر باعث تراکم کمتر پسماندها می‌شود. عبورهای بیشتر به طور کلی متراکم‌سازی اضافیِ کمی ایجاد می‌کنند، اما منجر به افزایش قابل توجه مصرف سوخت و استهلاک تجهیزات می‌شوند. با این حال، ارزیابی ویژه سایت از عملکرد تراکم همواره بایستی انجام شود زیرا الزامات، بسته به نوع و اندازه تجهیزات و نوع پسماند مورد استفاده، می‌تواند بسیار متفاوت باشد.

ضخامت بهینه‌ی لایه پسماندِ در حال کار، تابعی از مشخصات پسماند و اندازه تجهیزات است. پسماندهای مرطوب و همگن با تعداد کمی از مواد بزرگ ممکن است در لایه‌های ضخیم‌تری و اغلب تنها با بولدوزر بدون اینکه تراکم پسماند را به خطر بیاندازند، فشرده شوند. از طرف دیگر، پسماندهای حاوی موارد بزرگ مانند وسایل یا چوب ممکن است به عبور بیشتر و لایه‌های نازک‌تر نیاز داشته باشند تا بتواند به طور موثر شکسته و فشرده شود. به طور مشابه، تجهیزات بزرگ و سنگین مانند غلتک‌های پسماندکوب می‌توانند با لایه‌های ضخیم‌تر کار کنند، در حالی که ممکن است بولدوزرها یا غلتک‌های کوچک‌تر به لایه‌های نازک‌تر برای تهیه تراکم پسماند مناسب نیاز داشته باشند.

به طور کلی پسماندها باید در قسمت پایین سطح قرار گیرند و یک غلتک، پسماندها را به سمت سطح فشار دهد و آن‌ها را در لایه های نازک فشرده کند. ضخامت لایه پسماند نباید از ۰/۵ متر تجاوز کند و همانگونه که ذکر شد غلتک باید سه تا پنج بار از روی پسماند عبور کند تا تراکم به حداکثر و از این طریق نشست به حداقل برسد.

برای به حداقل رساندن مقدار مواد پوشش استفاده شده، سطح را باید کوچک (در حالت ایده آل کمتر از ۳۰ متر طول) نگه داشت.

۳-۳-٤- الزامات اجرای پوشش‌ها

پسماندهای دفن‌شده باید روزانه و در مراحل میانی کار پوشانده شوند تا بو، گردوغبار، آشغال، حضور لاشخوران و جانوران موذی، خطر آتش‌سوزی، نفوذ آب باران به داخل پسماندها (و بنابراین میزان شیرابه تولیدشده) و انتشار آلاینده ها به حداقل برسد.

۳-۳-٤-۱- پوشش روزانه

پوشش روزانه باید هرروز قبل از پایان کار، روی پسماندها اجرا شود. مواد پوشش روزانه باید از مواد طبیعی خاک‌برداری شده دست‌نخورده به شکل خاک استفاده شود. حداقل عمق پوشش ۱۵۰ میلی‌متر است. کارکردهای اصلی پوشش روزانه، به حداقل رساندن تأثیرات جانبی مضر از قبیل بو، گردوغبار، آشغال، حضور لاشخوران و جانوران موذی و خطر آتش‌سوزی است. همچنین پوشش روزانه، نفوذ باران به داخل پسماندها (و بنابراین مقدار شیرابه تولیدشده) و انتشار گاز لندفیل را محدود می کند. در همه زمان‌ها، به اندازه نیاز حداقل ۲ هفته مواد پوششی بایستی در لندفیل موجود باشد. اگر این ماده در محل نباشد، می‌توان یک انبار از مواد پوشش روزانه در مجاورت قسمت نوک نگهداری شود. میزان پسماندهای بدون پوشش در همه زمان‌ها باید به حداقل برسد. به‌منظور به حداقل رساندن جذب جانوران موذی و بوی نامطلوب برای بارهای حاوی پسماندهای فسادپذیر، تلاش بیشتری موردنیاز است.

۳-۳-٤-۲- پوشش میانی

پوشش میانی پوشش محکم‌تری از پوشش روزانه است. این پوشش برای بستن سلولی که دیگر پسماندی را دریافت نمی‌کند اما قرار نیست به‌طور کامل بسته شود، استفاده می‌شود. هرگونه منطقه‌ای که داخل آن پسماند وجود داشته و بیش از ۹۰ روز از دفن آن‌ها می‌گذرد، باید دارای یک پوشش خاک میانی باشد که شرایط زیر را برآورده کند:

- لایه پوشش باید حداقل ۳۰۰ میلی‌متر از لایه‌های طبیعی خاک‌برداری‌شده و دست‌نخورده به‌صورت ریزدانه‌ای باشد. این خاک تا حد زیادی منسجم است.
- خاک باید دارای هدایت هیدرولیکی اشباع کمتر از $۱۰^{-۵}$ متر در ثانیه باشد.
- لایه پوشش باید میزان نفوذ باران در پسماندها را تا ۲۰ درصد از کل بارندگی محدود کند. غلظت متان موجود در گازهای سطحی بالای پوشش میانی باید کمتر از ppm ۵۰۰ باشد.

۳-۳-٤-۳- مواد جایگزین پوشش روزانه

می‌توان از مواد جایگزین برای پوشش روزانه استفاده کرد، مشروط بر اینکه شرایط لازم برای پوشش روزانه را برآورده کنند. گزینه‌های پیشنهادی تاکنون شامل پسماندهای بی‌اثر (به‌عنوان مثال پسماندهای ساختمانی خردشده و شیشه)، کمپوست و پوشش‌های ویژه تولیدشده (به‌عنوان مثال ورق‌های پلاستیکی، تارپس، فوم‌ها و سرپوش‌های فلزی دفن پسماند) می باشد.

۳-۳-٤-۳-۱- الزامات مواد جایگزین پوشش روزانه

استفاده از مواد جایگزین پوشش روزانه باید موارد زیر را رعایت کند:

- در مورد مواد ناشی از پسماند، باید مشخصاتی در مورد اجزای سازنده، توزیع اندازه ذرات و حدود مواد خارجی وجود داشته باشد.
- توانایی آن برای محدود کردن نفوذ آب باران به پسماند باید با خاک قابل‌مقایسه باشد. در حالت ایده‌آل، هدایت هیدرولیک مواد باید کمتر از $۱۰^{-۵}$ متر در ثانیه باشد. اگر این‌گونه نباشد، مواد باید پردازش شوند، مقداری مواد ریز مخلوط شود و یا مطمئن شود که سیستم مدیریت شیرابه سایت می تواند حجم موردنظر شیرابه را مدیریت کند. رواناب حاصل از جایگزین پوشش روزانه پسماند باید به همان شیوه‌ای که شیرابه لندفیل دفع می‌شود، مدیریت شود.
- در مورد گزینه‌های جایگزین تولیدشده توسط کارخانه، باید مشخصات لازم در مورد اجزای مواد و روش‌های تعیین‌شده برای کاربرد، نصب و راه‌اندازی پوشش جایگزین وجود داشته باشد.
- آزمایشی باید در محل دفن پسماند انجام شود تا نشان دهد پوشش جایگزین می‌تواند عملکرد مطلوبی داشته باشد. این آزمایش باید دارای موارد زیر باشد (توجه داشته باشید که این الزامات مربوط به پوشش‌های تولیدی کارخانه نیست):
  - باید به‌طور منظم شاخص‌های کیفیت، ازجمله سطوح بو، گردوغبار، آشغال و وجود لاش خواران و جانوران موذی بررسی شوند. این بررسی باید نشان دهد که استفاده از جایگزین پوشش روزانه این موارد را افزایش نمی‌دهد.
  - نظارت بر بو باید از مشاهدات منظم در مرز سایت و در محل‌های حساس باشد. علاوه بر این، در سایت‌های پرخطر باید میزان انتشار داخل سطح را نیز کنترل کرد تا به‌طور مستقیم عملکرد پوشش جایگزین پیشنهادی را با کاربری پوشش استاندارد مقایسه کرد. در این کنترل باید از اتاق‌های جریان ایزوله و تجزیه‌وتحلیل با استفاده از بویایی سنجی پویا استفاده شود. میزان انتشار داخل سایت را از هر دو نوع پوشش در واحدهای بو (مترمربع بر ثانیه برای سطح لندفیل) مقایسه شود. این اندازه‌گیری تا باید در طی ۱ روز از استفاده از هر نوع پوشش انجام شود. تمام نمونه تا باید در همان روز و در همان شرایط آب‌وهوایی و از همان مناطق لندفیل جمع‌آوری شوند. حداقل ۳ روز نمونه‌برداری هم‌زمان باید انجام شود، حداقل از هر ۲ نمونه هم‌زمان در روز جمع‌آوری شود. نمونه‌گیری هم‌زمان به دلیل تنوع بالای میزان انتشار بو بسیار مهم است.
  - سوابق منظم باید در طول بررسی نگه‌داشته شود. این موارد باید شامل منطقه و محل مورد آزمایش، جزئیات ضایعات مورد استفاده در پوشش، مقدار و ضخامت روکش‌های جایگزین روزانه، نتایج نمونه‌برداری منظم و آزمایش مواد پوشش روزانه جایگزین، شرایط آب‌وهوایی

غالب در طول آزمایش و هرگونه مشکل عملیاتی در استفاده از پوشش روزانه جایگزین باشد. در حالت ایده آل، فرایند بررسی باید چندین فصل ادامه یابد (به‌عنوان مثال در ماه‌های گرم و یا مرطوب سال). برخی از گزینه‌های آلی می‌توانند در شرایط گرم یا بادی خشک شوند. این نکات بایستی در هنگام طراحی آزمایش در نظر گرفته شوند، زیرا طبق این دستورالعمل می توان به‌جای استفاده از پوشش میانی، پوشش روزانه را به مدت ۹۰ روز استفاده کرد.

- پس از اتمام بررسی، باید گزارشی به سازمان محیط‌زیست ارسال شود. این گزارش باید شامل نتایج مشاهدات منظم و سوابق ثبت‌شده در طول بررسی باشد. اگر گزارش آزمایش رضایت‌بخش باشد، سازمان حفاظت محیط‌زیست ممکن است استفاده از پوشش روزانه جایگزین را به‌طور دائم تأیید کند.

۳-۳-٤-۳-۲- مشخصات مواد جایگزین

برخی از مواد جایگزین پوشش روزانه به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می‌گیرند و بنابراین نیازی به آزمایش بیشتر ندارند. یکی از این نمونه ها پسماند ریزمخلوط شده با خاک است:

- جایگزین پوشش روزانه باید از بتن، آجر، کاشی های سفالی و یا ذرات شیشه ای خرد شده از محل های بازیافت محلی یا تجاری مخلوط با خاک تشکیل شود. مقدار خاک موجود در مخلوط باید حداقل ۲۵٪ (درصد جرمی) باشد.
- مواد پوشش جایگزین روزانه نباید حاوی آلاینده هایی در غلظت های بالاتر از حد مجاز آلاینده برای پسماندهای جامد باشد.
- مواد جایگزین پوشش روزانه نباید حاوی آزبست، پسماند غذایی، پسماند حیوانی، پسماندهای دارای گریس، بایوسولیدها، لاستیک، پلاستیک، قیر، آسفالت، کاغذ، پارچه، رنگ، چوب، سایر مواد گیاهی، گچ یا فلز باشد.
- حداکثر ابعاد مجاز ذرات ۵۰ میلی متر است و ۵۰٪ جرمی ماده باید ذرات کمتر از ۱ میلی متر قطر داشته باشد. برای برآورده کردن این نیازها، احتمالاً جایگزین پوشش روزانه نیاز به پردازش اندازه ذرات دارد.
- آب باران که با جایگزین پوشش روزانه در تماس است، باید به عنوان شیرابه لندفیل مدیریت شود.

پسماندهای آزبست باید با خاکبرداری مواد طبیعی دست نخورده یا مواد دیگری که مطابق با مجوز حفاظت محیط زیست تصویب شده اند، پوشیده شوند. عمق پوشش مورد نیاز عبارت از:

- پوشش فوری با ۱۵۰ میلی متر پوشش
- ۵۰۰ میلی متر پوشش در پایان هر روز

- پوشش نهایی حداقل ۱ متر (در مورد پسماندهای آزبست پیوندی یا خاکهای آلوده به آزبست) یا ۳ متر (در مورد ماده آزبست شکننده).

در حالت ایده‌آل، پسماندهای آزبست باید در یک مونوسل جداگانه و اختصاصی دفن شده و مطابق با الزامات فوق پوشانده شوند. در جایی که این امر عملی نباشد و پسماندهای آزبست در یک سلول با سایر پسماندها ذخیره شوند، منطقه رسوب آزبست باید تا حد ممکن کوچک باشد و به دور از سایر مناطقی که توسط مشتریان برای پسماندها استفاده می‌شوند، قرار داشته باشد. در همه موارد، تولید گرد و غبار باید به حداقل برسد و تمام الزامات اداره کار باید رعایت شود. این مقررات همچنین حاوی الزامات دفع پسماندهای کلینیکی و پسماند مرتبط در سایت های بدون مجوز است. پسماندها باید دفن شده یا فوراً محدود شود، به گونه ای که از تماس پسماند با هر شخص یا حیوان جلوگیری شود.

۳-۳-۵- اطمینان از پایداری شیب‌ها

نظارت بر نشست لندفیل و بررسی ساختار و ترکیب بدنه لندفیل الزامی است. نظارت بر پایداری تضمین می کند که جابجایی پسماندها به‌گونه‌ای صورت می‌گیرد که پایداری توده پسماندها و ساختارهای مرتبط با آن به‌ویژه درزمینه جلوگیری از لغزش تضمین شود.

۳-۳-۵-۱- بررسی توپوگرافی

اطلاعات به‌دست‌آمده از طریق پایش توپوگرافی می‌تواند موارد زیر را ارائه دهد:

- نقشه نهایی که میزان فعالیت‌های لندفیل را در یک تاریخ معین نشان می‌دهد؛
- گزارشی از فعالیت‌های ساختمانی در موقعیت مکان‌های اصلی کنترل زیرساخت محیط‌زیستی؛
- اطلاعات برای محاسبه فضای خالی باقی‌مانده در محل دفن پسماند؛ و
- اطلاعاتی برای تعیین اینکه آیا میزان مطلوب تراکم حاصل شده است یا خیر.

۳-۳-۵-۱-۱- نشست

نشست در لندفیل‌ها در درجه اول به دلیل فشردگی و تغییر حجم در فرآیند تجزیه پسماند و کاهش فضای خالی به دلیل قرارداد پسماندها است. پیش‌بینی میزان نشست دشوار است و به تعدادی از عوامل خاص سایت مانند رطوبت، ترکیب پسماند و تراکم پسماند بستگی دارد.

برای لندفیل‌های شهری که بیشتر نشست در طی پنج سال اول اتفاق می‌افتد، می‌توان مقادیر نشست تا ۲۵ درصد را پیش‌بینی کرد. فرایند نشست ممکن است به پوشش، سیستم جمع‌آوری شیرابه ساخته‌شده در بدنه پسماند و دستگاه‌های جمع‌آوری و زهکشی گاز آسیب برساند.

نظارت منظم برای مشاهده نشست باید در طول عمر لندفیل انجام شود و در صورت لزوم باید اقدامات اصلاحی انجام شود. ارزیابی نشست باید توسط یک فرد واجد شرایط مناسب انجام شود (به‌عنوان مثال مهندس عمران). این ارزیابی باید در فواصل زمانی حداکثر دوازده ماهه انجام شود.

۳-۳-۵-۲- پایداری

پایداری به خصوصیات مقاومت برشی خاکها ، پسماندها و اجزای ژئوسینتتیکی مورد استفاده در سیستم پوشش بستگی دارد. علاوه بر این، وجود آب به عنوان ماده‌ی ایجاد ناپایداری در کاهش مقاومت و افزایش نیروهای ناپایدارکننده نقش اساسی دارد.

پایداری معمولاً با اصطلاح "ضریب ایمنی" بیان می شود که می تواند به عنوان مقاومت برشی مورد نیاز برای حفظ یک شرایط تعادلی محدود در مقایسه با مقاومت برشی موجود در ماده مورد نظر تعریف شود. اگر ضریب ایمنی کمتر از یک باشد، سیستم مشخصا ناپایدار است.

نظارت بر پایداری در ارزیابی یکپارچگی ساختاری یک لندفیل مهم است. خرابی شیب ممکن است خطرات بالقوه‌ای برای محیط‌زیست و سلامتی انسان به همراه داشته باشد، بنابراین شیب پسماندهای دفن پسماند باید در فواصل منظم مورد بررسی قرار گیرد تا اطمینان حاصل شود که آن‌ها در حد قابل‌قبول باقی می‌مانند. پایداری لندفیل باید هرساله توسط یک فرد باصلاحیت مناسب (به‌عنوان مثال مهندس عمران) ارزیابی شود.

تعدادی روش برای تجزیه و تحلیل پایداری شیب در دسترس است. پایداری شیب باید با استفاده از روش آنالیز حالت حدی متعارف، تجزیه‌وتحلیل شود. این روش‌ها شامل روش فلنیوس و روش بیشاپ هستند. همچنین برنامه‌های رایانه‌ای (به‌عنوان مثال ژئواسلوپ) معمولاً به منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار می گیرند.

جدول ۳-۳: چک لیست برای تعیین مناسب بودن عملیات جبهه کاری

موضوعات	بله	خیر
آیا جبهه کار با در نظر گرفتن تعداد کامیون ها در روز، طراحی شده است؟		
آیا شیب جبهه کار مطابق با الگوهای دفن پسماند و الگوهای توسعه است؟		
آیا برنامه جامعی در رابطه با جای‌گذاری اولین لایه پسماند، به منظور جلوگیری از آسیب رساندن به سیستم جمع آوری شیرابه و لاینر وجود دارد؟		
آیا دستورالعمل‌ها و الگوهای ترافیکی مشخصی برای رانندگان وجود دارد؟		
آیا ناظران، رانندگان را به سمت محل تخلیه بار هدایت می کنند؟		
آیا رانندگان فاصله ایمنی خود را با جبهه کار رعایت می‌کنند؟		
آیا فرایندهای مشخصی برای حذف پسماندهای غیر قابل قبول وجود دارد؟		
آیا فرایندهای مشخصی برای مدیریت پسماندهای قابل قبول اما ویژه وجود دارد؟		
آیا پسماندها به طور منظم متراکم و پوشیده می شوند؟		
آیا سیستم پوشش و/یا سیستم زهکشی اطراف جبهه کار سالم هستند؟		
آیا فرایند متراکم سازی مناسب اجرا می شود؟		
آیا شیب و زهکشی جبهه کار مناسب است؟		
آیا سیستم پوششی که بر روی جبهه کار اجرا می شود مناسب است؟		
آیا تجهیزات عملیاتی سایت مناسب و به خوبی نگهداری می شوند؟		
آیا سیستمی برای تفکیک پسماندهای ممنوعه وجود دارد؟		
آیا برنامه‌ای برای انجام عملیات در زمستان وجود دارد؟		
آیا تجهیزات ایمنی برای کارکنان و سایت وجود دارد؟		
توضیحات:		

۳-٤- طراحی چک لیست‌های مربوط به ارزیابی سیستم‌های مدیریت شیرابه و گاز

۳-٤-۱- اهداف

اهداف برنامه پایش شیرابه عبارت‌اند از:

- تأیید اینکه دستگاه‌های مدیریت شیرابه به‌صورت طراحی‌شده کار می‌کنند؛
- ارائه اطلاعات در مورد پیشرفت تجزیه پسماندها؛ و
- ارائه اطلاعات در مورد تجدیدنظر احتمالی در پارامترهای پایش آب‌های زیرزمینی و آب سطحی.

۳-٤-۲- محل‌های پایش

نمونه‌گیری و اندازه‌گیری شیرابه (هم ازنظر حجم و هم ترکیب) باید به‌طور جداگانه در هر نقطه‌ای که شیرابه از محل خارج می‌شود، انجام شود. به‌منظور تعیین تعداد و محل نقاط کنترل شیرابه، هر سلول لندفیل باید به‌عنوان یک واحد جداگانه تلقی شود.

محل دقیق این نقاط پایش بر اساس همان سایت خاص مشخص می‌شود، اما باید با در نظر گرفتن مسیرهای جریان احتمالی شیرابه در داخل سلول قرار بگیرند، تا نمونه‌هایی از ترکیب شیرابه فراهم شود.

فرایندهای موجود در سایت مانند تصفیه شیرابه یا سایر برنامه‌های مدیریت شیرابه نیز باید مورد نظارت قرار گیرند، به‌عنوان مثال خارج کردن شیرابه تصفیه‌شده از یک سایت و یا حوضچه‌های ذخیره‌سازی شیرابه.

۳-٤-۳- پایش دوره ای و پارامترهای آنالیز

دفعات پایش شیرابه در لندفیل، محلی خاص خواهد بود و با مجوز پسماند اداره می‌شود.

باید به‌طور منظم مورد بازبینی قرار گیرد تا تغییرات در موارد زیر مشخص شود:

- مقدار و انواع پسماندهای ذخیره‌شده،
- تمرین عملی،
- اندازه سلول عملیاتی و
- اثربخشی سیستم زهکشی و جمع‌آوری شیرابه.

حداقل فرکانس پایش برای حجم و ترکیب شیرابه در مراحل عملیاتی و مراقبت‌های بعدی یک لندفیل باید مشخص شود. نظارت بر سطح شیرابه در بدنه پسماند برای اطمینان از کنترل موفقیت‌آمیز هد شیرابه مهم است.

حجم شیرابه که لندفیل تخلیه‌شده و یا منتقل می‌شود باید به‌طور مداوم ثبت شود.

یک نمونه نماینده شیرابه از هرکدام از نقاط پایش باید برای تجزیه‌وتحلیل گرفته شود.

ترکیب شیرابه متغیر است و به تعدادی از عوامل نیز بستگی دارد:

- سن لندفیل،
- ترکیب پسماندها،
- میزان تجزیه در لندفیل،
- میزان نفوذ آب باران، و
- درجه حرارت.

بنابراین، پارامترهایی که باید مورد تجزیه‌وتحلیل قرار بگیرند، باید این تأثیرات را منعکس کنند و ویژگی‌های پیش‌بینی‌شده شیرابه را فراهم کنند.

۳-٤-٤- تست سمیت

بعضی‌اوقات ممکن است محدودیت سمیت در مجوز پسماند تعیین شود و یا آزمایش سمیت یک ماده ممکن است لازم باشد، به‌عنوان مثال شیرابه تصفیه‌شده‌ای که قرار است به آب‌های سطحی تخلیه شود. این حدود سمیت معادل مقادیر حد انتشار برای پارامترهای شیمیایی و فیزیکی است. این آزمایش‌ها برای جایگزینی ارزیابی اثرات بیولوژیکی تخلیه تا در محیط طبیعی در نظر گرفته نشده است. گونه‌های آزمایش ممکن است از باکتری تا و جلبک تا بی‌مهرگان و ماهی تا باشد. استفاده از دستگاه‌های مبتنی بر اندازه‌گیری لومینسانس برای ارزیابی الگوهای سمیت مفید است. هنگام تعیین حد سمیت انتشار، مهم است که شرایط اختلاط پساب در آب دریافت‌کننده را در نظر بگیرید در غیر این صورت محدودیت سمیت ممکن است حفاظت کافی از زندگی آبزیان پایین‌دست نداشته باشد. بنابراین اطلاعاتی در مورد آب‌های دریافت‌کننده (به‌عنوان مثال حداقل جریان یک رودخانه) و مقدار رقیق‌سازی پساب موجود، موردنیاز است.

۳-٤-٥- دستورالعمل نمونه‌برداری

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، ممکن است از دستگاه‌های مختلفی برای نمونه‌برداری از آب‌های زیرزمینی و شیرابه استفاده شود و فن‌های مورداستفاده برای نمونه‌برداری از چاه‌های شیرابه همان روش مورداستفاده برای گمانه‌های آب زیرزمینی است.

هنگام نمونه‌گیری از شیرابه، باید دستورالعمل‌های زیر رعایت شود:

- نمونه‌برداری از یک نقطه جمع‌آوری بجای نمونه‌برداری از محل پمپاژ شیرابه لندفیل ارجحیت دارد.
- در هنگام نمونه‌گیری از تالاب‌های حاوی شیرابه یا گودال‌ها بایستی بسیار مراقب بود. اقدامات احتیاطی سایت بایستی در همه زمان‌ها رعایت شود.
- شیرابه و آب‌های زیرزمینی آلوده به شیرابه در مقایسه با آب‌های زیرزمینی تمیز، از نظر شیمیایی ناپایدار هستند. به‌طورکلی ترکیبات آن‌ها پیچیده است و در صورت تماس با هوا برای زمان قابل‌توجهی بین جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل ممکن است تغییر کنند.
- به‌منظور نمونه برداری از شیرابه از چاه‌های با قطر کوچک، آب راکد داخل چاه باید از چاه خارج شود. آزمایش نمونه خارج شده باید انجام شود تا رفتار عوامل تعیین‌کننده سایت (به‌عنوان مثال هدایت الکتریکی، pH، دما) به‌طور مداوم یا در فواصل زمانی حین خروج شیرابه مشاهده شود.

- برای مشخص شدن تثبیت شیمیایی واقعی آب پمپ شده، باید حجم کافی (معمولاً حداقل ۳ برابر حجم چاه) پمپ شود.
- شیرابه خارج شده یا آب‌های زیرزمینی آلوده بایستی به‌گونه‌ای دفع شوند که خطرات سلامتی را برای پرسنل پایش یا سایر کارکنان، خطر آلودگی[۲۸] نمونه ها و یا محیط‌زیست را به حداقل برساند. مسیرهای دفع می‌تواند شامل از بین بردن شیرابه از طریق انتقال به سیستم جمع‌آوری شیرابه یا دفع مستقیم در مناطق باز پسماند باشد.
- نمونه‌برداری بدون خارج سازی ممکن است درجایی انجام شود که آزمایش‌ها نشان داده باشند که بین نمونه‌های خارج شده و نشد[۲۹] تفاوت معناداری وجود ندارد و یا درجایی که هیچ گزینه‌ی مطمئنی برای دفع آب‌های خروجی حین نمونه برداری وجود ندارد.
- در مورد چاه‌های شیرابه در پسماندهای کاملاً فشرده یا خشک، رسیدن به یک حجم نمونه کافی برای نمونه‌گیری ممکن است در یک بازه زمانی عملی نباشد. چنین رویدادی بایستی به‌عنوان "هیچ نمونه در دسترس" ثبت شود زیرا پمپاژ چاه تقریباً خشک باعث بالا بردن مقدار مواد جامد در نمونه‌ها می شود که در نتیجه غلظت بسیاری از پارامترهای شیمیایی، افزایش و دور از واقعیت خواهد شد.
- از آنجایی که نمونه برداری شیرابه از چاههای با قطرهای زیاد، چاههای لجن یا سیستم های جمع آوری ترکیبی الزامی می باشد. در چنین شرایطی نمونه‌های مجزا یا پمپ شده با نمونه‌برداری از سطح زیرین بایستی به دست آیند. در مورد نمونه‌های گرفته شده، باید تلاش شود که نمونه‌های منحصر به فرد در مکان‌ها و اعماق مختلف در داخل محفظه لجن گرفته شود. سوابق میدانی و گزارش‌های آزمایشگاهی باید به روش نمونه‌گیری استفاده‌شده اشاره کنند.
- هرگونه بو از چاه را باید در برگه میدانی ذکر کرد.
- برای تجزیه‌وتحلیل شیمیایی نمونه ها باید به ظروف نمونه برچسب مناسب زده شود تا از تکان خوردن یا آشفتگی یا هرگونه وجود هوا یا حباب‌های هوا که می‌تواند منجر به کاهش ترکیبات آلی فرار یا اکسیژن‌رسانی بیش‌ازحد به نمونه ها شود، جلوگیری شود.
- نمونه ها برای آزمایش میکروبیولوژیکی باید با استفاده از ظروف لاینریل انجام شوند.
- نمونه‌های آنالیز فلزات بایستی از طریق فیلتر غشایی ۰,۴۵ میکرومتر فیلتر شده و در فضای اسیدی حفظ شوند.

[28] Cross-contamination

[29] Purged and unpurged

- توصیه می‌شود نمونه های مربوط به آنالیز فلزات در اسرع وقت و ترجیحا تا ۲۴ ساعت پس از نمونه برداری به منظور به حداقل رساندن تغییر در ترکیبات آنها فیلتر شوند. فیلتراسیون و نگهداری در محل برای نمونه‌هایی که ممکن است فلزات آن در هنگام انتقال ته‌نشین شود، توصیه می‌شود. بااین‌حال، برای اکثر انواع نمونه‌ها ممکن است عملی‌تر باشد که نمونه را در اسرع وقت هنگام بازگشت به آزمایشگاه فیلتر کرد. توجه: اسیدی شدن باعث آزاد شدن سولفید هیدروژن (H_2S) یا سایر گازهای مضر می‌شود.
- تجهیزات مورد استفاده برای نمونه‌برداری از چاه‌های شیرابه هرگز نباید در نمونه‌برداری از چاه‌های گمانه‌ای نیز مورداستفاده قرار گیرد زیرا این امر می‌تواند خطر انتقال آلودگی را به همراه داشته باشد.
- تمام تجهیزاتی که قابل‌استفاده مجدد هستند، پس از استفاده باید با مواد شوینده آزمایشگاهی غیر فسفات کاملاً تمیز و سپس با آب مقطر شسته شوند.

۳-٤-٦- گاز لندفیل درون و خارج از بدنه پسماند

هنگام نظارت بر گاز لندفیل ناشی از گمانه ها یا چاه ها، دستورالعمل‌های زیر بایستی رعایت شود:

- اقدامات احتیاطی بهداشتی و ایمنی باید در همه زمان‌ها رعایت شود. هنگام نمونه‌برداری از گاز لندفیل، نباید سیگار کشید. از استنشاق مستقیم گاز لندفیل و ورود به فضاهای محدود جلوگیری شود. برای جلوگیری از تماس با میعانات گازی لندفیل باید از دستکش‌های مقاوم شیمیایی استفاده شود.
- کلیه تجهیزات باید طبق دستورالعمل سازنده، کالیبراسیون و سرویس شوند.
- برای جلوگیری از ورود هوا و ایجاد تعادل با منطقه پایش، بایستی تمام دریچه ها یا چاه ها به شیرآلات نمونه برداری گاز قابل حمل مجهز باشند تا گمانه/چاه را از جو جدا کنند.
- به‌منظور جلوگیری از ترقیق شدن نمونه گازی با هوا، شیر نمونه‌برداری گاز باید در همه زمان‌ها بسته باشد مگر اینکه تجهیزات نمونه‌برداری از گاز به تشکیلات نظارتی متصل باشد. گمانه یا چاه باید پس از نمونه‌برداری مجدداً بسته شود. همچنین منافذ پایش باید دارای یک پوشش امنیتی باشند تا اطمینان حاصل شود که نمی‌توان دریچه ها را دست‌کاری کرد.
- بیشتر دستگاه‌های قابل‌حمل پایش گاز در معرض تماس با بخارآب یا ورود آب به تجهیزات هستند. برای بررسی لبریز شدن گمانه، ممکن است لازم باشد درپوش را برداشته و گمانه باز شود. باید حتماً دقت شود تا در حین پایش، مایع در تجهیزات نمونه‌برداری گاز وارد نشود.
- درجاهایی که از سوراخ‌های زیرزمینی نیز برای پایش انتقال گاز لندفیل در خارج از محل استفاده می شود، باید بر روی درپوش ها، پیچ و یک شیر کنترل نیز تعبیه شود. پایش گاز بایستی قبل از پایش آب‌های زیرزمینی انجام شود. لازم به ذکر است که ساخت یک گمانه پایش آب زیرزمینی می‌تواند

بعضی مواقع آن را برای پایش گاز ناکارآمد جلوه دهد و باید جزئیات ساخت‌وساز مورد ارزیابی قرار گیرد تا مشخص شود آیا برای پایش گاز نیز مناسب است یا خیر.

- فشار اتمسفر باید در طول هر دور نمونه‌گیری اندازه‌گیری شود و جزئیات آن در برگه میدانی ذکر شود. همچنین ممکن است پایش فشار گاز در چاه ها در بدنه پسماند ذکر شود و این ممکن است نشانه‌ای از احتمال وقوع انتقال گاز باشد.
- هرگونه پدیده غیرمعمول هنگام پایش در تأسیسات از قبیل پوشش گیاهی، صدای نشت گاز یا تشکیل حباب، هرگونه بوی به مشام رسیده و گرمای زمین نیز باید ذکر شود.
- گمانه‌های پایش شیرابه یا گمانه‌های برداشت برای پایش گاز در بدنه پسماند نامناسب هستند. اگر از چنین نقاط پایشی استفاده شود، نتایج را نمی‌توان با سایر نقاط مقایسه کرد و همچنین نمی‌تواند جایگزینی برای نقاط پایش ویژه طراحی‌شده در بدنه پسماند شود.
- برای دستیابی به کنترل کافی بر روی دستگاه‌های استخراج و تصفیه گاز، باید گازهای حجیم و سرعت جریان چاه‌های جمع‌آوری گاز و انشعابات آن مورد ارزیابی و پایش قرار گیرند. این چاه‌ها برای پایش غلظت گازهای لندفیل و جریان‌های داخل بدنه پسماند، مناسب نیستند.

جدول ۳-۴: چک لیست پایش گاز در لندفیل

فرم پایش گاز تولیدی در محل دفن پسماند							
نام سایت: شماره مجوز پسماند:			آدرس سایت:				
مجوز:							
تاریخ مجوز:			تاریخ نمونه برداری:			زمان نمونه برداری:	
ابزار مورد استفاده:			تاریخ کالیبراسیون کامل بعدی: آخرین کالیبراسیون (تاریخ و گازها):				
پرسنل نظارت:			شرایط جوی:			فشار بارومتریک: (به عنوان مثال ۱۰۰۳-۱۰۰۱ میلی بار افزایش) دمای میانگین:	

نتایج							
شماره ایستگاه نمونه برداری	متان (%v/v)	کربن دی اکسید (%v/v)	اکسیژن (%v/v)	کربن مونواکسید (%v/v)	هیدروژن سولفید (%v/v)	هیدروژن (%v/v)	توضیحات

توضیحات کلی:

جدول ۳-۵: چک لیست پارامترهای مورد نیاز جهت پایش شیرابه

نام سایت:

تاریخ و زمان نمونه برداری:

مسئول سایت:

امضا

پارامتر	واحد اندازه گیری	نتیجه
سطح آب	m	
دما	C	
اکسیژن محلول	mg/L	
pH	----	
هدایت الکتریکی	µS/cm	
کل جامدات معلق	mg/L	
کل جامدات محلول	mg/L	
آمونیاک	mg/L	
نیروژن اکسید شده	mg/L	
کل کربن آلی	mg/L	
BOD	mg/L	
COD	mg/L	
فلزات	mg/L	
قلیاییت ($CaCO_3$)	mg/L	
سولفات	mg/L	
کلراید	mg/L	
فسفر واکنشی مولیبدات	mg/L	
سیانید کل	mg/L	
فلوراید	mg/L	
مواد ریز آلی	µg/L	
کلیفرم	mg/L	
ارزیابی بیولوژیکی		
توضیحات:		

- جداول ۳-۶ راهنمای گزارش کمترین مقادیر برای پارامترهای جدول هستند.
- برای لندفیل هایی که پسماندهای آلی تجزیه پذیر را پذیرش می کنند توصیه می شود که برای پارامترهای آمونیاک، کل کربن آلی و کلراید کمترین مقادیر اولیه در نظر گرفته شود.
- فلزات اندازه گیری شده شامل: کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، منگنز، آهن، کادمیم، کروم، مس، نیکل، سرب، زینک، آرسنیک، بور و جیوه می باشد.

- ارزیابی بیولوژیکی مخصوص سایت

پارامتر	واحد	روش اندازه گیری	مقدار مجاز برای حساسیت تست‌ها سالم	مقدار مجاز برای حساسیت تست‌ها آلوده
دما	°C	Thermometry	± 1	± 1
pH	واحد pH	Electrometry	± 0.2	± 0.2
هدایت الکتریکی	µS/cm	Electrometry	50	10
اکسیژن محلول	% saturation	Electrometry	± 5	± 0.1
اکسیژن محلول	mg/l	Electrometry	± 5	± 1
کل جامدات معلق	mg/l	Gravimetry	10	5
کل جامدات محلول	mg/l	Gravimetry	20	10
آمونیاک	mg/l	Ion selective electrode/Colorimetry	1	0.05
کل نیتروژن اکسید شده	mg/l	Colorimetry/Ion chromatography/Ion selective electrode	1	1
کل کربن آلی	mg/l	TOC Analyse	10	2
نیاز اکسیژن خواهی بیولوژیکی	mg/l	Electrometry or Titrimetr	10	2
نیاز اکسیژن خواهی شیمیایی	mg/l	Digestion/Colorimetry	20	10
کلسیم	mg/l	Atomic spectroscopy/Ion chromatography	10	1
منیزیم	mg/l	Atomic spectroscopy/Ion chromatography	10	1
سدیم	mg/l	Atomic spectroscopy/Ion chromatography	10	1
پتاسیم	mg/l	Atomic spectroscopy/Ion chromatography	10	1
آهن	mg/l	Atomic spectroscopy/Colorimetry	0.2	0.05
منگنز	mg/l	Atomic spectroscopy/Colorimetry	0.05	0.02
کادمیم	mg/l	Atomic spectroscopy/Colorimetry	0.005	0.0005
کروم	mg/l	Atomic spectroscopy/Colorimetry	0.05	0.005
مس	mg/l	Atomic spectroscopy/Colorimetry	0.05	0.005
سرب	mg/l	Atomic spectroscopy/Colorimetry	0.05	0.005
نیکل	mg/l	Atomic spectroscopy/Colorimetry	0.05	0.005
زینک	mg/l	Atomic spectroscopy/Colorimetry	0.1	0.008
آرسنیک	mg/l	Atomic spectroscopy	0.05	0.005
بور	mg/l	Atomic spectroscopy/Colorimetry	2	0.2
جیوه	mg/l	Atomic spectroscopy	0.001	0.0001
سیانید	mg/l	Colorimetry/Ion chromatography/Ion selective electrode after distillation	0.05	0.01
قلیاییت	mg/l	Potentiometric or Acidimetric titration	50	5
سولفات	mg/l	Ion chromatography/Turbidimetry	50	20
کلراید	mg/l	Colorimetry/Ion chromatography/Ion selective electrode	25	2
فلوراید	mg/l	Ion chromatography/Ion selective electrode	1	0.1
فسفر	mg/l	Atomic spectroscopy/Colorimetry	0.2	0.02
مواد ریز آلی	µg/l	See Table D.2	-	-
متان محلول	µg/l	Sensor/GCMS/GCFID	5	5
کلیفرم	mg/l	Membrane filtration, MPN or ColilertTM, dilution as required	10	<1

جدول ۳-۶: راهنمای مقدار مجاز برای حساسیت تست‌ها

- به طور کلی کلمه سالم برای آبهای سطحی، زیرزمینی و آشامیدنی و واژه آلوده برای شیرابه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

• کل نیتروژن اکسید شده برابر با مجموع آنالیزهای نیترات و نیتریت خواهد بود.
• توصیه می‌شود آنالیز فلزات بر روی نمونه های آب های زیرزمینی و شیرابه با گذراندن نمونه ها از فیلتر ممبرین ۰/۴۵ میکرون انجام شود.

۳-۵- طراحی چک لیست‌های مربوط به ارزیابی ایمنی سایت

۳-۵-۱- آموزش

اپراتورها باید آموزش و دستورالعمل‌های مناسبی را برای کارمندان سایت، چه آنهایی که به صورت تمام وقت و چه آنهایی که به صورت پاره وقت فعالیت می کنند ارائه دهند. اپراتور همچنین باید اطمینان حاصل کند که هر پیمانکاری که در سایت کار می‌کند بایستی از خطرات و اقدامات احتیاطی لازم نیز آگاهی داشته باشد. همچنین مسئولیت کسانی که پیمانکاران را استخدام می‌کنند این است که اطمینان حاصل کنند که این اشخاص قادرند به عنوان ناظر مورد اعتماد پروژه بر جنبه‌های ایمنی طراحی‌ها و عناصر ساخت و ساز مربوط به سایت نظارت کنند.

کلیه پرسنل سایت در صورت بروز حوادث، آسیب‌دیدگی، آتش‌سوزی و غیره، باید با روش‌های اضطراری آشنا باشند. مکان تجهیزات اورژانسی باید در حین آموزش‌های روزانه پرسنل مشخص باشد. شماره تلفن‌های پلیس محلی، آتش‌نشانی و آمبولانس باید به صورت برجسته و مشخص جهت استفاده در مواقع اضطراری در معرض نمایش قرار داده شود. در شکل ۳-۱ نمونه ای از فرم تماس اضطراری ارائه شده است. سایر اطلاعات نیز مطابق با الزامات ایمنی و سلامتی در محل کار بایستی در سایت در معرض دید قرار داده شود.

نام سایت: .....
آدرس: .....

اپراتور: ..... شماره تماس: .....
شماره فکس: .....
مسئول ایمنی: ..... شماره تماس: .....
شماره فکس: .....
مرجع صدور مجوز:..... شماره تماس: .....

پزشک: ..... شماره تماس: .....
آمبولانس: ..... شماره تماس: .....
بیمارستان: ..... شماره تماس: .....
آتش نشانی: ..... شماره تماس: .....
نقشه مکان‌یابی:

شکل ۳-۱: نمونه ای از فرم اطلاعات ایمنی و سلامت قابل نصب در سایت جهت رویت کارکنان

۳-۵-۲- سطح کارکنان

کلیه کارکنان و کاربران سایت بایستی به صورت موثر آموزش داده شوند. سایتی که آماده پذیرش پسماند است نباید توسط فقط یک پرسنل و بر اساس سلایق شخصی اداره شود. همچنین هیچ تخلیه وسایل نقلیه نیز نباید در غیاب پرسنل سایت و در خارج از دید آنها انجام پذیرد.

۳-۵-۳- پزشکی

رعایت بهداشت فردی مناسب برای کارگران در محل های دفن پسماند ضروری است و از این رو باید امکانات شستشوی گرم و سرد در محل سایت فراهم شود. کلیه کارگران حاضر در سایت از جمله کسانی که به صورت موقت توسط اپراتور سایت و یا توسط پیمانکار در لندفیل مشغول به کار هستند بایستی نسبت به بیماری کزاز ایمن شده باشند. این ایمنی بایستی به روز باشد و معمولا در فواصل ۱۰ ساله بایستی تکرار شود. مسئولیت این کار بایستی برعهده‌ی کارفرما باشد تا اطمینان حاصل شود تمامی کارکنان این تزریقات را دریافت می کنند.

۳-۵-٤- کمک‌های اولیه

جعبه کمک های اولیه بایستی در یک مکان مشخص شده در محل سایت موجود باشد. محتویات جعبه جهت استفاده بایستی چک شود به طوریکه محتویات درون جعبه به طور مرتب توسط شخصی که مسئولیت این کار

را برعهده دارد کنترل و نگهداری می شود. امکانات شست و شوی چشم نیز بایستی در دسترس باشد که یا شامل آب جاری و یا شامل بطری های یک بار مصرف مخصوص شست و شوی چشمی می باشند. هر بطری که پلمپ شکسته بایستی فورا دورریخته و جایگزین شود. اپراتور بایستی دوره ای با محوریت آموزش حرفه ای کمک‌های اولیه با حضور حداقل یک نفر که دارای صلاحیت آموزش این دوره است و معمولا در سایت نیز حضور دارد برگزار کند. کلیه کارکنان باید با امکانات و تجهیزات کمکهای اولیه موجود در سایت آشنا باشند. اداره بهداشت و درمان دستورالعمل های مرتبط با کمک‌های اولیه را منتشر کرده است.

۳-۵-۵- تجهیزات مراقبت فردی

لباسهایی با قدرت دیده شدن بالا بایستی تهیه و توسط تمامی کارکنان سایت و بازدید کنندگان پوشیده شود. چکمه های ایمنی باید برای تمامی کارگران سایت تهیه شود. قسمت جلویی این چکمه ها و همچنین قسمت داخلی آنها بایستی دارای محافظ فلزی باشد که در صورت پرتاب اشیا سخت مانند شیشه و فلزات در هنگام دفن پسماند مقاومت داشته باشند. دستکش نیز بایستی در صورت نیاز تهیه گردد. جنس دستکش‌ها باید در برابر سوراخ شدن مقاوم باشد و برای شرایط کار در لندفیل مانند جمع آوری پسماند، سوخت گیری خودرو و شرایط آب و هوایی سرد مناسب باشند. کلاه ایمنی و محافظ چشم نیز در صورت لزوم باید در دسترس باشد. محافظ گوش نیز برای در حین رانندگی ماشین آلات و یا کار در مناطق پر سر و صدای سایت الزامی باشد. کارگران در محل سایت لندفیل در تمامی شرایط آب و هوایی مشغول به کار هستند بنابراین نیاز به لباس های مخصوص محافظ در برابر باد و شرایط آب و هوایی مرطوب دارند.

۳-۵-٦- گاز تولیدی در لندفیل

تمامی کارکنان سایت بایستی از بروز خطرات احتمالی ناشی از گاز تولیدی در لندفیل آگاهی کامل و کافی داشته باشند. استعمال دخانیت در محوطه سایت مگر در مناطق مشخص شده در محل اتاقک‌های سایت ممنوع است. ساختمانها و سایر سازه های محصور در محل دفن پسماند بایستی برای جلوگیری از انباشت گاز قابل اشتعال در داخل آنها طراحی شوند. به طور کلی تجهیزاتی جهت ایجاد گردش هوای آزاد به خصوص در بخش های زیرزمین سایت مورد نیازاست. کلیه کابین‌ها، انبارها و حفره هایی که در زیر باسکول‌ها و کابین ها وجود دارد ضروری است که به صورت منظم جهت بررسی انباشت گازهای قابل اشتعال کنترل شوند. تمام مجراهای خدماتی ورودی به ساختمان ها باید به عنوان مسیرهای گاز احتمالی دیده شوند و از این رو تحت نظارت مناسب قرار گیرند.

در جایی که مشخص شده باشد غلظت گازهای لندفیل بالاتر از ۲۰٪ حد پایین انفجار هستند، ساختمان مربوطه بایستی تخلیه شود. جایی که این سطح از گاز در ساختمانهای درون سایت مشاهده شده باشد نصب تجهیزات

پایش دائمی گاز لندفیل و همچنین هشدار دهنده ها امری ضروری است. مراقبت های زیادی هنگام ورود مجدد به ساختمانهایی که قبلاً تخلیه شده اند لازم است. مراحل تخلیه و بازگشت مجدد به ساختمان‌هایی که مقادیر قابل توجهی از گاز در آنها مشاهده شده است بایستی در دستورالعمل ایمنی تدوین شده توسط اپراتور گنجانده شود.

ایجاد محل‌های محصور غیر ضروری در سایت بایستی در تمامی محل های دفن ممنوع گردد. تیرهای چراغ برق ممکن است باعث تجمع گازهای لندفیل شوند، بنابراین پایه‌ی آنها بایستی کاملا آب بندی شود و همچنین بایستی دارای تجهیزات الکتریکی ایمنی باشند. مسائل ایمنی و بهداشتی در محل دفن‌هایی که دارای محوطه کار شلوغ و پر ازدحامی هستند بایستی از اولویت بالایی برخوردار باشند. به طور خاص، حفاری پسماندهای دفن شده ممکن است منجر به ایجاد گازهای سمی و/یا قابل احتراق شود. بنابراین در زمان حفاری افزایش و انباشت گازها به طور منظم بایستی کنترل شوند. به طور مشابه هر گودال و حفره‌ی ساخته شده با اهداف لوله‌های جمع آوری گاز بایستی به طورت فیزیکی پایدار و به طور مرتب جهت تشخیص گازهای لندفیل کنترل شوند. به هیچ وجه افراد نباید بدون کنترل گازو سایر اقدئامات ایمنی دیگر وارد فضاهای محدود و بسته شوند. کلیه پیمانکاران باید از خطرات کار در محل های دفن پسماند آگاهی داشته باشند و در مواجهه با آنها با تجربه عمل کنند.

دستورالعمل هایی باید برای کلیه کارمندان صادر شود که هیچ کس حق ندارد در هیچ فضای محدودی از زیر سطح زمین مانند مجراها و گودال ها وارد شود مگر اینکه شخصی مناسب با مجوز رسمی تایید کند که ورود به آن فضاها ایمن می باشد. اقدامات ایمنی که برای مناطق با امکان انباشته شدن گاز مورد نیاز است عبارتند از:

- تنها افراد با تجربه و آموزش مناسب بایستی به فضاهای بسته ورود کنند.
- استعمال مواد دخانیات ممنوع است.
- افرادی که وارد گودال ها و منهول‌ها می شوند بایستی مجهز به کپسول‌های اکسیژن باشند.
- سایر کارکنان بیرون از گودال باید دارای دستگاه تنفس یدکی و آموزش لازم در استفاده از آن باشند.
- چراغها یا وسایلی که در گودال‌ها مورد استفاده قرار می گیرند باید کاملاً ایمن باشند.
- اگر در مورد امنیت فضای محصور شک و تردیدی وجود داشته باشد، نباید وارد شد.

۳-۵-۷- زیرساخت، علایم و موانع سایت

ازایجاد شیب‌ها و دورهای تند به محل دسترسی سایت خودداری شود. در صورت امکان پذیر نبودن بایستی علایم هشدار دهنده و موانع سقوط تهیه گردد. محدودیت های سرعت بایستی توسط اپراتور سایت ارائه و به صورت جدی اعمال شود. وسایل نقلیه نباید بر روی مناطق ناپایدار در محوطه سایت حرکت کنند. محوطه سایت باید دارای نور کافی باشد تا عملیات ایمن و با کارایی بالا در زمان های طلوع و غروب مخصوصا در

فصل زمستان انجام گیرد. ترانشه ها و تالاب هایی که برای دفع مایع یا لجن مورد استفاده قرار می گیرند بایستی حصارکشی شوند یا به طور واضح با استفاده از ستون و پارچه مشخص شوند. همچنین هر ترانشه باید برچسب زده شود تا نوع پسماندهای مجاز برای انباشت در آنها را نشان دهد. زمانیکه ترانشه ها پر شدند باید فورا پوشانده شوند. پس از پر شدن ممکن است مطلوب باشد که موقعیت ترانشه ها علامت گذاری شود. ماهیت آرام آنها به ویژه زمانی که لجن در آنها انباشته شده است ممکن است برای نیروهای کار سایت و کاربران خطرناک باشد. تابلوهای اعلان خطر در رابطه با آب های عمیق، تالاب های حاوی شیرابه و مناطق با شیبهای تند در محوطه سایت بایستی نصب گردد.

به منظور جلوگیری از دسترسی غیرمجاز به مکان‌ها و سایر فضاهای محدود باید موانع فیزیکی نصب گردد. مجراهای رو باز در محل های دفن پسماند ممکن است برای کودکان جذاب باشد بنابراین باید به منظور جلوگیری از ورود تحت اقدامات امنیتی کافی قرار گیرد.

۳-۵-۸- سایر شرایط و ضوابط سایت

باید تأکید کرد که محوطه کار در لندفیل به همراه وسایل نقلیه ای که بطور منظم در فضاهای تنگ مانور می دهند خطرناک است. جمع آوری و برداشت پسماند توسط کارکنان سایت ممنوع است. اپراتور وسایل نقلیه سنگین در جبهه کار بایستی مراقب واژگونی وسایل نقلیه و سایر ماشین آلات در محوطه باشد. پرسنل سایت باید به خوبی آموزش داده شوند که از دسترسی به وسایل نقلیه ناایمن جلوگیری کنند. با این وجود، ممکن است مناسب باشد اجازه تخلیه بار به این وسایل داده نشود که از واژگونی آنها جلوگیری شود.

۳-۵-۹- مواد خطرناک

اپراتور سایت بایستی اطمینان حاصل کند که قرار گیری اشخاص در معرض مواد خطرناک به حداقل برسد و در صورت اجتناب ناپذیری تماس با مواد خطرناک این فرایند بایستی کنترل شده باشد. به کارکنان سایت در خصوص موارد زیر بایستی آموزش داده شود:

- خطرات احتمالی
- اقدامات احتیاطی و پیشگیرانه
- وجود محدودیت های تماس شغلی (محدودیت های تماس با مواد شیمیایی)
- اقدامات انجام شده
- الزامات بهداشتی
- تجهیزات مراقبت فردی

دستورالعمل مخصوص محدودیتهای تماس در رابطه با مواد شیمیایی در آیین نامه عملی ایمنی، سلامتی و رفاه در محل کار آمده است. محل های دفن پسماند محیط هایی از کار را نشان می دهند که کارکنان در آنجا می توانند در معرض انواع مختلفی از مواد قرار بگیرند. اپراتورها بایستی انواع موادی را که احتمالاً در سایت هایشان دریافت می شود ارزیابی کنند و خطرات ایجاد شده در رابطه با تماس آنها را شناسایی کنند. در صورتی که مواد خطرناک شناخته شده مانند آزبست در سایت دفن شود، نظارت و روندی مشخص و روشن بایستی به عنوان بخشی از دستورالعمل ایمنی محل کار اجرا شود.

۳-۵-۱۰- خطرات الکتریکی

سیستم توزیع برق بایستی به صورت سالانه توسط یک متخصص برق واجد شرایط بازرسی شود. قطع کننده های جریان (فیوز) بایستی در تمامی پریزها قرار داده شوند. پیمانکاران خارجی که در سایت مشغول به کار هستند بایستی قوانین ملی تاسیسات برقی را کاملا رعایت کنند. تجهیزات الکتریکی واقع در مناطقی که تجمع گازهای قابل اشتعال ممکن است رخ دهد باید مطابق با الزامات سختگیرانه ای انتخاب، نصب و نگهداری شوند. تجهیزات قابل حمل مانند تلفن، تجهیزات مانیتورینگ ، رادیو و غیره که احتمالاً در چنین مناطقی مورد استفاده قرار می گیرند باید به طور مشابه ارتقا داده شوند.

خطوط انتقال برق منطقه ممکن است که از بالای سایت عبور کنند. این خطوط یا باید منحرف شوند یا باید تدابیری اتخاذ شود تا اطمینان حاصل شود که سطح ارتفاع پسماند از سطح ارتفاع خطوط انتقال مورد تایید اداره برق بالا نمی رود. به هیچ وجه وسایل نقلیه یا تجهیزات نمی توانند به درون فاصله بین کابل های برق وارد شوند. تمامی خطوط بایستی توسط حصارهای حفاظتی دارای المانهای متقاطع نشانه گذاری شوند به طوریکه وسایل نقلیه با افزایش ارتفاع بدنه ی خود به آنها نزدیک نشوند. هرگونه آسیب به این حصارها بایستی فورا رسیدگی شود. به هیچ وجه نباید تجهیزات حفاری در مجاورت خطوط برق کار کنند. به منظور مشورت در خصوص لندفیل های در مجاورت خطوط انتقال برق بایستی با اداره بهداشت و/یا اداره برق منطقه تماس گرفت.

۳-۵-۱۱- کاوش در پسماند

کاوش به معنی جداسازی و حذف مواردی از قبیل فلزات، جهت استفاده مجدد و بازیافت می باشد. در گذشته این عمل وسیله ای برای بازیابی و بازیافت پسماندها را فراهم می کرد. این عمل بسیار خطرناک و با عملکرد بهینه یک لندفیل تداخل دارد. کاوش شاید به دلیل مسدود کردن دید رانندگان وسایل نقلیه زمانی‌که به سمت عقب حرکت می کنند، بزرگترین علت تصادفات و تلفات در محل های دفن پسماند باشد.

آموزش کارمندان باید شامل ایمنی سایت، کمک‌های اولیه و استفاده از مواد خطرناک در صورت لزوم باشد.

۳-٦- طراحی چک لیست‌های مربوط به پایش جنبه‌های مختلف عملیات دفن پسماند

۳-٦-۱- پارامترهای مورد پایش

پارامترهای کمی که باید مورد بررسی قرار گیرند عبارت اند از ۱) مقدار شیرابه، ۲) مقدار گاز، ۳) مقدار رواناب سطحی و ۴) مقادیر نشست پوشش نهایی.

پارامترهای کیفی که باید مورد نظارت قرار گیرند عبارت‌اند از:

- کیفیت شیرابه در لندفیل (در محل خروجی لندفیل)
- کیفیت شیرابه پس از تصفیه
- کیفیت آب زیرزمینی (بالادست و پایین‌دست)
- کیفیت آب سطحی در هنگام خروج از لندفیل
- کیفیت گاز در لندفیل
- کیفیت هوا بالای لندفیل و در شیر خروجی گاز
- کیفیت هوا در تأسیسات کنترل گاز

توجه: چک لیستهای مربوط به پایش و ارزیابی شیرابه و گاز لندفیل در بخش های قبل ارائه شده است.

۳-٦-۱-۱- چک لیست پایش کیفیت آب های سطحی

انجام برنامه پایش آب های سطحی در محیط اطراف سایت به منظور شناسایی آلودگی پیکره های آب‌های سطحی اطراف لندفیل که ممکن است به وسیله نشت شیرابه و یا تحت تاثیر بارندگی به صورت رسوبات از لندفیل خارج شده باشند بایستی انجام می گیرد.

اگر محل دفن پسماند نزدیک به آبهای سطحی باشد، بایستی یک برنامه پایش کیفیت آب‌های بالادست و پایین دست به منظور شناسایی یا اثر هرگونه کاهش در دریافت کیفیت آب توسط محل دفن پسماند، برنامه ریزی شود. برای هر پیکره آب سطحی که احتمال تاثیر پذیری آن وجود دارد، بایستی یک نقطه پایش در پایین دست لندفیل (برای آبهای جاری یا دائمی مانند رودخانه ها و نهرها) یا در نزدیکی محل دفن پسماند (برای آبهای ساکن همچون دریاچه ها و سدها) وجود داشته باشد. همچنین بایستی یک نقطه پایش در بالادست لندفیل (برای آب های جاری) و یا دور از محل دفن پسماند (برای آب های ساکن) وجود داشته باشد که پیشینه و یا عدم تاثیر پذیری کیفیت آب های سطحی در محل تایید شود. پایش کیفیت آب های محیطی می تواند به یک سلسله شاخص های استاندارد از شیرابه لندفیل و اثرات محیط زیستی محدود شود. جدول ۳-۷ پارامترهای مورد نیاز به منظور ارزیابی و پایش کیفیت آب‌های سطحی را نشان می دهد.

جدول ۳-۷: چک لیست ارزیابی و پایش کیفیت آب های سطحی

نام سایت لندفیل:	تاریخ و زمان نمونه برداری:
مدیر مسئول:	
امضا:	

آلاینده ها	واحد اندازه‌گیری	نتیجه تست
pH		
اکسیژن محلول	mg/l	
هدایت الکتریکی	µS/cm	
کل جامدات معلق	mg/l	
نیتروژن-آمونیا	mg/l	
کل کربن آلی	mg/l	
کلیفرم	cfu/100 mL	
کل جامدات محلول	mg/l	
پتاسیم	mg/l	
توضیحات:		

- پارامتر کلیفرم تنها زمانی که آب های پایین دست برای آب آشامیدنی و یا مصارف تفریحی استفاده می شود اندازه گیری می شود.

۳-٦-۱-۲- چک لیست پایش کیفیت آبهای زیر زمینی

طراحی، تعداد و محل چاههای پایش آب زیرزمینی به منظور شناسایی هرگونه آلودگی خاک و آب زیرزمینی ناشی از لندفیل با استفاده از نمونه گیری های شاهد از آب زیر زمینی در شبکه بایستی کافی باشد. جدول ۳-۸ پارامترهای مورد نیاز برای یک برنامه پایش آب های زیرزمینی را نشان می دهد. بسته به پروفایل ریسک لندفیل و ترکیبات ویژه پسماندهای دفن شده این برنامه می تواند متفاوت باشد.

توصیه می‌شود که مکان هر نوع ابزار و تجهیزات با همکاری یک متخصص بر اساس توپوگرافی منطقه و چیدمان لندفیل، نهایی شود. حداقل چهار مجموعه از چاه‌های پایش آب زیرزمینی (یکی در بالادست جهت جریان آب زیرزمینی و سه عدد در پایین‌دست) برای نمونه‌برداری از هر آبخوان در هر لندفیل مطلوب در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۳-۸: چک لیست ارزیابی و پایش کیفیت آب های زیرزمینی

نام سایت لندفیل:	تاریخ و زمان نمونه برداری:
مدیر مسئول:	
امضا:	

آلاینده ها	واحد اندازه‌گیری	دوره آزمایش	نتیجه
pH، دما و پتانسیل اکسایش/کاهش		سه ماه یکبار	
تراز سطح آب	m AHD	سه ماه یکبار	
کل جامدات محلول	mg/l	سه ماه یکبار	
آنیوم و کاتیون های اصلی	mg/l	سه ماه یکبار	
قلیاییت (بیوکربنات و کربنات)	mg/l	سه ماه یکبار	
کل کربن آلی	mg/l	سه ماه یکبار	
آمونیا و مواد مغذی (نیترات، نیتریت و فسفر)	mg/l	سه ماه یکبار	
فلزات	mg/l	سالیانه	
آلاینده های آلی	mg/l	سالیانه	
توضیحات:			

- کاتیون و آنیون های اصلی شامل کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم، کلراید، فلراید و سولفات می باشند.
- فلزات شامل آلومینیوم، آرسنیک، باریوم، کادمیوم، کروم، کبالت، منگنز، جیوه، نیکل، زینک، مس و سرب می باشد.
- آلاینده های آلی عبارتند از: فنول‌ها، هیدروکربن های نفتی، هیدروکربن های تک حلقوی (به طور مشخص بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زیلن)، سموم ارگانوکلرین و ارگانوفسفر، هیدروکربن های آروماتیک چند حلقوی

جدول ۳-۹: فرم گزارش پایش و بازرسی جنبه های مختلف سایت

نام سایت:..... شماره ارجاع:.....								
تاریخ بازرسی:..... ساعت ورود:..... نام بازرس:.....								
دلیل بازرسی:..... ساعت خروج:..... شرایط جوی:..... سایت: باز/بسته								
وضعیت زمان بازرسی	نامطلوب ←						بررسی نشده →	توضیحات
	مطلوب ←						غیر قابل اجرا →	
انطباق برنامه پایش محیط زیست								
انواع پسماند								
لایه بندی/تراکم پسماند								
سیستم پوشش پسماند								
خرد کردن اشیاء حجیم								
پوشش/ لایه محافظ								
شرایط جاده‌های سایت								
وضعیت ورودی سایت								
تمیز کردن بزرگراه/چرخ ها								
مرتب سازی سایت								
آتش سوزی								
حشرات/جانوران موذی/پرندگان								
زهکشی آب های سطحی								
کنترل شیرابه (در محل)								
گاز لندفیل								
بو								
صدا								
گردوغبار								
ورودی/حصارکشی/امنیت								
ثبت داده‌های سایت								
انبار تجهیزات و سوخت								
وضعیت انبار مواد پوششی								
وضعیت محیط	پراکندگی پسماند							
زیستی سایت	شیرابه							
سایر مشاهدات/اقدامات مورد نیاز:								
اقدامات فوری مورد نیاز:								
نظرات مسئول سایت:								
نمونه ها گرفته شده اند: بله/خیر ثبت تصاویر: بله/خیر			امضای بازرس:				دریافت شده توسط:	

۳-۶-۲- طراحی سیستم پایش محیط‌زیست

هدف یک سیستم پایش محیط‌زیست عبارت است از (الف) بررسی اینکه آیا محل دفن پسماند همان‌طور که طراحی شده است عمل می‌کند یا خیر؟ و (ب) اطمینان حاصل شود که محل دفن پسماند مطابق با استانداردهای قانونی محیط‌زیستی است.

پایش در محل دفن پسماند در چهار نقطه انجام می‌شود: (الف) روی سطح و داخل لندفیل (ب) در منطقه زیرسطحی غیراشباع زیر و اطراف لندفیل ج) در آب‌های زیرزمینی (اشباع‌شده) زیر و اطراف لندفیل (د) در هوای بالا و اطراف لندفیل.

پارامترهایی که به‌طور مرتب مورد پایش قرار می‌گیرند عبارت‌اند از:

- هد شیرابه در لندفیل
- کیفیت شیرابه و گاز در لندفیل
- حرکات بلندمدت پوشش لندفیل
- کیفیت مایع منافذ و گاز منافذ در منطقه وادوز
- کیفیت آب‌های زیرزمینی در مناطق اشباع
- کیفیت هوای بالای لندفیل، در تأسیسات کنترل گاز، در ساختمان‌های موجود یا نزدیک لندفیل و در هر مسیر ترددی ممکن.

شاخص‌های کیفیت شیرابه و کیفیت گاز لندفیل باید پس از انجام یک مطالعه در رابطه با نوع پسماند، سن پسماند، ترکیبات شیرابه و گازهایی که احتمالاً تولید می‌شوند و ویژگی‌های ژئوتکنیکی و همچنین هیدروژئولوژی مشخص و تعیین شوند. کلیه برنامه‌های پایش ابتدا باید شرایط پایه و پس‌زمینه‌ی پیش از پایش لندفیل را تعیین کنند. دوره تناوب پایش در سایت‌های مختلف، متفاوت خواهد بود اما باید به‌صورتی تنظیم شده باشد که بتواند در مراحل اولیه ظهور حوادث غیرمعمول و خطرات بتواند زمان لازم برای تشخیص و موقعیت‌یابی علت را داشته باشد و امکان برداشتن گام‌های اولیه برای مهار یا اصلاح را فراهم آورد. معمولاً یک دوره پایش ماهانه یا دوماهه در مرحله عملیاتی یک لندفیل تا ۳-۴ سال پس از بسته شدن لندفیل، مناسب در نظر گرفته می‌شود. اگر تمام سیستم عملکرد رضایت‌بخشی داشته باشد، این تناوب می‌تواند در سال‌های بعد به ۲-۳ بار در سال کاهش یابد.

اگر غلظت‌های اندازه‌گیری‌شده بالاتر از حد انتظار باشند، یا سیستم‌های کنترل تغییر بیابند و یا سیستم زهکش دچار گرفتگی شود و عملکرد آن دچار اختلال شود، ممکن است تناوب پایش افزایش یابد. تناوب پایش همچنین ممکن است در دوره‌هایی که تولید گاز یا تولید شیرابه بیشتر است، مانند دوره باران‌های موسمی افزایش یابد. یک برنامه پایش باید ۱) یک آزمایشگاه مناسب خارج از سایت را انتخاب کند که قادر به

اندازه‌گیری ترکیبات در سطوح تشخیصی صحیح، ۲) روش‌شناسی برای ثبت و ذخیره داده، و ۳) یک روش آماری برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها تعیین کند.

ابزار و تجهیزات زیر برای پایش استفاده خواهد شد:

- نمونه‌بردارهای آب زیرزمینی برای چاه‌های پایش آب‌های زیرزمینی؛
- نمونه‌بردارهای شیرابه برای پایش شیرابه در لندفیل و مخزن شیرابه؛
- لیزیمترهای خلأ، نمونه‌بردار نوک فیلتر، نمونه‌بردار زهکشی آزاد برای تشخیص نشت زیر لاینرهای لندفیل.
- نمونه‌بردار آب سطحی برای جمع‌آوری نمونه از حوضچه رسوب‌گذاری.
- سنسورهای کیفیت آب دانهول جهت اندازه‌گیری EC، pH، اکسیژن محلول و دما در چاه‌های شیرابه، چاه‌های آب زیرزمینی و حوضچه‌های رسوب‌گذاری.
- دستگاه‌های قابل‌حمل (پرتابل) جهت تشخیص گاز لندفیل برای پایش درمحل؛
- نمونه‌بردارهای فعال و غیرفعال هوا برای پایش کیفیت هوای محیط.

جدول ۳-۱۰ فرم گزارش مشاهدات و ارزیابی محیط زیستی محل دفن پسماند را ارائه می دهد.

جدول ۳-۱۰: فرم گزارش مشاهدات محیط زیستی در لندفیل

- منظور از تکمیل برنامه، بررسی و تایید برنامه براساس ویژگی های طرح پایش می باشد.
- داده‌های مورد تایید: تاریخ بررسی دوباره داده‌ها و تایید نهایی

فرم گزارش مشاهدات محیط زیستی			صفحه ..... از.....
نام سایت:	شماره مجوز سازمان محیط زیست:		از تاریخ:
مسئول سایت:			تا تاریخ:

تاریخ	نوع مشاهدات	مکان مشاهدات	جزییات	اقدامات انجام شده	ثبت شده توسط

یادداشت‌ها:	تضمین کیفیت				فرایند پردازش داده‌ها		
		نام مسئول	تاریخ اتمام	پاراف‌ها		تاریخ	پاراف‌های مسئول
	گزارش چک شده				تکمیل برنامه		
	کنترل کیفی				داده‌های مورد تایید		
	مدیر				ورود به سیستم		

۴- بازنگری ضوابط زیست‌محیطی محل‌های دفن پسماند

۴-۱- مقدمه

فلسفه دستورالعمل‌های انتخاب محل دفن پسماند کمک به انتخاب مکان‌هایی است که خصوصیات طبیعی آن‌ها (شامل ویژگی‌های زمین‌شناختی، هیدروژئولوژیکی و توپوگرافیکی) به گونه‌ای است که بتوانند آلودگی‌های ناشی از محل دفن را تا حد زیادی مهار کرده و مانع از انتشار آلودگی در محیط زیست شوند. مکان‌یابی محل دفن مرحله‌ای کلیدی در دفن پسماند است و در صورتی که به طور صحیح انجام شود، می‌تواند برای سال‌های طولانی آلودگی‌های تولید شده در محل دفن را کنترل کرده و ریسک‌های مرتبط با انتشار آلودگی را تا حد زیادی کاهش دهد.

راهنماهای مختلفی در مورد مکانیابی محل دفن در کشورهای مختلف تدوین شده‌اند که همگی متضمن معیارهای طبیعی هستند که محل در نظر گرفته شده برای احداث محل دفن، بهتر است یا باید، آن معیارها را براورده کند. همچنین محل‌هایی که بهتر است محل دفن در آن‌ها یا در فاصلهٔ معینی از آن‌ها اجرا نشود نیز گاه در این راهنماها ذکر می‌شوند.

به طور معمول راهنماهایی که برای انتخاب محل دفن وجود دارند برای پسماندهای شهری، پسماندهای خنثی (مثل نخاله‌های ساختمانی)، و پسماندهای صنعتی غیر خطرناک قابل استفاده هستند. بیشتر راهنماهای موجود برای مکانیابی نیز از همین نوع هستند. تعداد محدودی راهنمای مکانیابی محل دفن نیز وجود دارد که مختص محل‌های دفن پسماندهای خطرناک بوده و معیارهایی ارائه می‌دهند که تا حدی مشابه معیارهای محل دفن سایر پسماندها (و در موارد معدودی، سختگیرانه‌تر) هستند زیرا راهنماهای مربوط به محل‌های دفن پسماندهای خطرناک به طور مستقل تدوین نشده‌اند بلکه بخشی از راهنمای کلی هستند که برای دفن پسماندهای خطرناک تدوین شده‌اند.

آنچه در این میان مشترک است این است که بیشتر این راهنماها توصیه‌های کلی از محل‌های مناسب (یا نامناسب) به لحاظ آبشناختی، زمین-آب‌شناختی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، زیبایی‌شناسی، اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی ارائه می‌کنند و تصمیم‌گیری در مورد جزئیات را، بسته به شرایط خاص هر محل به کارشناس مربوطه واگذار می‌کنند.

فرآیند مکانیابی به طور خلاصه به این صورت انجام می‌شود که در ابتدا با استفاده از معیارهای حذفی محل های نامناسب از محدودهٔ جستجو حذف می‌شوند و محل‌هایی که به طور بالقوه پتانسیل احداث محل دفن را دارند مشخص می‌شوند. سپس با در نظر گرفتن معیارهای لازم فهرستی از محل‌های مناسب برای احداث محل دفن تهیه می‌شود (این عمل را می‌توان بسته به شرایط خاص هر منطقه و با وزن‌دهی به معیارها و استفاده از

روش‌های مختلف تصمیم‌گیری یا فناوری‌هایی مثل GIS انجام داد). سپس با بررسی میدانی، ارزیابی شرایط منطقه و سایر پارامترهای جزئی‌تری که در مرحلهٔ قبل ممکن است در نظر گرفته نشده‌اند، فهرستی از چند سایت انتخاب شده تهیه می‌شود. توصیهٔ نهادی مثل بانک جهانی بر این است که روی چند گزینه‌ای که به عنوان کاندیدای نهایی انتخاب شده‌اند بررسی‌های دقیق‌تری انجام شوند. ویژگی‌های زمین‌شناسی و آب‌شناسی آن‌ها با بررسی‌های میدانی تأیید شوند. طرح مفهومی برای آن‌ها تهیه شده و براوردهای اقتصادی انجام شوند. در نهایت نیز برای گزینه‌ای که بالاترین اولویت را دارد گزارش امکانسنجی (مشتمل بر ارزیابی اثرات زیست محیطی) انجام شده و تصمیم‌گیری نهایی انجام شود.

همچنین بخش اعظم بسیاری از راهنماهای مکانیابی به ملاحظات اجتماعی می‌پردازد. در این بخش مواردی که باید با ذینفعان مطرح شود و مراحلی که باید طی شوند تشریح می‌شوند. این مورد در کشور ما اغلب به طور کلی نادیده گرفته می‌شود در حالی که بخش مهمی از فرایند مکانیابی است. عوامل مؤثر در پذیرش عمومی محل انتخابی بسته به شرایط فرهنگی و اجتماعی هر جامعه یا خرده فرهنگ، می‌توانند کاملاً متفاوت باشند. استفاده از نظرات یک جامعه‌شناس یا انسان‌شناس در مواردی که پیچیدگی‌های فرهنگی-اجتماعی خاصی وجود دارند می‌تواند در تسهیل پذیرش عمومی و اطمینان از در نظر گرفته شدن عوامل مؤثر در آن کمک مؤثری باشد.

در ادامهٔ این بخش راهنماهای مختلفی که در این زمینه تدوین شده‌اند بررسی شده و در نهایت نیز ضوابط فعلی که در کشور ما وجود دارند ارائه شده است. سپس مقایسه‌ای بین ضوابط فعلی و راهنماهای سایر کشورها در مورد مکانیابی ارائه شده است.

۴-۲- بازنگری ضوابط زیست‌محیطی محل‌های دفن پسماند عادی

۴-۲-۱- معیارهای کلی و مشترک در استانداردهای بین‌المللی برای مکان‌یابی محل دفن

۴-۲-۱-۱- زمین‌شناسی

زمین‌شناسی مناسب برای اطمینان از مهار شیرابه در طولانی‌مدت یا در صورت خرابی سیستم‌های مهندسی مهم است. زمین‌شناسی باید با توجه به حرکت شیرابه‌ها و گازهای حاصل از دفن پسماند ارزیابی شود. مناطقی با نفوذپذیری کم برای محل دفن ترجیح داده می‌شوند. به این دلیل که امکان دارد به دلایل مختلف نشتی در سیستم زهکش وجود داشته باشد و مناطقی بانفوذ پذیری کم‌خطر نشت شیرابه در محیط را به حداقل می‌رسانند. با توجه به خطر نشت شیرابه و همین‌طور خارج شدن گاز از محل دفن پسماند ، به‌طورکلی دفن پسماند در محل‌هایی با ویژگی‌های زیر مطلوب نیست:

- خاک‌های با نفوذپذیری بالا ، شن و ماسه
- درزها یا گسل‌ها با نفوذپذیری بالا
- زمین‌شناسی کارست، (مناطقی که دارای سنگ‌هایی با حلالیت بالا بوده) مانند مناطق آهکی
- مناطق مستعد زمین‌لرزه
- مناطقی که سفره‌های آب آشامیدنی را پوشانده‌اند (در صورت وجود محل دفن پسماند در نزدیکی آبراه‌ها، خطر آلودگی آب‌های سطحی را ممکن است به وجود بیاورد)
- دشت‌های سیلاب – مناطقی که امان دارد در هر صدسال یک‌بار در آن‌ها سیل بیاید

اطلاعات مربوط به شرایط زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی در محل را می‌توان با نقشه‌های زمین‌شناسی به دست آورد یا باید در طی فرآیند انتخاب سایت (به‌عنوان‌مثال حفره‌های خاک ، آزمایش نفوذ مخروط درجا) موردبررسی قرار گیرد.

۴-۲-۱-۲- عوامل ایجاد مزاحمت برای محیط اطراف

انتخاب مناسب محل دفن یکی از مناسب‌ترین جنبه‌ها در محافظت از محیط‌زیست در برابر آثار مخرب محل دفن است. در مکان‌یابی محل دفن باید به شرایط فیزیکی سایت دفن پسماند ازجمله رعایت فواصل مجاز آن با کاربری‌های موجود و یا برنامه‌ریزی‌شده با توجه به حساسیت آن محل‌ها و ابعاد محل دفن توجه کرد. در ادامه تعدادی از عوامل ایجاد مزاحمت محل دفن برای محیط اطراف گفته‌شده و ضرورت توجه به هرکدام توضیح داده می‌شود.

- **تأثیرات بصری**

تأثیر بصری منفی ناشی از کنترل نامناسب پسماند در محل‌های دفن پسماند می‌تواند یکی از دلایل عمده شکایت و مزاحمت قابل‌توجه همسایگان سایت باشد. بنابراین کنترل پسماند باید از اولویت‌های بالایی برخوردار باشد. طیف وسیعی از روش‌های کنترل در دسترس است که استفاده از آن‌ها بسته به عوامل خاص سایت از قبیل مجاورت سایر کاربران زمین و انواع پسماندهایی که در آن دفن می‌شود دارد.
کاشت گیاهان در اطراف محیط مکان دفن باید در اولین فرصت آغاز شود کاشت گیاه در اطراف محل دفن نه‌تنها موجب بهتر شدن جلوه بصری در محیط اطراف محل دفن شده بلکه استفاده از گیاهان مناسب سرعت باد را کاهش داده و باعث جلوگیری از پخش گرد غبار همین‌طور جلوگیری از پخش اشغال‌ها نیز می‌گردد. که البته در برخی از قوانین آورده شده است که درخت و خس و خاشاک‌ها نباید در فاصله ۲۰ متری محل

دفن وجود داشته باشد چون احتمال آتش‌سوزی وجود دارد که باعث پخش آتش‌سوزی می‌شود و در صورت کاشت باید فاصله آن‌ها بیش از ۲۰ متری از محل دفن باشد.

- **کنترل بو**

بوهای نامطبوع در محل دفن پسماندها از این موارد ناشی می‌شود:

- پسماندهای بد بو ، مانند پسماندهای صنعتی یا کشاورزی و لجن فاضلاب
- سیستم‌های تصفیه شیرابه ، به‌ویژه پاشش هوایی[۳۰]
- شیرابه راکد در تالاب‌ها یا سایر ظروف نگهدارندِ.
- گاز محل دفن

به‌واسطه مدیریت خوب سایت می‌توان انتشار بوی نامطبوع محل دفن پسماندها را کاهش داد. ابزار اصلی به حداقل رساندن بوی دفن پسماند شامل موارد زیر است:

- تراکم مؤثر
- تهیه پوشش کافی
- دفن سریع پسماندهای بد بو ، استفاده از سنگرهای پوشیده شده در صورت لزوم
- جمع‌آوری مؤثر گاز دفن پسماند و احتراق کارآمد
- پیشگیری از بی‌هوازی[۳۱] شدن شیرابه ذخیره‌شده
- کنترل صدا

کارکنان سایت باید از لزوم به حداقل رساندن سروصدا و خطرات سلامتی در معرض سروصدای زیاد قرار گرفتن آگاه باشند. وسایل نقلیه یا تجهیزات بازدید یا در حال استفاده در سایت باید مطابق با عملکرد اتحادیه اروپا در رابطه با عملکرد صدا مطابقت داشته باشند. توجه ویژه‌ای به اتصال تجهیزات مناسب برای کاهش صدا در ابزارهای برقی و ماشین‌آلات همچنین وسایلی که مانع انتقال صدا می‌شوند گردد. استفاده از صفحه‌های صوتی که در مجاورت ژنراتورها و پمپ‌ها به‌ویژه آن‌هایی که به‌صورت ۲۴ ساعته استفاده می‌شوند ضروری می‌باشد. محدودیت‌های سرعت می‌توانند ایجاد صدا توسط وسایل نقلیه‌ای که به سایت دسترسی دارند را کاهش دهد.

- **جانوران موذی**

[۳۰] Aerial spraying

[۳۱] Anaerobic

موش‌های صحرایی می‌توانند بیماری را گسترش دهند ، باعث تخریب وسایل و تجهیزات همین‌طور آلودگی مواد غذایی شوند. حذف آن‌ها دشوار است. جمعیت موش‌ها به دلیل اینکه به همراه پسماندها به محل دفن آورده می‌شوند یا به محل دفن مهاجرت می کنند در محل دفن افزایش می‌یابد. مناطق ذخیره‌سازی لوازم‌خانگی ، حفره‌های پسماندهای سنگین و مخرب یا خاک‌های پوششی ضعیف فشرده‌شده می‌توانند پناهگاهی برای این موجودات ایجاد همچنین موجب آزار و اذیت ساکنین در اطراف همین‌طور کارگران محل دفن شود به همین دلیل بهتر است که محل دفن از مناطق مسکونی همین‌طور مناطق شهری فاصله مناسبی داشته باشد.علاوه بر آن بهتر است در انتخاب محل دفن بهتر است که مکان محل دفن درجایی باشد که شرایط مناسب برای زندگی و تجمع موش‌ها در آن محل کمتر باشد.

بهترین روش برای مقابله با آلودگی موش‌ها مدیریت مؤثر محل دفن است. تراکم مناسب و استفاده از پوشش برای کنترل موش‌ها ضروری است. همچنین ساماندهی ویزیت‌های منظم و اقدامات احتیاطی توسط مسئول کنترل آفات روش مطلوبی است که شامل موارد زیر است:

- افزایش ضخامت پوشش
- تغییر نوع پوشش و تراکم آن
- کمپوست یا فرآوری مواد زائد آلی قبل از دفع ،
- خرد کردن ، آسیاب کردن یا عدل بندی کردن پسماندهای حاوی منابع غذایی
- استفاده از سم و طعمه‌های سمی

- **حشرات**

مگس‌ها ممکن است در ماه‌های تابستان به‌ویژه هنگامی که تأخیر بین جمع‌آوری و دفن پسماند وجود دارد، به مشکل تبدیل شوند.. مگس‌ها قادر به انتقال سالمونلا و سایر بیماری‌های ناشی از مواد غذایی هستند که از طریق انتقال با ماشین‌های مکانیکی، تراکم مناسب و استفاده از پوشش می‌توان کنترل مگس‌ها را تا حدی پیش برد. این امر باعث از بین رفتن غذا، پناهگاه و محل پرورش مگس‌ها می‌شود. در مواقع ضروری آلودگی مگس، استفاده از حشره‌کش‌ها ممکن است ضروری باشد.

- **پرندگان**

پرندگان ، به‌ویژه مرغ‌های مهاجر ، به دلیل جست‌وجوی آب و غذا، لانه‌سازی می‌توانند به مکان‌های دفن پسماند جذب شوند. پرندگان ممکن است مواد بیماری‌زا را به محل‌های منابع آب آشامیدنی یا محصولات زراعی و مواد غذایی منتقل کنند. اگر محل دفن پسماند در نزدیکی یک میدان هوایی(فرودگاه) واقع باشد ،

پرندگان نیز می‌توانند خطری ایجاد کنند دسترسی پرندگان به پسماندها می‌تواند منجر به پرندگانی شود که به دنبال منابع غذایی جایگزین هستند.با روش‌های زیر می‌توان از تجمع پرندگان جلوگیری کرد

- فشرده‌سازی سریع و کامل پسماندها.
- پوشاندن پسماند در پایان هرروز
- مدیریت ویژه بر روی پسماندهای دارای مواد آلی
- به حداقل رساندن کارهای زمینی و استخرهای کم‌عمق و گودال‌های آب.

در مورد خطر پرندگان به‌طور کامل در ادامه توضیح داده‌شده است.

- **آب‌های سطحی**

برای یک برنامه نظارت بر سطح آب باید کلیه منابع آب سطحی را که به‌طور بالقوه می‌توانند توسط عملیات دفن پسماند آلوده شوند را پوشش دهد. معیارهای اصلی که هنگام انتخاب محل دفن در نظر گرفته شود عبارت‌اند از:

- منابع احتمالی آلودگی مرتبط با محل دفن پسماند و مسیرهای فوق و زیرزمینی آن‌ها.
- سایر منابع خارجی آلودگی که ممکن است بر منابع آب سطحی تأثیر بگذارد. محل قرارگیری منابع آب سطحی ، به‌ویژه در محیط‌های حساس.
- الزامات مربوط به مکان‌های کنترل. حساب کردن میزان رقیق شدن و حل شوندگی آب
- دسترسی به مکان

- **مدیریت و کنترل آب‌های زیرزمینی**

مدیریت آب‌های زیرزمینی مورد مهمی در طراحی و بهره‌برداری از محل دفن پسماند است. آب‌های زیرزمینی باید به‌گونه‌ای اداره شود که:

- محل دفن پسماند تأثیر منفی بر روی آب‌های زیرزمینی نگذارد.
- جریان طبیعی آب‌های زیرزمینی تحت تأثیر محل دفن پسماند قرار نگیرد.
- تحقیقات باید به‌طور واضح جریان آب‌های زیرزمینی را در منطقه محل دفن و حداکثر محدوده سطح آب‌های زیرزمینی مشخص کند.
- به‌طورکلی درجایی که منابع آب زیرزمینی وجود دارد، باید در مجازی را برای محل دفن پسماند دفن پسماند تا آب‌های زیرزمینی در نظر گرفت

- به‌طورمعمول سیستم دفن پسماند دفن پسماند باید در بالای جدول آب‌های زیرزمینی قرار گیرد.

- **شرایط هیدرولوژیکی[۳۲]**

داشتن اطلاعات درباره شرایط هیدرولوژیکی در محل برای تعیین ریسک بالقوه انتشار از محل دفن در خاک زیرین و آب زیرزمینی بسیار حیاتی است. به‌منظور کاهش هزینه‌های ساخت‌وساز برای سیستم‌های گران‌قیمت پایه محل دفن پسماندها باید در مکان‌هایی واقع شود که لایه‌های زیرسطحی با هدایت هیدرولیکی کم مشخص می‌شوند (هدایت هیدرولیکی کمتر از 10-8m/s). در بهترین حالت یک‌لایه زیرسطحی از هدایت هیدرولیکی بسیار کم می‌تواند یک‌لایه پایه ساخته‌شده توسط انسان را جایگزین کند و از این طریق هزینه ساخت دفن پسماند را به میزان قابل‌توجهی کاهش دهد. آگاهی در مورد جهت گردش آب زیرزمینی به‌منظور ایجاد سیستم نظارت بر آب‌های زیرزمینی نیز ضروری است.

- **مسافت حمل‌ونقل و زیرساخت‌های[۳۳] موجود[۳۴]**

همان‌طور که در بالا ذکر شد یکی از معیارهای مهم برای محل دفن پسماند فاصله معقول دفن پسماند از منبع تولید پسماند است. مسافت حمل‌ونقل طولانی‌مدت پسماند ازیک‌طرف هزینه‌های ویژه دفع پسماند را افزایش می‌دهد از سوی دیگر ترافیک مربوط به پسماند افزایش می‌یابد و از این طریق عوارض جانبی و خطرات مرتبط با آن برای ساکنان ایجاد می‌شود (به‌عنوان‌مثال حوادث ترافیکی، سروصدا و آلودگی هوا). به همان اندازه‌ای که کوتاهی مسافت حمل‌ونقل مهم است زیرساخت‌های موجود (جاده‌های دسترسی به محل دفن پسماند) نیز اهمیت دارد زیرا تأمین و نگهداری راه‌های دسترسی به‌عنوان‌مثال ممکن است برای شهرداری پرهزینه باشد و بازهم هزینه‌های دفع پسماند را بالا ببرد.

- **دسترسی به مواد پوششی[۳۵]**

---

[۳۲] Hydrogeological

[۳۳] Infrastructure

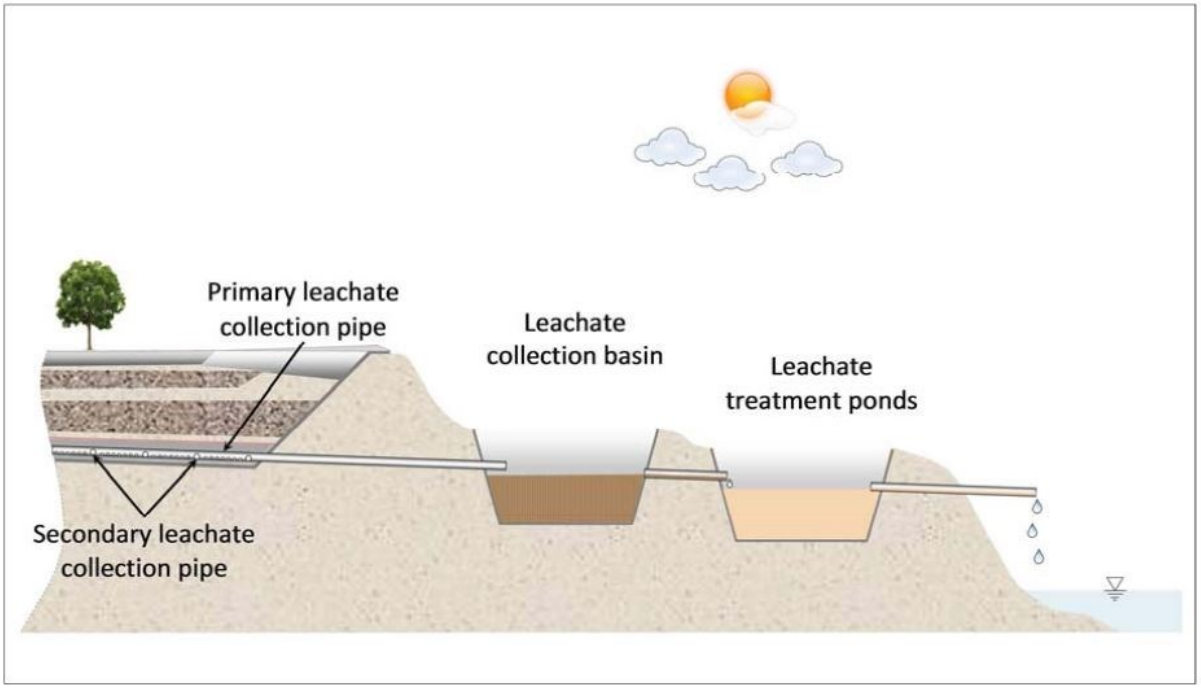
[34] انجمن بین‌المللی پسماند

[۳۵] Cover material

عامل دیگر تعیین‌کننده هزینه‌های کل دفن پسماند، دسترسی به مواد پوشش‌دهنده است. دفن پسماندها باید روزانه یا حداقل هفتگی با مواد بی‌اثر پوشانده شود ، به‌منظور جلوگیری از ورود پرندگان درون پسماندها ، کاهش خطر آتش‌سوزی، کنترل بو و سایر عوارض جانبی بعلاوه پس از بسته شدن محل دفن پسماندها، محل‌های دفن پسماند باید با پوشش نهایی پوشانده شود.

- **توپوگرافی سایت[۳۶]**

توپوگرافی سایت تا حدی نیز بر هزینه‌های دفن پسماند تأثیر می‌گذارد. در بهترین حالت می‌توان از توپوگرافی سایت در رابطه با طراحی مناسب محل دفن پسماند برای مدیریت جریان شیرابه بدون استفاده از پمپاژ صرفاً با جریان گرانش استفاده کرد. البته این نیاز به اختلاف ارتفاع بین لایه زهکشی محل دفن پسماند، حوضچه‌های جمع‌آوری شیرابه، تأسیسات تصفیه شیرابه و محل دفع نهایی شیرابه دارد (به شکل ۴-۱ مراجعه کنید)



شکل ۴-۱- جریان گرانشی شیرابه ناشی از اختلاف ارتفاع سطح محل دفن و سطح آب

- **کنترل گل و گردوغبار[۳۷]**

[۳۶] Topography

[۳۷] Mud and dust

گل و گردوغبار ناشی از محل دفن ممکن است یک نگرانی محلی عمده باشد به‌خصوص در مواردی که چنین موادی از محل خارج می‌شوند. رسوب مقادیر قابل‌توجهی گل در بزرگراه عمومی غیرقابل‌قبول است و باید فوراً و اصلاح شود. در صورت ردیابی گل یا لجن در بزرگراه عمومی تجهیزات لازم برای جابجایی جاده‌ها بلافاصله اعزام می‌شوند. کنترل گردوغبار و گل باید جزئی از برنامه معمول بازرسی سایت باشد.

- **حریق**

هیچ ماده‌ای نباید در محل دفن یا در نزدیک آن سوزانده شود. به‌هیچ‌وجه نباید پسماندهای جمع‌آوری‌شده در سایت سوزانده شود. آتش‌سوزی در محل‌های دفن پسماند باید به‌عنوان موارد اضطراری تلقی شود و سریعاً نسبت به خاموش کردن آن‌ها اقدام شود. کارکنان سایت باید به مراکز مناسب اطلاع دهند.

- **انتشار گازها و بو**

تمامی محل دفن‌ها از خود گازهایی از قبیل متان ، کربن دی‌اکسید و ترکیبات الی غیر متانی[۳۸](NMOC) منتشر می‌کنند که این فرایند انتشار گازها تا سال‌ها بعد ادامه می‌یابد ازاین‌رو باید توجه داشت که محل دفن در مکانی قرار گیرد که موجب آزار مناطق مسکونی نشود

۴-۲-۲- معیارهای مکان‌یابی بر اساس استانداردهای بین‌المللی

در این بخش به‌طور خلاصه از دیدگاه استانداردهای بین‌المللی توضیحاتی داده‌شده است مبنی بر اینکه:

- آیا محل دفن پیشنهادشده یا گسترش‌های جانبی که برای یک محل دفن پسماندهای عادی در نظر گرفته‌شده است در مناطق حساس یا حفاظت‌شده قرار دارد یا خیر؛ و
- چگونه می‌توان اثرات محیط‌زیستی که در رابطه با مکان مدنظر ممکن است رخ دهد را سنجید.

یک سایت محل دفن برای اینکه ازنظر عمومی قابل‌قبول بوده و ازنظر محیط‌زیستی نیز آسیب چندانی نداشته باشد باید تعدادی از ضوابط ژئوتکنیکی و مکان‌یابی را رعایت کند. همین‌طور در یک سری مناطق که دارای حساسیت‌هایی ازنظر زیست‌محیطی هستند یا با احداث محل دفن در این مناطق و با رعایت نکردن فاصله مجاز امکان به وجود آمدن حوادث و یا آثار زیست‌محیطی مخرب وجود دارد نیز نیاز به در نظر گرفتن فاصله‌های مجاز و محدودیت‌های خاصی در این مناطق است. لیست مناطق حساسی که در آیین‌نامه‌های بین‌المللی غالباً مورداشاره و بررسی قرارگرفته‌اند به‌صورت زیر است:

[38] non metal organic compounds

- فرودگاه‌ها
- دشت‌های سیلابی
- تالاب‌ها
- مناطق دارای گسل
- مناطق تأثیر لرزه‌ای
- مناطق ناپایدار
- زیستگاه‌های بحرانی و یا مناطق تحت حفاظت محیط‌زیست
- محیط‌های هیدرولوژیکی حساس

در ادامه علت حساس بودن هرکدام از این مناطق توضیح و فواصل و محدودیت‌های هرکدام مطابق دستورالعمل‌های بین‌المللی بیان‌شده است. بدین منظور، ابتدا هر معرفی‌شده و در بخش بعد در مورد هر استاندارد، معیارهای موجود در آن استاندارد بررسی شده‌اند.

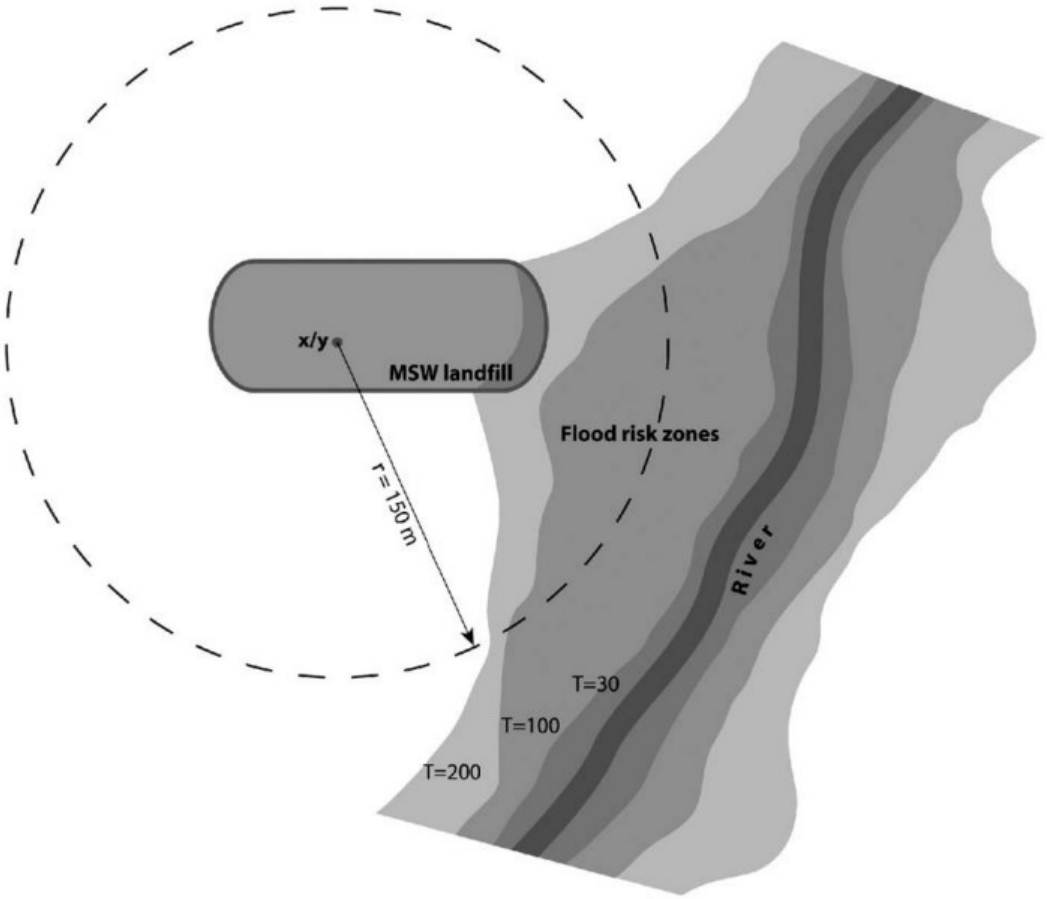
٤-٢-٢-١- فرودگاه‌ها

علت اصلی نیاز به رعایت فواصل مجاز و حساس بودن فرودگاه‌ها خطر پرندگان است. پرندگان برای تأمین نیاز خود به آب و مواد غذایی، لانه ساختن و بیتوته کردن به محل‌های دفنی که مواد غذایی در آن‌ها وجود داشته باشد حمله‌ور می‌شوند و در اطراف آن‌ها نیز پرواز می‌کنند. محل‌های دفن پسماندهای شهری جزو این دسته هستند.

٤-٢-٢-٢- دشت‌های سیلابی[٣٩]

دشت‌های سیلابی سرزمین‌های پست و همواری هستند که در کنار رودی قرار دارند که اگر رود طغیان کند سیل آن دشت را فرامی‌گیرد. در شکل زیر، نحوه جانمایی یک محل دفن با توجه به دوره بازگشت قابل‌قبول دشت نشان داده‌شده است.

[39] Floodplains



شکل ۴-۲- شعاع تأثیر یک رودخانه در ایجاد دشت سیلابی در دوره بازگشت‌های مختلف

٤-۲-۲-۳- تالاب‌ها[40]

تالاب‌ها محیط‌هایی هستند که مشخصاتشان چیزی میان خشکی و آب است. تالاب‌ها ممکن است همواره دارای آب باشند یا اینکه گاه خشک و گاه آب‌دار باشند.

٤-۲-۲-٤- زیستگاه‌های بحرانی و یا مناطق تحت حفاظت محیط‌زیست[41]

زیستگاه‌های بحرانی مناطقی هستند که در آن‌گونه‌های حیوانی یا گیاهی در معرض انقراض وجود دارد و این زیستگاه‌ها نیز دارای قوانین خاصی هستند.

[40] Wetlands

[41] Critical Habitat

٤-٢-٢-٥- مناطق دارای گسل[42]

گسل‌ها به مناطقی اطلاق می‌شوند که در آن نقاط پوسته زمین دچار شکستگی باشد که این سنگ‌های دو طرف شکستگی نسبت به یکدیگر امکان حرکت داشته باشند.

٤-٢-٢-٦- نواحی دارای تأثیرات لرزه‌ای[43]

این نواحی مناطقی هستند که احتمال بروز زمین‌لرزه در آن‌ها بیشتر بوده و فعالیت‌های لرزه‌ای در این مناطق زیاد است.

٤-٢-٢-٧- مناطق ناپایدار[44]

مناطقی که به‌صورت طبیعی یا به دلیل دخالت‌های انسان دچار ضعف‌هایی هستند، مناطق ناپایدار نامیده می‌شوند. به‌طور مثال، مناطقی که خاک ضعیفی برای ایجاد پی دارند و یا مشکوک به جابه‌جایی توده‌ای هستند ازجمله‌ی مناطق ناپایدار هستند.

٤-٢-٢-٨- محیط‌های هیدروژئولوژیکی حساس[45]

منطقه هیدروژئولوژیکی حساس به محل‌هایی گفته می‌شود که به‌صورت نامحدود یا نیمه محدود به یک منبع آبی یا آبخوان متصل باشد و جریانی بین آن محل و آبخوان چه به‌صورت طبیعی و چه براثر پمپاژ به وجود بیاید.

مناطقی که نقاط حساس هیدرولوژیکی هستند عبارت‌اند از:

- گودال‌های حفاری‌شده شن و ماسه‌ای در نزدیکی آبخوان یا در تماس با تراز آب زیرزمینی.
- نواحی که در زیر آن‌ها یک منبع ذخیره آبی وجود دارد.

٤-٢-٢-٩- مناطق با کاربری‌های مختلف مسکونی تجاری[46]و جاده‌های دسترسی

همان‌طور که در بخش ابتدایی نیز توضیح داده شد به دلیل مشکلاتی که به‌طورمعمول در اطراف محل دفن وجود دارد از قبیل بو و تولید گاز و غیره آیین‌نامه کشورهای مختلف قوانینی برای فاصله مجاز محل دفن با مناطق با کاربری‌های مختلف از قبیل : مدارس، اقامتگاه‌ها، هتل‌ها، رستوران‌ها، گورستان‌ها، مراکز تهیه

[42] Fault Areas

[43] Seismic Impact Zones

[44] Unstable Areas

[45] Sensitive Hydrogeologic Environments

[46] Land use

مواد غذایی کلیساها و پارک‌های شهری در نظر گرفته‌اند. البته در تعدادی از قوانین به این نکته نیز اشاره‌شده است که مصارف زمینی مانند صنایع سنگین ، عملیات جنگلداری ، مصالح کل، استخراج، معدن، راه‌آهن و غیره کاربری حساس محسوب نمی‌شوند.

٤-٢-٣- بررسی دستورالعمل‌های بین‌المللی در زمینه معیارهای مکان‌یابی محل دفن

٤-٢-٣-١- سازمان حفاظت از محیط‌زیست آمریکا [47](USEPA)

- **فرودگاه‌ها**

ضوابط و نحوه ارزیابی

بر اساس قانون حفاظت و بازیافت منابع آمریکا، درصورتی‌که محدوده پیشنهادی برای سایت محل دفن در فاصله ۸ کیلومتری از فرودگاه‌هایی که هواپیماهای توربوجت [48]یا هواپیماهای پیستونی[49] ازآنجا پرواز دارند، باشد، باید به فرودگاه و اداره هوانوردی فدرال[50] اطلاع داده شود. درصورتی‌که محل دفن در فاصله ۳ کیلومتری فرودگاه‌هایی با هواپیماهای توربوجت یا در فاصله ۱/۵ کیلومتری فرودگاه‌هایی با هواپیماهای پیستونی باشد، باید محل دفن به‌گونه‌ای طراحی و بهره‌برداری شود که ثابت کند فرودگاه در معرض خطر پرندگان نیست و هیچ‌گونه اخطاری نیز از طرف اداره هوانوردی فدرال دریافت نکند.

همین‌طور بر اساس این قانون باید ارزیابی صورت گیرد که در آن، نبود خطر پرندگان برای فرودگاه بررسی شود. این ارزیابی شامل چهار بخش است:

- رعایت فواصل مجاز
- عدم وجود مشکل برای استفاده‌های عمومی
- برآورد ریسک خطر برخورد پرندگان
- طراحی و بهره‌برداری محل دفن

در ادامه این موارد به تفکیک بررسی می‌شود.

رعایت فواصل مجاز

47 United States Environmental Protection Agency

48 turbojet aircraft

49 piston-type aircraft

50 Federal Aviation Administration

در این قسمت از ارزیابی باید نقشه‌هایی تهیه شود که نشان داده شود که فواصل مجاز ذکرشده رعایت شده است. به این صورت که با استفاده از نقشه‌های (USGS 15 minute) از انتهای مسیری که منتهی به محل دفن است یک کمان به فاصله مجاز باید زده شود که این کمان نباید با فرودگاه برخوردی داشته باشد.

عدم وجود مشکل برای استفاده‌های عمومی

برای انجام این بخش از ارزیابی باید از سازمان هوانوردی امریکا استعلامی گرفته شود مبنی بر اینکه آیا این فرودگاه‌ها عمومی است یا نه و اینکه در این استعلام باید تمامی فرودگاه‌هایی که در فاصله مجاز هستند بررسی شود. درصورتی‌که فرودگاه عمومی نباشد نیازی به ارزیابی نیست.

برآورد ریسک خطر برخورد پرندگان

این بخش از ارزیابی باید این احتمال که حضور محل دفن چند درصد خطر برخورد پرندگان را افزایش می دهد را بررسی کند.

یکی از رویکردها برای انجام این کار این است که ببینیم آیا پرندگان اصلاً به محل دفن حمله‌ور می‌شوند و این‌که بررسی کنیم که آیا این افزایش حضور پرندگان در منطقه احتمال برخورد هواپیما با پرندگان را افزایش می‌دهد یا خیر. این احتمال را می‌توان با بررسی‌های میدانی محل دفن‌های مشابهی که دارای شرایط جغرافیایی مشابه و طراحی و بهره‌برداری مشابه هستند بررسی کرد.

طراحی و بهره‌برداری محل دفن

نوع طراحی و بهره‌برداری از محل دفن به طرز چشم‌گیری برافزایش احتمال خطر برخورد پرندگان تأثیر دارد.

این ارزیابی باید شامل بخشی باشد که در آن تکنیک‌های کاهش خطر برخورد پرندگان از قبیل نحوه مدیریت پسماند، نحوه طراحی برای کاهش حضور پرندگان و کنترل پرندگان نیز وجود داشته باشد.

تکنیک‌هایی برای کاهش حضور پرندگان

تکنیک‌های مدیریت پسماندی که سازمان حفاظت از محیط‌زیست امریکا برای کاهش منابع غذایی پرندگان در محل دفن معرفی می‌کند عبارت‌اند از:

- روی پسماندها به‌سرعت پوشانده شود؛
- خرد کردن، پودر کردن، یا عدل بندی پسماند؛
- تفکیک از مبدأ پسماندهایی که غذای پرندگان به‌حساب می‌آیند؛ و

- استفاده از روش کمپوست یا کاهش پسماند برای پسماندهای این دسته.

تکنیک‌هایی برای کنترل پرندگان

استفاده از تکنیک‌هایی برای کنترل خود پرندگان و عدم جلب‌توجه آن‌ها به محل دفن می‌تواند در کنترل و دور کردن پرندگان مؤثر باشد. در فهرستی از این تکنیک‌ها آورده شده است.

جدول ۴-۱- تکنیک‌های کنترلی برای کاهش حضور پرندگان در محل دفن

تکنیک‌های کنترلی	مثال
بازدارنده‌های بصری	درست کردن مجسمه‌هایی از شکارچیان پرندگان
صدا	پخش صداهایی از شکارچیان اصلی پرندگان مثل جغد
موانع فیزیکی	ایجاد حصارهایی در اطراف یا روی محل دفن
سایر کارها و روش‌های مؤثر	استفاده از سلاح گرم و شاهین‌ها

طراحی مناسب محل دفن

طراحی و بهره‌برداری مناسب از محل دفن نیز می‌تواند به میزان زیادی حضور پرندگان را کاهش دهد. به‌طور مثال، طراحی مناسب برای مدیریت آب ناشی از باران، تجمع آب در یک نقطه را کاهش داده و منبع آب را برای پرندگان قطع می‌کند. پوشاندن سلول‌های دفن نیز باعث عدم دسترسی پرندگان و عدم پراکنده شدن پسماند می‌گردد. هم زدن پسماند نیز در شرایطی که امکان آن فراهم باشد باعث خراب شدن لانه پرندگان و پراکنده شدن آن‌ها می‌گردد.

- ***دشت‌های سیلابی***

در ارزیابی‌های اولیه برای مکان‌یابی محل دفن باید درصورتی‌که محل دفن یا گسترش‌های جانبی یک محل دفن از پیش طراحی‌شده در حوزه یک دشت سیلابی بیفتد:

- مکان محل دفن جدید یا حوزه گسترش‌های محل دفن قدیمی در مسیر جریان سیلاب در ۱۰۰ سال گذشته اجازه ساخت ندارد.
- در ارزیابی‌های اولیه، روش‌هایی برای ذخیره آب موقت دشت اندیشیده شود که در صورت مواجهه با طوفان شدید و در معرض آب قرار گرفتن پسماند به‌سرعت و بدون اینکه منابع آب آلوده شوند و برای انسان‌ها و محیط‌زیست مشکل ایجاد کنند ذخیره آب را کاهش داده که از این خطر جلوگیری شود.

برای اینکه مطمئن شویم که تجهیزاتی که برای کاهش آب دشت در نظر گرفته‌ایم بیش‌ازاندازه میزان آب دشت را کاهش نمی‌دهد باید در ارزیابی‌های خود یک گزارش برای نشان دادن میزان آب دشت قبل از سیلاب و پس‌ازآن را نشان دهیم که تأسیسات موجب آسیب به محیط دشت نمی‌شوند.

- ***تالاب‌ها***

در ارزیابی‌های اولیه‌ای که برای مکان‌یابی محل دفن جدید یا گسترش محل دفن قبلی صورت می‌گیرد باید این نکته نیز شرح داده شود که آیا محل دفن در نقاط تالابی قرارگرفته‌اند یا نه. درصورتی‌که قرارگرفته باشد باید ارزیابی‌هایی صورت گیرد که نشان دهد حضور محل دفن در آن منطقه موجب تغییر زیست‌بوم تالاب و اثرات زیست‌محیطی شدید بر روی آن نمی‌شود.

درصورتی‌که محل دفن پسماندهای جامد شهری مجبور به‌قرار گرفتن در یک تالاب شود یا به میزان زیادی در محیط تالاب گسترش یابد، باید حتماً از اداره مهندسان امریکا[51] نیز یک تأییدیه مبنی بر مجاز بودن اجرای محل دفن در آن محیط تهیه شود. در طول زمان بررسی، اداره مهندسین امریکا نیز باید با اداره تقسیم اراضی ایالتی و همین‌طور سازمان حیات‌وحش و ماهیگیری نیز هماهنگی‌هایی برای بازدیدهای محیطی و تأیید عدم وجود مشکل به عمل آورد.

بررسی‌هایی برای پایش و کاهش اثرات

در ارزیابی‌های انجام‌شده باید برنامه‌هایی برای پایش در نظر گرفته شود که این برنامه‌های پایشی باید مورد تائید سازمان‌های نظارتی مربوطه قرارگرفته و مؤثر بودن آن‌ها تأیید شود. مثال‌هایی از این برنامه‌های پایشی از احیای مناطق دچار مشکل شده‌ی تالاب و یا ایجاد فضا برای گسترش تالاب از محیط بالادست آن عبارت‌اند از:

ارزیابی اثرات

ارزیابی اثرات احداث محل دفن بر روی تالاب‌ها را باید یک گروه شامل مهندسین در حوزه‌های مختلف انجام دهند این ارزیابی باید شامل موارد زیر باشد:

- مشخص کردن مرز ناحیه تالاب بر اساس هیدرولوژی تالاب نوع خاک منطقه و نوع پوشش گیاهی؛
- مشخص کردن پوشش گیاهی اطراف تالاب مانند درختان که بر روی تالاب تأثیرگذارند؛
- مشخص کردن گونه‌های نایاب و در معرض خطر که محل سکونتشان در اطراف تالاب است.

51 Corps of Engineers(COE)

ارزیابی ارزش تالاب

یکی از قسمت‌های ارزیابی اثرات بر روی تالاب‌ها باید ارزیابی ارزش تالاب باشد. این ارزیابی به این معنی است که تالاب ازنظر خاک به چه میزان غنی است،چه تنوعی از گونه‌های گیاهی را در خود جای‌داده همین‌طور سکونت‌گاه چند دسته از گونه‌های جانوری است.

روش‌های متفاوتی برای ارزیابی ارزش تالاب وجود دارد که عبارت‌اند از:

- روش ارزیابی ارزش عملکردی
- تکنیک ارزیابی تالاب (WET)[۵۲]
- تکنیک ارزیابی زیستگاه (HEP)[۵۳]

که برای مطالعه بیشتر درزمینه‌ی تکنیک‌های گفته‌شده می‌توان به ضوابط RCRA در همین رابطه مراجعه کرد.

ارزیابی پتانسیل فرسایش و پایداری

پتانسیل فرسایش و میزان پایداری خاک تالاب و هر نوع لای‌روبی و تثبیتی که در مراحل اجرای محل دفن از آن استفاده می‌شود باید در ارزیابی تالاب به تأثیرات آن توجه شود و در صورت امکان به وجود آمدن فرسایش از آن با استفاده از روش‌های کنترلی جلوگیری شود.

حداقل کردن اثرات

این امکان وجود دارد که محل دفن به‌تنهایی مشکلی برای تالاب ایجاد نکند ولی تأثیرات زیادی می‌تواند ناشی از نشت، شستگی یا مشکلات برای زه آب بر روی تالاب به وجود آورد. ازاین‌رو در طراحی سیستم‌های نگهداری در مراحل طراحی محل دفن‌هایی که در نزدیکی تالاب‌ها واقع می‌شوند، برای به حداقل رساندن احتمال تخلیه به تالاب به‌شدت باید دقت کرد و تمهیدات اندیشیده شده باید در گزارش ارزیابی آورده شود.

تأثیرات اجتناب‌ناپذیر

تمامی تأثیرات اجتناب‌ناپذیر باید به حداقل رسانده شوند یا روش‌هایی برای جبران آن‌ها در ارزیابی‌های اولیه در نظر گرفته شود تا مطمئن شویم که مساحت تالاب نسبت به میزان اولیه خود در اثر حضور محل دفن کاهش نمی‌یابد. یکی از روش‌هایی که برای جبران این اثر توصیه می‌شود گسترش حوضه تالاب در نقاط حاشیه‌ای باکیفیت پایین تالاب یا استفاده از جایگزین‌های اکولوژیکی تالاب است. به‌طورکلی وظیفه

[52] Wetland Evaluation Technique

[53] Habitat Evaluation Procedure

اندازه‌گیری اینکه چه درصدی از تالاب تحت تأثیر اثرات قرارگرفته است و باید در طرح گسترش حوضه تالاب قرار گیرد به عهده سازمان اراضی ایالتی[۵۴] است. همین‌طور یک سیستم برای کنترل اینکه نقاط گسترش‌یافته پیشنهادی پایدار باشند و در طول زمان دچار بازگشت نشوند باید پیش‌بینی گردد.

- **زیستگاه‌های بحرانی و یا مناطق تحت حفاظت محیط‌زیست[۵۵]**

زیستگاه‌های بحرانی مناطقی هستند که در آن‌گونه‌های حیوانی یا گیاهی در معرض انقراض وجود دارد و این زیستگاه‌ها نیز دارای قوانین خاصی باشند.

درصورتی‌که محل دفن پسماندهای شهری درجایی قرار گیرد که امکان وجود خطر برای گونه‌های در معرض انقراض به وجود بیاورد در این صورت ارزیابی‌هایی برای محافظت ازاین‌گونه‌ها باید انجام شود. درصورتی‌که محل دفنی در نزدیکی هرکدام از این مناطق بخواهد احداث شود باید اجازه‌نامه‌ای از اداره حفاظت از این مناطق کسب کند.

مناطق دارای گسل

در حالت کلی در صورتی مکان پیشنهادی برای محل دفن در نزدیکی یک گسل واقع شود و یا گسترش‌های جانبی یک محل دفن باعث نزدیک شدن آن به گسل شود، باید ارزیابی‌هایی دراین‌باره صورت گیرد که عبارت‌اند از :

- به‌طورکلی محل دفن باید ۶۰ متر از محل گسلی که دارای فعالیت است فاصله داشته باشد؛
- یک‌فاصله‌ی اضافه‌تر ۶۰ متری از محل گسل نیز باعث می‌شود که به تأسیسات محل دفن آسیبی نرسیده و سلامت انسان و محیط‌زیست نیز تأمین شود.

نزدیکی بیش‌ازاندازه به محل گسل‌ها باعث جابه‌جایی تأسیسات محل دفن و نیز آسیب به آن‌ها در زمان فعالیت‌های لرزه‌ای می‌شود. به‌علاوه، لرزش زمین باعث شکست شیب نیز می‌شود که برای تأسیسات محل دفن مضر است.

نواحی دارای تأثیرات لرزه‌ای

درصورتی‌که مکان پیشنهادی برای محل دفن جدید یا گسترش‌های حاشیه‌ای محل دفن‌های از پیش احداث‌شده در مناطقی با تأثیرات لرزه‌ای بالا احداث شود:

- در این منطقه باید حداکثر شتاب افقی که امکان دارد اتفاق بیفتد اندازه‌گیری شود؛

[54] Division of State Lands (DSL)

[55] Critical Habitat

- ارزیابی در رابطه با حوادث احتمالی که برحسب شرایط منطقه امکان دارد اتفاق بیفتد مانند نشست زمین انجام شود؛
- تمامی تأسیسات محل دفن از قبیل لاینر، سیستم جمع‌آوری شیرابه و... باید برای حالتی طراحی شوند که در مقابل حداکثر شتاب افقی منطقه مقاوم باشند.

تأثیر فعالیت‌های لرزه‌ای بر روی محل دفن

مطالعات نشان می‌دهند که فعالیت‌های لرزه‌ای بر روی سیستم لاینر، پوشش نهایی، سیستم زهکش و جمع‌آوری گاز تأثیر دارد. تغییرات محافظه‌کارانه‌ای که در طراحی محل دفن برای تطابق با شرایط لرزه‌ای می‌توان داد عبارت‌اند از:

- کم‌عمق کردن و کم کردن شیب جانبی پسماند؛
- طراحی محافظه‌کارانه پشته‌های جانبی و سیستم کنترل رواناب و سیستم جمع‌آوری شیرابه

- ***مناطق ناپایدار***

درصورتی‌که محل دفن پسماند در یک منطقه ناپایدار واقع شود، ارزیابی‌های مهندسی خاصی در طراحی های محل دفن باید انجام شود. پی بردن به این‌که سایت در منطقه ناپایدار واقع‌شده است یا نه، با استفاده از ارزیابی‌های پایداری سایت مشخص می‌شود.

مناطقی که دارای خاک ضعیفی برای اجرای پی هستند و میزان جابه‌جایی خاک در آن‌ها بالاست که عبارت‌اند از:

- مناطقی با خاک‌های قابل فشرده‌سازی
- خاک‌های باقابلیت نشست سریع مانند سیلت‌های اشباع
- خاک‌های باقابلیت جابه‌جایی درشیب مانند بهمن‌ها و مکان‌هایی که قابلیت لغزش در آن‌ها وجود دارد.

نمونه‌هایی از مناطقی که توسط انسان ناپایدار شده‌اند عبارت‌اند از:

- مکان‌هایی که شیب با برش یا اضافه کردن خاک کم‌وزیاد شده است و امکان لغزش در آن وجود دارد.
- مکان‌هایی که در آن‌ها سطح آب زیرزمینی به دلیل فرایندهای انسانی به‌سرعت کاهش پیداکرده است در این محل‌ها نیروی واردشده از طرف خاک کاهش پیدا می‌کند و خاک به‌اصطلاح پوک می‌شود و امکان نشست وجود دارد.

- قرار دادن یک محل دفن بسته بر روی محل دفع دیگر که امکان نشست سریع محل دفن وجود دارد.
- مناطقی که در آن‌ها احتمال برداشت بیش‌ازاندازه نفت و گاز و آب وجود دارد
- و سایر ساخت‌وسازها و فرایندهایی که باعث حرکت زمین یا و پوکی لایه‌های زیرین خاک گردد.

احداث محل دفن در مناطق ناپایدار منجر به مشکلات زیادی در بهره‌برداری و نگهداری آن می‌شود. دو نوع متداول از مشکلات به وجود آمده برای محل‌های دفن عبارت‌اند از:

- نشست زمین: نشست زمین حتی به میزان اندک باعث آسیب به سیستم جمع‌آوری شیرابه و لاینر می‌شود. این مسئله به‌خصوص در رابطه با لاینرهای رسی متراکم بسیار حائز اهمیت است.
- از دست دادن قدرت باربری به دلیل طراحی نشدن برای مناطق ناپایدار: این مشکل بیشتر در مناطقی به وجود می‌آیند که دارای خاک‌های مرطوب غیراشباع و خاک‌هایی باقابلیت فشرده‌سازی به وجود می‌آید. که این مشکل معمولاً در محل‌های دفنی به وجود می‌آید که حفاری برای احداث یک محل دفن جدید باعث کاهش فشردگی خاک در زیر محل دفن قبلی شده و خاک زیر پی دیگر تحمل کافی برای وزن محل دفن اولیه را نداشته است.

در طراحی محل دفن جدید یا گسترش جانبی محل دفن‌های قدیمی در مناطقی که احتمال ناپایدار بودن می‌رود باید یک ارزیابی اولیه برای پایداری انجام شود. این کار برای سایت‌های موجود که بنا به تغییراتی در محیط پیرامونی احتمال عدم پایداری در آن‌ها وجود دارد نیز باید انجام شود.

در این ارزیابی باید توانایی خاک را برای تحمل پی بررسی کرد. همین‌طور توانایی خاک‌ریزهای سایت و شیب آن‌ها برای ماندن در شرایط پایدار باید بررسی شود. در طراحی‌های جدید نیز باید معیارهای بالا در طراحی برای محل دفن در نظر گرفته شود تا از هرگونه آسیب‌های سازه‌ای مربوط به عدم پایداری جلوگیری شود.

- ***محیط‌های هیدرولوژیکی حساس***

سازمان حفاظت از محیط‌زیست امریکا اجازه احداث محل دفن را در محیط‌های حساس هیدروژئولوژیکی نمی‌دهد. ضوابط RCRA ذکر کرده است که در سایر محل‌ها نیز باید طراحی محل دفن به‌گونه‌ای باشد که آب زیرزمینی به‌هیچ‌عنوان آلوده نشود.

٤-٢-٣-٢- سازمان حفاظت از محیط‌زیست استرالیا[۵۶]

- **فرودگاه‌ها**

سازمان حفاظت از محیط‌زیست استرالیا صرفاً فواصل مجازی را برای فرودگاه‌های مختلف در نظر گرفته است که عبارت‌اند از ۱۵۰۰ متر (۱٫۵کیلومتر) برای هواپیماهای پیستونی و ۳۰۰۰ متر (۳ کیلومتر) برای هواپیماهای توربوجت.

- ***دشت‌های سیلابی***

طبق قوانین سازمان محیط‌زیست استرالیا محل‌های دفن نباید در مرز ۱٪ بیشتر از حداکثر سیلاب سالیانه قرار بگیرد.

- ***تالاب‌ها***

این سازمان در رابطه با تالاب‌ها عنوان کرده‌است که به دلیل اینکه دفن پسماندها در نزدیکی تالاب‌ها احتمال زیادی برای آلودگی آب تالاب به همراه دارد، درنتیجه محل دفن در نزدیکی تالاب‌ها (فاصله‌ای که با توجه به منطقه احتمال آلودگی آب تالاب وجود دارد) به‌ویژه تالاب‌های پرارزش از قبیل تالاب‌های بین‌المللی نباید قرار گیرد.

- **زیستگاه‌های بحرانی و یا مناطق تحت حفاظت محیط‌زیست**

اجازه احداث محل دفن در فاصله‌ای از محل دفن که امکان تأثیر بر روی زیستگاه‌های بحرانی دارد را نمی دهد که این فاصله باید از ارزیابی‌های نسبت به زیستگاه همان منطقه به دست آید.

- ***مناطق دارای گسل***

فاصله در نظر گرفته‌شده برای گسل‌ها طبق قوانین استرالیا ۱۰۰ متر از ناحیه گسل برای حفظ امنیت محل دفن است.

- ***نواحی دارای تأثیرات لرزه‌ای***

فاصله در نظر گرفته‌شده برای مناطق حساس لرزه‌ای طبق قوانین استرالیا ۱۰۰ متر برای حفظ امنیت محل دفن است.

- ***محیط‌های هیدرولوژیکی حساس***

[56] EPA Victoria

بر طبق قوانین این کشور هیچ‌گونه محل دفنی در نزدیک‌ترین نقطه‌ای که امکان تأثیر بر روی این محیط‌ها را داشته باشد نباید به وجود بیاید.

٤-٢-٣-٣- وزارت آب و جنگل‌داری آفریقای جنوبی[٥٧]

- **فرودگاه‌ها**

وزارت آب و جنگل‌داری آفریقای جنوبی فاصله مجاز برای در ساخت محل دفن در نزدیکی فرودگاه‌ها را به‌طورکلی ۳۰۰۰ متر از باند فرودگاه به‌علاوه ۵۰۰ متر از محدوده فرودگاه اعلام کرده است.

- ***دشت‌های سیلابی***

آفریقای جنوبی در این زمینه ضوابطی مشابه سازمان محیط‌زیست امریکا دارد.

- ***تالاب‌ها***

قوانین در نظر گرفته‌شده برای تالاب به این صورت است که در محدوده ۱۰۰ سال اخیر تالاب، امکان احداث محل دفن وجود ندارد. علاوه بر آن در خارج از این منطقه نیز حتماً باید ارزیابی‌هایی برای اطمینان از آلوده نشدن آب تالاب صورت گیرد.

- ***نواحی دارای تأثیرات لرزه‌ای***

طبق قوانین این سازمان در نواحی دارای تأثیرات لرزه‌ای باید ارزیابی‌هایی دقیقی از شدت لرزه‌خیزی منطقه به‌عمل‌آمده و در صورت نیاز به احداث محل دفن در این مناطق طراحی خاصی برای جلوگیری از آسیب به محل دفن باید انجام شود.

- ***مناطق ناپایدار***

طبق ضوابط این دستورالعمل، در نواحی دارای تأثیرات لرزه‌ای باید ارزیابی‌هایی دقیقی از شدت لرزه‌خیزی منطقه به‌عمل‌آمده و در صورت نیاز به احداث محل دفن در این مناطق، طراحی خاصی برای محل دفن برای جلوگیری از آسیب بدان باید اعمال شود.

- ***محیط‌های هیدرولوژیکی حساس***

[57] Department of Water Affairs and Forestry Republic of South Africa

به‌طورکلی این ضوابط ذکر کرده است که بهتر است محل دفن در مناطق حساس هیدروژئولوژیکی نباشد؛ اما در صورت نیاز باید طراحی ویژه‌ای برای محل دفن در نظر گرفته شود و ارزیابی‌های صورت گرفته نشان دهند که این محل دفن برای محیط بی‌خطر است.

٤-٢-٣-٤- بانک جهانی[58]

- **فرودگاه‌ها**

بانک جهانی نیز در خصوص فواصل مجاز برای فرودگاه‌ها فاصله ۳ کیلومتر را برای فرودگاه‌های دارای هواپیماهای جت دار و۱/۶ کیلومتر را برای فرودگاه‌های با هواپیماهای پیستونی در نظر گرفته است.

- ***دشت‌های سیلابی***

بانک جهانی در این رابطه عنوان کرده است که هیچ محل دفنی در ناحیه حداکثر سیلاب ۱۰ ساله نباید باشد و درصورتی‌که مکان محل دفن در ناحیه حداکثر سیلاب ۱۰۰ ساله بخواهد باشد باید طوری طراحی شود که پتانسیل شستگی در آن وجود نداشته نباشد.

- ***تالاب‌ها***

این سازمان در رابطه با تالاب‌ها عنوان کرده‌است که به دلیل اینکه دفن پسماندها در نزدیکی تالاب‌ها احتمال زیادی برای آلودگی آب تالاب به همراه دارد، درنتیجه محل دفن در نزدیکی تالاب‌ها (فاصله‌ای که با توجه به منطقه احتمال آلودگی آب تالاب وجود دارد) به‌ویژه تالاب‌های پرارزش از قبیل تالاب‌های بین‌المللی نباید قرار گیرد.

- ***زیستگاه‌های بحرانی و یا مناطق تحت حفاظت محیط‌زیست***

اجازه احداث محل دفن در فاصله‌ای از محل دفن که امکان تأثیر بر روی زیستگاه‌های بحرانی دارد را نمی دهد که این فاصله باید از ارزیابی‌های نسبت به زیستگاه همان منطقه به دست آید.

- ***مناطق دارای گسل***

بانک جهانی در این مورد عنوان می‌کند که حداقل فاصله‌ای که باید رعایت شود برای گسل‌ها ۵۰۰ متر است. در غیر این صورت امکان بروز مشکل در سیستم جمع‌آوری شیرابه و گاز وجود دارد.

- ***نواحی دارای تأثیرات لرزه‌ای***

[58] World bank

بر اساس راهنمای بانک جهانی حتی‌المقدور هیچ محل دفنی در نزدیکی نواحی با تأثیرات لرزه‌ای بالا نباید احداث شود. درصورتی‌که نیاز به احداث محل دفن وجود داشته باشد باید ارزیابی‌هایی برای میزان لرزه‌خیزی انجام‌شده و طراحی‌ها طبق آن انجام گیرد. همین‌طور میزان شیب جانبی را باید بیش‌تر از ۴۰ درصد در نظر گرفته شود.

- ***محیط‌های هیدرولوژیکی حساس***

بر طبق دستورالعمل‌های این مؤسسه، هیچ‌گونه محل دفنی در نزدیک‌ترین نقطه‌ای که امکان تأثیر بر روی این نواحی را داشته باشد نباید به وجود بیاید.

٤-۲-۳-۵- سازمان محیط‌زیست جمهوری بوتسوانا[۵۹]

- **فرودگاه‌ها**

جمهوری بوتسوانا فاصله مجاز برای محل‌های دفن را ۱۰۰۰ متر از محدوده فرودگاه در نظر گرفته است.

- ***دشت‌های سیلابی***

طبق قوانین سازمان محیط‌زیست بوتسوانا محل دفن باید حدوداً به فاصله ۱۰۰ متری از مسیر سیلاب ۵۰ ساله واقع شود.

- ***تالاب‌ها***

قوانین در نظر گرفته‌شده برای تالاب به این صورت است در ۱۰۰ متر فاصله از محدوده ۵۰ سال اخیر تالاب امکان احداث محل دفن وجود ندارد و علاوه بر آن در خارج از این منطقه نیز حتماً باید ارزیابی‌هایی برای اطمینان از آلوده نشدن آب تالاب صورت گیرد.

- ***زیستگاه‌های بحرانی و یا مناطق تحت حفاظت محیط‌زیست***

اجازه احداث محل دفن در فاصله‌ای از محل دفن که امکان تأثیر بر روی زیستگاه‌های بحرانی دارد را نمی دهد که این فاصله باید از ارزیابی‌های نسبت به زیستگاه همان منطقه به دست آید.

- ***مناطق دارای گسل***

قوانین جمهوری بوتسوانا بدون ذکر یک محدودیت عددی، عنوان می‌کند که هیچ محل دفنی در مناطق دارای گسل نباید احداث شود.

[59] REPUBLIC OF BOTSWANA EPA

- ***مناطق ناپایدار***

این دستورالعمل عنوان می‌کند که هیچ محل دفنی در کم‌ترین فاصله‌ای از مناطق ناپایدار که امکان آسیب به محل دفن در آن فواصل وجود دارد نباید احداث شود.

- ***محیط‌های هیدرولوژیکی حساس***

بر طبق قوانین این کشور هیچ‌گونه محل دفنی در نزدیک‌ترین نقطه‌ای که امکان تأثیر بر روی این نواحی را داشته باشند نباید به وجود بیاید.

٤-٢-٣-٦- سازمان حفاظت از محیط‌زیست کانادا[60]

- **فرودگاه‌ها**

طبق قانون کشور کانادا فاصله‌ی محل دفن پسماند از فرودگاه نباید از ۸ کیلومتر کمتر باشد. ازاین‌رو از ایجاد خطرات احتمالی به هنگام برخاستن و فرود آمدن هواپیما جلوگیری می‌شود. با کنترل پرندگان می‌توانیم حداقل فاصله جداسازی را تا ۳,۲ کیلومتر کاهش دهیم.

- ***دشت‌های سیلابی***

بر اساس آیین‌نامه‌های این سازمان محل دفن در نزدیکی دشت‌های سیلابی نباید واقع‌شده باشد و در صورت نیاز به اجرا حداقل فاصله مجاز به دست آمده توسط نظر کارشناسان باید رعایت شود.

- ***زیستگاه‌های بحرانی و یا مناطق تحت حفاظت محیط‌زیست***

بر اساس آیین‌نامه سازمان حفاظت از محیط‌زیست کانادا فاصله مجاز از مناطق حفظت شده زیست‌محیطی و آثار تاریخی باید حداقل به میزان ۱۰۰ متر باشد.

- ***مناطق ناپایدار***

این دستورالعمل عنوان می‌کند که هیچ محل دفن پسماند نباید در فاصله ۱۰۰ متری مناطق ناپایدار زمین‌شناسی قرار داشته باشد.

- ***محیط‌های هیدرولوژیکی حساس***

[60] British Columbia BC ministiryvof environment

محدوده‌ی محل دفن پسماند باید حداقل ۳۰۰متر از محل تأمین آب مثل مخازن ذخیره آب و ۵۰۰ متر از چاه‌های تأمین آب ظرفیتی فاصله داشته باشد. محل دفن پسماند نباید بیشتر از ۱۰۰ متر از سطح دریا واقع شود. همین‌طور محدوده‌ی محل دفن پسماند باید در فاصله ۱ کیلومتری آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی که برای مصارفی ازجمله (نوشیدن ، آبزیان ، آبیاری دام و غیره) است قرار گیرد.

- **مناطق با کاربری‌های مختلف مسکونی تجاری و جاده‌های دسترسی**

محدوده زمین مورداستفاده برای دفن پسماند نباید در فاصله کمتر از ۵۰۰ متر از کاربری‌های حساس موجود یا برنامه‌ریزی‌شده برای ساخت باشد.
سایر کشورها که در این بخش از آن‌ها نام‌برده نشده است قوانینی تحت عنوان یک‌فاصله مشخص نداشته‌اند و وصرفا انتخاب فاصله مجاز را منوط به نظر کارشناسان مربوطه با توجه به وضعیت موجود گذاشته‌اند.

٤-۲-۳-۷- انجمن بین‌المللی پسماند[۶۱]

- **فرودگاه‌ها**

در صورت وجود فرودگاه در مجاورت محل دفن ایجاد مسافت‌های بیشتری با محل دفن پسماند(خطر احتمالی اصابت پرنده به هواپیما) توصیه می‌شود. بسته به مسیر پرواز فرودگاه مسافت بیش از چند کیلومتر توصیه می‌شود. که مقدار این فاصله بهتر است بنا به نظر کارشناسان معین شود.

- ***دشت‌های سیلابی***

اگر سایتی در معرض خطر جاری شدن سیل و فرونشست قرار گیرند در دسته‌ی سایت‌های نامناسب طبقه‌بندی می‌شود. اطلاعات مربوط به این خطرات را می‌توان از طریق مصاحبه با مقامات منطقه یا ساکنان محلی به دست آورد.

- ***نواحی دارای تأثیرات لرزه‌ای***

اگر سایتی در معرض خطر زمین‌لرزه قرار گیرد در دسته‌ی سایت‌های نامناسب طبقه‌بندی می‌شود. اطلاعات مربوط به این خطرات را می‌توان از طریق مصاحبه با مقامات منطقه یا ساکنان محلی و با به دست آوردن سوابق لرزه‌ای به دست آورد.

- ***محیط‌های هیدرولوژیکی حساس***

[61] International solid waste association

محل‌های دفن پسماند نباید در مجاورت آبراه‌ها و حوضه‌های آبی قرار داشته باشد. حداقل فاصله ۵۰۰ متر باید فراهم شود. به‌منظور ارزیابی مناسب بودن سایت برای محل دفن پسماند ، اطلاعات جامع در مورد بهره‌برداری فعلی و آینده از آب‌های زیرزمینی یا حوضه‌های آبی مجاور لازم است. به‌عنوان‌مثال اگر از حوضه‌های آبی هم‌جوار محل دفن پسماند به‌عنوان آب آشامیدنی استفاده شود یا منبع احتمالی آب آشامیدنی در آینده باشد این سایت به دلیل خطر آلودگی آب‌های زیرزمینی مرتبط با بهره‌برداری از محل دفن پسماند به‌عنوان محل نامناسب تلقی می‌شود.

- **مناطق با کاربری‌های مختلف مسکونی تجاری و جاده‌های دسترسی**

محل‌های دفن پسماند نباید در مجاورت ساختمان‌های مسکونی قرار داشته باشد. حداقل فاصله ۵۰۰ متر باید فراهم شود. ازآنجاکه شهرک‌ها در مناطق گرمسیری بسیار سریع گسترش می‌یابند باید هنگام انتخاب محل دفن پسماند ، تحولات شهری و کاربرد آینده زمین پیش‌بینی شود. علاوه بر نیاز به منطقه حائل بین مناطق مسکونی و محل دفن پسماند ، مسافت نباید خیلی زیاد باشد زیرا هزینه حمل‌ونقل پسماند بافاصله تقریباً خطی افزایش می‌یابد. بنابراین سایت‌ها باید در خارج از مناطق مسکونی فعلی و آینده قرار بگیرند اما به‌اندازه کافی نزدیک باشند تا هزینه حمل‌ونقل کمتر شود. در حوالی محل دفن پسماند باید یک منطقه به‌اصطلاح بافر یا حائل برای تفکیک محل دفن پسماند از منطقه مسکونی وجود داشته باشد. این منطقه بافر باید از انتقال حشرات موذی به منطقه مسکونی جلوگیری کند گردوغبار پراکنده رانده‌شده توسط تجهیزات دفن پسماند و وسایل جمع‌آوری پسماند را جذب کند و از سروصدای و مزاحمت‌های بوی عملکرد دفن پسماند بکاهد.

٤-۲-۳-۸- ایرلند

- **فرودگاه‌ها**

پرندگان عنصر نامطلوبی هستند و یک عامل ناگوار محسوب می‌شوند آن‌ها می‌توانند عوامل بیماری‌زا، پسماند و ضایعات را به مناطق نزدیک و مجاور انتقال دهند. همچنین برای هواپیماها خطرناک محسوب می‌شود.

عملیات دفن پسماند همگی باید در جهت کاهش جذابیت پسماندهای مدفون برای پرندگان باشد. این امر عمدتاً شامل کاهش مواد غذایی توسط:

- پوشش مکرر پسماند
- درون کیسه قرار دادن پسماندهای غذایی

- از بین بردن پذیرش پسماندهایی که منابع غذایی پرندگان هستند.
- استفاده از موانع جسمی مانند توری

تیراندازی به پرندگان باید آخرین راه‌حل باشد و به‌طورکلی نامطلوب است. فعالیت افراد شاغل در شلیک پرندگان باید به‌طور مؤثر تحت نظارت قرار گیرد. بعضی از پرندگان ساکن در محل‌های دفن پسماند گونه‌های محافظت‌شده‌ای هستند و این محافظت باید در همه زمان‌ها رعایت شود. مؤثرترین روش برطرف کردن خطر پرندگان، پوشش مناسب همه پسماندها در سریع‌ترین زمان ممکن است.

- **مناطق با کاربری‌های مختلف مسکونی تجاری و جاده‌های دسترسی**

ترافیک در همه محل‌های دفن پسماند اجتناب‌ناپذیر است و می‌تواند در مکان‌هایی که توسط جاده‌های فرعی از آن‌ها استفاده می‌شود به یک مشکل اساسی تبدیل شود. تغییرات جزئی در مکان‌های موجود ممکن است برای کاهش تأثیر ممکن باشد. اما در شرایط خاص حتی تغییرات کوچک نیز به میزان چشمگیری اثر ترافیک را کاهش می‌دهد.

غالباً سایت‌ها می‌توانند از مسیرهای جایگزین استفاده کنند. به کمک این روش می‌توان ترافیک را در مناطق حساس به‌طور دائم یا در زمان‌های خاص (به‌عنوان‌مثال ممکن است ساعت‌های باز شدن و تعطیلی مدرسه) به طرز قابل‌توجهی کاهش داد. اصلی‌ترین روش دستیابی به این امر توسط اپراتور است که دستورالعمل‌های دقیق را برای کسانی که پسماندها را به سایت تحویل می‌دهند صادر می‌کند.

جدول ۴-۲- خلاصه دستورالعمل‌های بررسی‌شده در زمینه ضوابط مکان‌یابی محل دفن پسماند

معیار	دستورالعمل‌های بررسی‌شده				
	USEPA	بانک جهانی	استرالیا	آفریقای جنوبی	بوتسوانا
فاصله از فرودگاه	در فاصله ۸ کیلومتری از فرودگاه باید به فرودگاه و اداره هوانوردی فدرال اطلاع داده شود. درصورتی‌که محل‌دفن در فاصله ۳ کیلومتری فرودگاه‌هایی با هواپیماهای توربوجت یا در فاصله ۱/۵ کیلومتری فرودگاه‌هایی با هواپیماهای پیستونی باشد، باید به‌گونه‌ای طراحی و بهره‌برداری شود که ثابت کند فرودگاه در معرض خطر پرندگان نیست.	حداقل فاصله ۳ کیلومتر برای فرودگاه‌های با هواپیماهای توربوجت و ۱/۶ کیلومتر برای فرودگاه‌های با هواپیماهای پیستونی	حداقل فاصله ۳ کیلومتر برای فرودگاه‌های با هواپیماهای توربوجت و ۱/۵ کیلومتر برای فرودگاه‌های با هواپیماهای پیستونی	حداقل فاصله ۳۰۰۰ متر از باند فرودگاه به‌علاوه ۵۰۰ متر از محدوده فرودگاه	حداقل فاصله ۱۰۰۰ متر از محدوده فرودگاه
دشت‌های سیلابی	ممنوعیت جانمایی محل‌دفن جدید یا محدوده‌ی توسعه‌ی محل‌دفن قدیمی در مسیر جریان سیلاب در ۱۰۰ سال گذشته	در ناحیه حداکثر سیلاب ۱۰ ساله نباشد و درصورتی‌که در ناحیه حداکثر سیلاب ۱۰۰ ساله باشد باید طوری طراحی شود که پتانسیل شستگی نداشته باشد.	محل‌های دفن نباید در مرز ۱٪ بیشتر از حداکثر سیلاب سالیانه قرار بگیرد.	ممنوعیت جانمایی محل‌دفن در مسیر جریان سیلاب در ۱۰۰ سال گذشته	محل‌دفن باید حدوداً به فاصله ۱۰۰ متری از مسیر سیلاب ۵۰ ساله واقع شود.
تالاب‌ها	در صورتی‌که محل‌دفن در منقطه تالابی قرارگرفته باشد، باید نشان داده شود حضور محل‌دفن در آن منطقه موجب تغییر زیست‌بوم تالاب و اثرات زیست‌محیطی شدید بر روی آن نمی‌شود.	محل‌دفن در نزدیکی تالاب‌ها (فاصله‌ای که با توجه به منطقه، احتمال آلودگی آب تالاب وجود دارد) به‌ویژه تالاب‌های پرارزش از قبیل تالاب‌های بین‌المللی نباید قرار گیرد.	محل‌دفن در نزدیکی تالاب‌ها (فاصله‌ای که با توجه به منطقه، احتمال آلودگی آب تالاب وجود دارد) به‌ویژه تالاب‌های پرارزش از قبیل تالاب‌های بین‌المللی نباید قرار گیرد.	در محدوده ۱۰۰ سال اخیر تالاب امکان احداث محل‌دفن وجود ندارد. در خارج از این منطقه نیز حتماً باید ارزیابی برای اطمینان از آلوده نشدن آب تالاب صورت گیرد.	در فاصله ۱۰۰ متری از محدوده ۵۰ سال اخیر تالاب امکان احداث محل‌دفن وجود ندارد. در خارج از این منطقه نیز حتماً باید ارزیابی برای اطمینان از آلوده نشدن آب تالاب صورت گیرد.
زیستگاه‌های بحرانی و مناطق حفاظت‌شده	در صورتی‌که محل‌دفن پسماندهای شهری در جایی قرار گیرد که امکان بروز خطر برای گونه‌های در معرض انقراض به وجود بیاورد، ارزیابی‌هایی برای محافظت از این‌گونه‌ها باید انجام و نتایج آن در طراحی لحاظ شود.		احداث محل‌دفن در فاصله‌ای که امکان تأثیر بر روی زیستگاه‌های بحرانی دارد ممنوع است. این فاصله باید با ارزیابی زیستگاه‌های همان منطقه به دست آید.	احداث محل‌دفن در فاصله‌ای که امکان تأثیر بر روی زیستگاه‌های بحرانی دارد ممنوع است. این فاصله باید با ارزیابی زیستگاه‌های همان منطقه به دست آید.	احداث محل‌دفن در فاصله‌ای که امکان تأثیر بر روی زیستگاه‌های بحرانی دارد ممنوع است. این فاصله باید با ارزیابی زیستگاه‌های همان منطقه به دست آید.

معیار	دستورالعمل‌های بررسی‌شده		
	ایرلند	کانادا	انجمن بین‌المللی پسماند
فاصله از فرودگاه	فاصله مجاز بنا به نظر کارشناس باید تامین گردد و محل دفن بهتر است در نزدیکی فرودگاه نباشد	در حالت عادی نباید کمتر از ۸ کیلومتر باشد در صورت کنترل پرنده حد اقل فاصله مجاز ۳,۲ کیلومتر می‌تواند باشد	در حالت کلی بهتر است محل دفن در نزدیکی فرودگاه نباشد ودر صورت نیاز فاصله چند کیلومتری بنا به نظر کارشناس باید تامین گردد
دشت‌های سیلابی		در صورت امکان نباید در نزدیکی چنین محل هایی باشد ودر صورت نیاز فاصله مجاز بنا به نظر کارشناسان باید تامین شود	سایت محل دفن نباید در نزدیکی چنین محل هایی باشد
تالاب‌ها			
زیستگاه‌های بحرانی و مناطق حفاظت‌شده		حداقل فاصله تا مناطق حفاظت شده و اثار تاریخی ۱۰۰ متر است	

معیار	دستورالعمل‌های بررسی‌شده				
	USEPA	بانک جهانی	استرالیا	آفریقای جنوبی	بوتسوانا
فاصله از گسل	محل‌دفن باید حداقل ۶۰ و ترجیحا ۱۲۰ متر از محل گسل فعال فاصله داشته باشد.	محل‌دفن باید حداقل ۵۰۰ متر از محل گسل فعال فاصله داشته باشد.	محل‌دفن باید حداقل ۱۰۰ متر از محل گسل فعال فاصله داشته باشد.		هیچ محل‌دفنی در مناطق دارای گسل نباید احداث شود.
مناطق ناپایدار	درصورتی‌که محل‌دفن پسماند در یک منطقه ناپایدار واقع شود، ارزیابی‌های مهندسی ویژه‌ای در طراحی محل‌دفن باید انجام شود.				هیچ محل‌دفنی در نزدیک‌ترین فاصله از مناطق ناپایدار که امکان آسیب به محل‌دفن در آن‌ها وجود دارد نباید احداث شود.
محیط‌های هیدروژئولوژیکی حساس	اجازه احداث محل‌دفن در محیط‌های حساس هیدروژئولوژیکی وجود ندارد. در سایر محل‌ها نیز باید طراحی محل‌دفن به‌گونه‌ای باشد که آب زیرزمینی به‌هیچ‌عنوان آلوده نشود.	هیچ محل‌دفنی در نزدیک‌ترین فاصله‌ای که امکان تأثیر بر روی این نواحی را داشته باشد نباید احداث شود.	هیچ محل‌دفنی در نزدیک‌ترین فاصله‌ای که امکان تأثیر بر روی این نواحی را داشته باشد نباید احداث شود.	بهتر است محل‌دفن در مناطق حساس هیدرولوژئوژیکی نباشد. در صورت نیاز باید طراحی ویژه‌ای برای محل‌دفن در نظر گرفته شود و ارزیابی‌ها بیان‌گر بی‌خطر بودن محل دفن برای محیط باشند.	هیچ محل‌دفنی در نزدیک‌ترین فاصله‌ای که امکان تأثیر بر روی این نواحی را داشته باشد نباید احداث شود.
مناطق با تاثیرات لرزه ای	فاصله مجاز بنا به نظر کارشناس وبا انجام طراحی های ویژه	با نظر کارشناس وطراحی های ویژه برای محل دفن	فاصله در نظر گرفته‌شده برای مناطق حساس لرزه‌ای طبق قوانین استرالیا ۱۰۰ متر برای حفظ امنیت محل‌دفن است.	با نظر کارشناس وطراحی های ویژه برای محل دفن	قوانین جمهوری بوتسوانا نیز عنوان می‌کند که هیچ محل‌دفنی در مناطق دارای گسل نباید احداث شود.
مسکونی وجاده های دسترسی					

معیار	دستورالعمل‌های بررسی‌شده		
	ایرلند	کانادا	انجمن بین‌المللی پسماند
فاصله از گسل			
مناطق ناپایدار		محل دفن در صورت امکان نباید در نزدیکی مناطق ناپایدار باشد و در صورت لزوم حد اقل فاصله ۱۰۰ متر میباشد	
محیط‌های هیدروژئولوژیکی حساس		محدوده‌ی محل دفن پسماند باید حداقل ۳۰۰متر از محل تامین آب مثل مخازن ذخیره آب و ۵۰۰ متر از چاه‌های تامین آب ظرفیتی فاصله داشته باشد. محل دفن پسماند نباید بیشتر از ۱۰۰ متر از سطح دریا واقع شود. همین طور محدوده‌ی محل دفن پسماند باید در فاصله ۱ کیلومتری آبهای زیرزمینی و آبهای سطحی	محل های دفن پسماند نباید در مجاورت آبراه ها و حوضه های آبی قرار داشته باشد. حداقل فاصله ۵۰۰ متر باید فراهم شود. و در صورت تشخیص خطر الودگی منابع اب توسط کارناس اجازه ساخت محل دفن در نزدیکی این مکان ها وجود ندارد
مناطق با تاثیرات لرزه ای			هیچ محل دفنی نباید در نزدیکی منطق با تاثیرا تلرزه ای قرار داشته باشد
مسکونی وجاده های دسترسی		محدوده زمین مورد استفاده برای دفن پسماند نباید در فاصله کمتر از ۵۰۰ متر از کاربریهای حساس موجود یا برنامه ریزی شده برای ساخت باشد.	محل دفن نباید در کنار مناطق مسکونی قرار داشته باشد و حد اقل فاصله ۵۰۰ متر باید رعایت شود

٤-٣- بازنگری ضوابط زیست‌محیطی محل‌های دفن پسماند ویژه (خطرناک)

محل مرکز دفن می‌بایست از یک سو با معیارهای طراحی ژئوتکنیکی و مکانی مطابقت داشته و از سوی دیگر مورد پذیرش عموم باشد. در صورتی که بیش از یک تولید کنندهٔ پسماند وجود داشته باشد (مشابه محل دفن پسماندهای ویژه) قبل از انتخاب محل دفن بایستی در رابطه با شعاع جستجو و مرکز منطقهٔ جستجو بحث کرد. همچنین بایستی شهروندان در جریان فرآیند کار و تصمیمات اتخاذ شده قرار بگیرند. پروسهٔ انتخاب محل دفن پیچیده بوده و در بر گیرندهٔ سه مسئلهٔ اصلی است که عبارتند از: جمع‌آوری داده‌ها، معیارهای انتخاب و ارزیابی مقدماتی واکنش عمومی. مکانیابی محل دفن بایستی بین به حداقل رساندن فاصلهٔ حمل پسماند (که بر اقتصادی بودن دفن تأثیر زیادی دارد)، و حداکثر کردن فاصله از نقاط حساس و نامطلوب برای دفن پسماند تعادل برقرار کند. این بخش از گزارش به مطالعهٔ معیارهای مکانیابی محل دفن پسماندهای خطرناک در استانداردهای ملی و بین‌المللی و سپس جمع‌بندی معیارها اختصاص دارد. در ابتدا کلیاتی که در مورد پسماندهای ویژه در راهنماهای مختلف به آن‌ها پرداخته شده بیان شده‌اند و سپس ضوابط راهنماهای موجود بررسی شده‌اند.

٤-٣-١- معیارهای مورد توجه در راهنماهای مختلف

به‌طورکلی باید به این نکته توجه داشت که پسماندهای ویژه را در هرجایی نمی‌توان نگهداری کرد. در بسیاری از کشورها وجود ناسازگاری‌ها در طراحی محل دفن برای پسماندهای ویژه (خطرناک)، ابهام در تشخیص این پسماندها و کنترل نامناسب بر نحوه دفن آن‌ها موجب به وجود آمدن مشکلات فراوانی برای محیط‌زیست شده است و همین امر موجب شده که توجه‌های بسیاری به این حوزه جلب شود. برخی از معیارهای کلی که در راهنماهای مختلف موجود در این زمینه به آن‌ها پرداخته شده است عبارتند از:

٤-٣-١-١- پارک‌ها و مناطق حفاظت‌شده حیات‌وحش

قوانین سازمان محیط‌زیست کانادا عنوان کرده است که باید مدت‌زمان طولانی کافی برای گردش آلودگی از یک مرکز دفن پسماند مهندسی خطرناک تا نزدیک‌ترین مرز هر یک از مناطق زیر وجود داشته باشد:

- پارک‌های ملی ، استانی ، منطقه‌ای یا ایالتی
- مدیریت حیات‌وحش یا مناطق حفاظت‌شده‌ای که توسط حوزه‌های قضایی تعیین‌شده‌اند
- منطقه حیات‌وحش یا پناهگاه‌های حیات‌وحش که توسط حوزه‌های قضایی تعیین‌شده‌اند
- ذخایر زیست‌محیطی ، مناطقی که از آن به‌عنوان مناطق علمی یا تفریحی استفاده می‌کنند و یا مناطق حساس محیط‌زیست که توسط حوزه‌های قضایی تعیین‌شده‌اند
- پناهگاه‌های پرندگان که توسط حوزه‌های مرجع قضایی تعیین‌شده و یا طبق قانون قرارداد پرندگان مهاجر (کانادا) در آن سکونت دارند.

٤-٣-١-٢- جلوگیری از تشکیل بیش‌ازحد شیرابه

میزان بارش در محل دفن مهندسی پسماندهای خطرناک نباید زیاد باشد. مکان‌های نامطلوب شامل موارد زیر است: (اما باید توجه داشت که این مناطق محدود به مناطق ذکرشده نمی‌گردد و این امکان وجود دارد که یک مکان علاوه بر مکان‌های ذکرشده بنا به نظر کارشناس مکان‌یابی بعد از بازدیدهای میدانی مناسب برای محل دفن نباشند)

- مناطقی که میانگین بارندگی در هرماه بیشتر از ظرفیت تبخیر و تعرق و ذخیره آب‌های زیرزمینی است (مگر اینکه تأثیر بارندگی در ماه‌های پر بارش کنترل شود به‌طوری‌که عملکرد محل دفن طوری برنامه‌ریزی شود که در بارش‌های شدید دچار مشکل نگردد)
- مناطقی که میانگین بارندگی سالانه آن بیشتر از میانگین تبخیر و تعرق سالانه محل دفن بعد از بستن سطح محل دفن است.

٤-٣-١-٣- پیشگیری از آلودگی در مناطق پرجمعیت و عمومی

مکان دفن پسماند نباید در نزدیکی مناطق پرجمعیت یا عمومی قرار داشته باشد. باید فاصله‌ای بین محل دفن پسماند خطرناک و مناطق پرجمعیت وجود داشته باشد که آن‌ها را از یکدیگر جدا کند و همچنین زمان عبور آب‌های سطحی و زیرزمینی را در نظر داشته باشد. شهرداری و حوضه‌های مراجع قضایی نیز ممکن است معیارهای عددی خاصی برای مسافت‌های جدایی داشته باشند و باید در مورد الزامات خاص آن‌ها مشورت شود. مکان‌های نامطلوب شامل موارد زیر است (اما محدود به این موارد نیست):

- مناطقی که از محل سکونتی که در وضعیت انتشارهای شدید سمی ممکن است در معرض خطر بالایی باشند فاصله معقولی نداشته باشند.
- مناطقی که فاصله معقولی از یک جاده عمومی ندارند و زهکشی کنار جاده رسیدن شیرابه به سمت آب‌های سطحی می‌شود.
- مکان شهری مشخص مانند مدرسه

٤-٣-١-٤- جلوگیری از انتشار تصادفی آلاینده‌ها

مکان‌یابی محل دفن باید به‌گونه‌ای باشد که فاصله مناسبی بین محل دفن تا مناطق حساس یا هر منبع آب زیرزمینی و یا سطحی وجود داشته باشد که در صورت بروز مشکل از قبیل نشت و یا هر مشکل دیگری خطری برای این مناطق حساس به وجود نیاید. مکان‌های نامطلوب شامل موارد زیر است (توجه شود که مکان‌های نامطلوب صرفاً مکان‌های نام‌برده نیستند و در موارد خاص بنا به نظر کارشناسان که برسی محیطی را انجام داده‌اند می‌تواند مکان‌های دیگری نیز به‌عنوان مناطق نامحدود معرفی گردد) :

- مناطق در نزدیکی اراضی قرار دارد که به دلایلی به‌تازگی و موقت دچار افت ارتفاع آب زیرزمینی شده‌اند.
- مناطقی که در نزدیکی زمین‌هایی با ویژگی‌های فرسایشی فعال مانند پرتگاه‌ها یا سرازیری کنار رودخانه‌ها تپه‌ها و غیره قرار دارند.
- مناطقی که در نزدیکی زمین‌هایی با ویژگی‌های ژئوتکنیکی فعال یا گودال‌های فرورفته قرار دارند
- مناطقی که در نزدیکی گسل که فعالیت ژئوتکنیکی قابل‌توجهی داشته است قرار دارد
- مناطق نزدیک به ویژگی‌های زمین‌شناسی و ویژگی‌های جریان آب زیرزمینی نسبتاً بالا
- مناطق دارای منبع آب آسیب‌پذیر ازجمله اماکن مناطق محافظت‌شده، آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی، مناطق محافظت‌شده از آب‌های سطحی ، سفره‌های آب بسیار آسیب‌پذیر ، محافظت‌شده از چاه و منابع آب زیرزمینی و آب‌های سطحی که برای تأمین آب آینده مشخص‌شده‌اند.

٤-٣-١-٥- رودخانه‌ها و مناطق آبرفتی

به دلیل خطر آلودگی آب رودخانه‌ها و مناطق آبرفتی، سازمان حفاظت از محیط‌زیست امریکا ذکر کرده است که علاوه بر ضوابط ذکرشده برای محل دفن پسماندهای عادی، باید فاصله ۵۰۰ متری نیز برای محل دفن‌های ویژه لزوماً رعایت شود. این فاصله در ضوابط کشور بوتسوانا برابر ۳۰۰ متر اعلام‌شده است.

علاوه بر آن بنا به قوانین سازمان حفاظت از محیط‌زیست کانادا یک مرکز دفن پسماند مهندسی خطرناک باید در مقابل هرگونه نشت به آب‌های سطحی ایزوله شود مکان‌های نامناسب برای محل دفن پسماندهای خطرناک عبارت‌اند از (باید توجه داشت که این مکان‌ها محدود به مواردی که در ادامه آمده است نمی شوند)

- مناطقی که ممکن است در معرض طغیان سیل قرار بگیرند
- مناطقی که ممکن است در معرض سونامی قرار بگیرند
- مناطقی که ممکن است در معرض طغیان جزر و مد باشد.
- مناطقی که در قسمت مشخصی از ساحل پویا قرار دارند

٤-٣-١-٦- مناطق شهری و روستایی

در ضوابط سازمان حفاظت از محیط‌زیست آمریکا آمده است که به دلیل انتشار گازهای خطرناکی که امکان دارد از محل دفن بلند شود بهتر است برای احداث محل دفن فاصله ۲ کیلومتر از شهرها رعایت شود. این

فاصله برای روستاها یک کیلومتر در ضوابط RCRA و ۵۰۰ متر در دستورالعمل کشور بوتسوانا توصیه‌شده است.

٤-۳-۱-۷- گسل‌ها

طبق ضوابط سازمان حفاظت از محیط‌زیست امریکا بهتر است که محل دفن پسماندهای خطرناک در نزدیکی گسل‌ها نباشد. در شرایط خاص برای احداث محل دفن پسماندهای خطرناک در نزدیکی گسل‌ها باید فاصله ۳۰۰ متری از محل گسل رعایت شود. این فاصله برای محل دفن پسماندهای عادی ۱۰۰ متر پیشنهادشده است.

٤-۳-۱-۸- جاده‌های اصلی

طبق ضوابط سازمان محیط‌زیست آمریکا افراد عادی و غیرمتخصص اجازه ورود به محل‌های دفن پسماند خطرناک را ندارند. به‌علاوه، مکان‌یابی محل دفن باید به‌گونه‌ای باشد که مشکلات گردشگری ایجاد نکرده و ازنظر عمومی قابل‌قبول باشد. به همین دلیل و به دلیل اهمیت پسماندهای خطرناک، محل دفن پسماندهای ویژه نباید در فاصله ۵۰۰ متری از جاده‌های اصلی باشد.

حداقل فاصله محل دفن پسماندهای خطرناک از جاده‌های اصلی مطابق ضوابط بانک جهانی یک کیلومتر است.

٤-۳-۱-۹- چاه‌ها و قنات‌ها

به دلیل امکان نشت شیرابه، RCRA پیشنهاد می‌کند بهتر است که محل دفن پسماندهای خطرناک در نزدیکی چاه‌ها و قنات‌ها نباشد. در شرایط خاص و ضروری برای احداث محل دفن پسماندهای خطرناک در نزدیکی چاه‌ها یا قنات‌ها، باید فاصله ۳۰۰ متری از این سازه‌ها رعایت شود. این فاصله بر اساس ضوابط بانک جهانی ۵۰۰ متر است.

٤-۳-۱-۱۰- دشت‌های سیلابی

یک محل دفن جدید یا توسعه‌ی محل دفن قدیمی در مسیر جریان سیلاب ۱۰۰ساله اجازه ساخت ندارد. این فاصله برای محل دفن پسماند ویژه باید تا محدوده جریان سیلاب ۵۰۰ ساله رعایت شود.

۴-۳-۲- اسناد بین‌المللی بررسی شده

٤-۳-۲-۱- بانک جهانی

بانک جهانی دو دستورالعمل دارد که بخشی از آن به مکانیابی محل دفن پسماند اختصاص دارد. دستورالعمل اول که به طور کلی و برای محل‌های دفن در کشورهای کم درآمد و با درآمد متوسط تهیه شده است و بخشی از آن به ضوابط

و روش‌های مکانیابی اختصاص دارد. همچنین یک راهنمای دیگر توسط بانک جهانی منتشر شده که حاصل مطالعه‌ای مشترک بین بانک جهانی، سازمان بهداشت جهانی و برنامهٔ محیط زیست سازمان ملل است که مختص دفن ایمن پسماندهای خطرناک در کشورهای در حال توسعه بوده و در سه مجلد منتشر شده است. بخشی از جلد دوم این مجموعه به مکانیابی محل دفن پسماندها اختصاص دارد. هر دو این اسناد بررسی شده و ضوابط ارائه شده در جدول ۱-۸ ارائه شده‌اند.

٤-۳-۲-۲- ایالات متحده

در ایالات متحده یک سری پیشنهادات و معیارهای کلی برای مکانیابی محل دفن توسط دولت فدارال ارائه می‌شود و ایالت‌ها می‌توانند معیارهای دقیق‌تر و سختگیرانه‌تری برای خود وضع کنند. یک نمونه از معیارها و وزن دهی عددی به آن‌ها برای انتخاب محل دفن پسماندهای خطرناک در جدول زیر ارائه شده است.

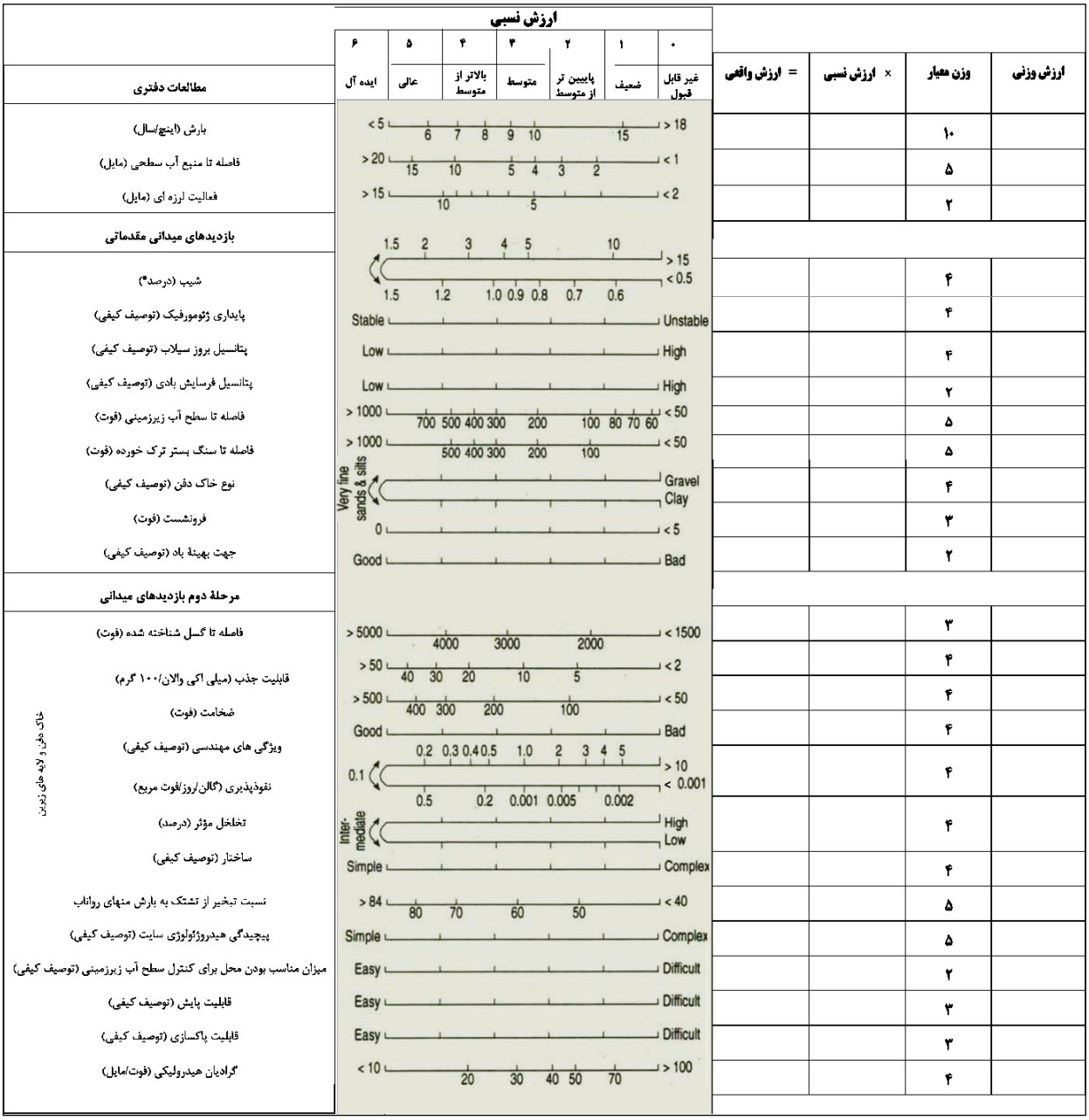
جدول ۴-۳- نمونه‌ای از معیارهای انتخابی و وزن اختصاص داده شده برای مکانیابی محل دفن پسماندهای خطرناک در ایالات متحده.

معیار کلی	وزن‌دهی
شرایط کلی مرتبط با نوع زمین (زمین‌شناسی، هیدرولوژی، نوع خاک، آب و هوا)	۳۱
فاصلهٔ حمل و نقل (ریسک انتقال پسماند، براوردهای اقتصادی)	۲۸
استفاده از منابع و محیط‌زیست انسانی (جمعیت، استفاده از منابع، پذیرش عمومی)	۱۸
مجموع	۱۰۰

همچنین در سند دیگری از US EPA روش زیر برای وزن‌دهی به معیارهای انتخابی در مکان‌یابی محل‌های دفن پسماندهای خطرناک و غربالگری محل‌های دفن پسماندهای خطرناک ارائه شده‌است:

در مکانیابی سه مرحلهٔ اصلی وجود دارد: مطالعات دفتری و کتابخانه‌ای، بازدیدهای میدانی مقدماتی و مطالعهٔ جزئی سایت. پس از اینکه سایت‌های بالقوه شناسایی شدند، مراحل اشاره شده بایستی طی شوند تا در هر مرحله سایت‌های نامناسب رد شده و گزینه‌های مناسب وارد مرحلهٔ بعد شوند. عوامل و معیارهای بررسی در هر مرحله ثابت هستند اما شدت و جزئیات بررسی و هزینه‌های اختصاص یافته به تدریج در هر مرحله بیشتر می‌شوند. در غربالگری محتمل‌ترین سایت‌ها باقی مانده و با جزئیات بیشتری مطالعه می‌شوند. سیستم پیشنهادی برای غربالگری/انتخاب محل دفن پسماندهای خطرناک یک سیستم رتبه‌بندی عددی کیفی است که در آن مقدار وزنی هر عامل از ضرب مقدار نسبی آن در وزن در نظر گرفته شده به دست می‌آید. رتبه‌بندی و وزن هر عامل بر اساس برآورد میزان اهمیت آن در انتشار آلودگی از پسماند و تأثیری که در ایزوله بودن محل دفن دارد تعیین شده است. بازهٔ ارزش وزنی به صورت نشان داده شده در جدول ۴-۴ تغییر می‌کند. شکل ۱-۳ معیارهای در نظر گرفته شده، امتیاز دهی و وزن دهی به معیارها در یک روش پیشنهادی برای مکانیابی محل دفن پسماندهای خطرناک در US EPA را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۴- نمونه‌ای از ارزش وزنی به دست آمده در روش ارائه شده در اسناد US EPA.

ارزش نسبی	ارزش وزنی عددی
ایده‌آل	۶۲۴-۵۲۱
عالی	۵۲۰-۴۱۷
بالاتر از متوسط	۴۱۶-۳۱۳
متوسط	۳۱۲-۲۰۷
کمتر از متوسط	۲۰۶-۱۰۵
ضعیف	۱۰۴-۱
غیر قابل قبول	۰

شکل ۱-۳- معیارهای در نظر گرفته شده، امتیازدهی و وزن‌دهی در روش پیشنهادی US EPA.

توضیح عوامل در نظر گرفته شده در شکل ۱-۳:

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
بارش	(اینچ/سال)	۵	۱۸	۱۰

این عامل کل بارش‌های جوی شامل باران و برف را لحاظ می‌کند و هرچه کمتر باشد محل مورد نظر برای محل دفن مناسب‌تر است.

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
فاصله تا منبع آب سطحی	مایل	۲۰	۱	۵

فاصلهٔ سطحی یا زیرسطحی که آلاینده باید از محل دفن طی کند تا به نزدیک‌ترین منبع آب سطحی یا نقطهٔ برداشت برسد.

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
فعالیت لرزه‌ای	مایل	۱۵	۲	۲

فاصلهٔ محل از منطقهٔ فعال به لحاظ لرزه‌خیزی. محل انتخابی باید از نواحی با شتاب لرزه‌ای بالا، نواحی شناخته شدهٔ دارای تنش تکتونیک، گسل‌های فعال و سایر پدیده‌های لرزه‌ای تا حد ممکن دور باشد.

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
شیب	درصد	۱،۵	۰،۵ (حداقل) ۱۵ (حداکثر)	۴

نواحی با شیب بیش از اندازه زیاد و بیش از اندازه هموار برای ساخت، نگهداری و عملکرد بلندمدت محل دفن مناسب نیستند بنابراین دو حد غیر قابل قبول برای شیب تعریف شده است.

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
پایداری ژئومورفیک	توصیف کیفی	پایدار	ناپایدار	۴

محل انتخابی باید برای هزاران سال پایدار باشد. این به آن معناست که نرخ هوازدگی و فرسایش نباید آنقدر بالا باشد که در طی هزاران سال موقعیت و سطح زمین در محل دفن را تحت تأثیر قرار دهد. از آنجا که هیچ واحد پذیرفته شده ای برای اندازه‌گیری پایداری ژئومورفیک وجود ندارد، از عبارات کیفی برای توصیف این پارامتر استفاده می‌شود.

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
پتانسیل بروز سیلاب	توصیف کیفی	پایین	بالا	۴

محل دفن نباید در دشت‌های سیلابی یا محل‌های زهکشی رواناب، راه‌آب‌های خشک و ... قرار بگیرد.

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
پتانسیل فرسایش بادی	توصیف کیفی	پایین	بالا	۲

فرسایش بادی می‌تواند در ساخت و راهبری مرکز دفن مشکلاتی را ایجاد کرده و نرخ فرسایش پوشش محل دفن را بسیار بالا ببرد. پتانسیل فرسایش بادی هرچه کمتر باشد بهتر است.

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
فاصله تا سطح آب زیرزمینی	فوت	۱۰۰۰	۵۰	۵

این معیار فاصلهٔ سطح زمین تا سطح آب زیرزمینی در محل دفن را نشان می‌دهد و هر چه بیشتر باشد بهتر است.

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
فاصله تا سنگ بستر ترک خورده	فوت	۱۰۰۰	۵۰	۴

فاصلهٔ بین پسماند دفن شده و سنگ بستر ترک خورده را توصیف می‌کند و هر چه این فاصله بیشتر باشد بهتر است. مقادیر این جدول مربوط به حالتی هستند که سنگ بستر در زیر محل دفن قرار دارد.

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
نوع خاک دفن	توصیف کیفی	سیلت و ماسهٔ بسیار ریز	شن و ماسهٔ تمیز / رس	۴

لایه‌هایی با نفوذپذیری متوسط مثل سیلت، سیلتستون و ماسه‌سنگ سیلتی به طور کلی برای دفن مناسب در نظر گرفته می‌شوند. ترانشه‌های حفر شده در لایه‌های با نفوذپذیری پایین ممکن است به صورت حوضچهٔ جمع‌آوری آب باران عمل کنند و میزان آب وارد شده به محل دفن را افزایش دهند. از سوی دیگر لایه‌های با نفوذپذیری بالا به دلیل مقاومت کمی که در برابر جریان آب دارند و نیز به دلیل ظرفیت قابلیت تبادل یونی پایین، برای دفن پسماند مناسب نیستند.

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
فرونشست	فوت	۰	۵	۳

منظور از فرونشست پایین آمدن سطح زمین در اثر فعالیت‌های انسانی به این چهار دلیل است: ۱) پمپاژ بیش از حد آب زیرزمینی، ۲) شکست رطوبتی نهشته‌های خشک در تماس با آب یا تراکم آبی (Hydro-compaction)، ۳) اکسیداسیون خاک‌های آلی، و ۴) استخراج سیالات در میدان‌های نفتی.

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
جهت بهینهٔ باد	توصیف کیفی	خوب	بد	۲

با نقش مهمی در انتقال و انتشار آلاینده‌های گازی در مناطق خشک و نیمه خشک دارد. امکان تعریف دقیق این معیار وجود ندارد اما بایستی در مکانیابی محل دفن لحاظ شود.

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
فاصله تا گسل شناخته شده	فوت	۵۰۰۰	۱۵۰۰	۳

در این معیار باید همهٔ گسل‌های غیرفعال نیز لحاظ شوند (که در معیار فعالیت لرزه‌ای لحاظ نشده‌اند).

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
قابلیت جذب	میلی‌اکی‌والان در هر ۱۰۰ گرم	۵۰	۲	۴

قابلیت جذب خاک محل دفن بر اساس نتایج آزمایشگاهی و بر اساس محاسبهٔ ضریب توزیع یا K_d تعیین می‌شود. K_d نسبت جرم نوکلید جذب شده در واحد جرم جامدات به غلظت نوکلیدهای محلول در واحد حجم آب است. K_d در

آزمایشگاه تعیین شده و تابع عوامل بسیاری است. در بهترین حالت K_d تنها می‌تواند براوردی از پتانسیل جذب و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک محل دفن تحت شرایط محدود آزمایشگاهی ارائه دهد. اگر محل مورد نظر برای ارزیابی های بیشتر انتخاب شود لازم است مطالعات دقیق‌تری در این مورد انجام شود.

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
ضخامت	فوت	۵۰۰	۵۰	۴

ضخامت لایهٔ زیر محل دفن به عنوان یک محیط نسبتاً یکنواخت، همگن، چینهٔ بدون ترک که هرچه همگن‌تر و ضخیم تر باشد بهتر است. ترک‌خوردگی، وجود زیرلایه‌هایی با نفوذپذیری بیشتر و سایر ناهمگنی‌هایی که امکان پیشبینی چگونگی انتقال آلاینده‌ها را کاهش می‌دهند، بایستی از ضخامت لایهٔ دفن کم شوند. ضخامت و چینه‌شناسی زیرین لایهٔ کف کم‌عمق‌ترین آبخوان تحت فشار نیز بایستی تعیین شود.

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
ویژگی‌های مهندسی	توصیف کیفی	خوب	بد	۴

این معیار سهولت و میزان راحتی کارکردن با خاک محل دفن در عملیات اجرایی محل دفن را نشان می‌دهد که هرچه کار کردن با خاکی راحت‌تر باشد بهتر است. این عامل مربوط عوامل مهندسی و اقتصادی دفن است. سایتی که از هر نظر ایده‌آل است اما خاک آن به صورتی است که حفاری و ساخت در آن مشکل است نمی‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. چینه‌های سیلتی ماسه‌ای که به راحتی حفاری شده و ترانشه‌هایی با دیواره‌های پایدار ایجاد می‌کنند مناسب هستند (به طبقه‌بندی خاک به روش آشتو مراجعه شود).

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
نفوذپذیری	گالن/روز/فوت مربع	۰,۱	۱۰ (حداکثر) ۰,۰۰۱ (حداقل)	۴

نفوذپذیری بالا یا بیش از حد پایین به طور کلی مناسب نیست.

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
تخلخل مؤثر	درصد	متوسط	بسیار بالا یا بسیار پایین	۴

خاک‌های با تخلخل مؤثر در حد متوسط برای دفن مطلوب‌ترند. البته مقیاسی برای تعیین "متوسط" وجود ندارد اما تخلخل مؤثر بسیار بالا یا بسیار پایین مطلوب نیست.

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
ساختار	توصیف کیفی	ساده	پیچیده	۴

ساختار داخلی لایه‌ای که دفن در آن صورت می‌گیرد، ارتباط لایهٔ دفن با چینه‌ای که در زیر آن قرار دارد و ساختارهایی که درون این لایه‌های زیرین قرار دارند بایستی تعیین شود. همهٔ این‌ها بر توانایی پیش‌بینی حرکت آلاینده‌ها تأثیرگذار هستند. هرچه این ساختار ساده‌تر باشد بهتر است.

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
نسبت تبخیر از تشتک به بارش منهای رواناب	نسبت	۸۴	۴۰	۵

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
پیچیدگی هیدرولوژیکی سایت	توصیف کیفی	ساده	پیچیده	۵

پیچیدگی هیدرولوژیکی سایت در رابطه با هیدرولوژی محلی و نزدیک به محل سایت، هرچه ساده‌تر و قابل پیشبینی تر باشد بهتر است.

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
مناسب بودن محل برای کنترل سطح آب زیرزمینی	توصیف کیفی	آسان	مشکل	۲

میزان قابلیت کنترل سطح آب زیرزمینی در زیر محل دفن از طریق زهکشی یا سایر تکنیک‌های مهندسی. هر چه سطح آب‌زیرزمینی قابل کنترل‌تر باشد بهتر است. در مناطقی که سطح آب زیرزمینی به اندازهٔ کافی پایین است این معیار اهمیت چندانی ندارد.

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
قابلیت پایش	توصیف کیفی	آسان	مشکل	۳

قابلیت پایش مؤثر آلاینده‌ای که از محل دفن خارج می‌شود.

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
قابلیت پاکسازی	توصیف کیفی	آسان	مشکل	۳

هرچه اقداماتی که برای اصلاح یا کاهش خطر اثرات منفی احتمالی آلاینده‌های مرکز دفن لازم است انجام شوند به لحاظ هیدرولوژیکی و مهندسی ساده‌تر باشند بهتر است. برای مثال ساخت برم برای انحراف روان‌آب‌های بزرگ ناشی از ذوب برف یا ساخت یک سری از چاه‌های زهکش برای پایین آوردن سطح آب زیرزمینی که احتمال بالا آمدن آن تا محل دفن در طی یک دورهٔ پر بارش وجود دارد.

عامل	واحد اندازه‌گیری	ایده‌آل	غیر قابل قبول	وزن
گرادیان هیدرولیکی*	فوت/مایل	۱۰	۱۰۰	۴

*گرادیان آب زیرزمینی از سایت به سمت پایین دست شیب در جهت حرکت احتمالی آلاینده.

همچنین در این راهنما توصیه‌های کلی در مورد حفاظت از گونه‌های در معرض خطر (گیاهی و جانوری)، مناطق حفاظت شده، زیستگاه‌های خاص یا مسیرهای مهاجرت گونه‌ها یا زیستگاهایی که به لحاظ تأمین غذا، مقصد مهارجت یا تولید مثل برای گونه/گونه‌هایی خاص دارای اهمیت هستند ارائه شده و در خصوص عدم آسیب‌رسانی به این مناطق در غربالگری اولیه برای انتخاب محل دفن تأکید شده است که به دلیل تکرار آن در سایر راهنماهای بررسی شده و کلی بودن توصیه‌ها از تکرار آن‌ها اجتناب شده‌است.

٤-٣-٢-٣- کانادا

شورای وزیران محیط زیست کانادا (CCME) یک راهنمای ملی برای دفن پسماندهای خطرناک تدوین کرده که بخشی از آن به مکانیابی محل دفن این پسماندها اختصاص دارد. در این راهنما معیارهای کلی که باید در مکانیابی محل‌های دفن پسماندهای خطرناک برآورده شوند ارائه شده است. در ادامه بخشی از این معیارها ذکر شده و سعی شده‌است از تکرار مواردی که قبلاً ذکر شده اجتناب شود.

یک محل دفن مهندسی پسماندهای خطرناک باید در مکانی قرار داشته باشد که به لحاظ شرایط زیست‌محیطی مناسب باشد. چنین مکانی باید به لحاظ زمینشناسی پایدار بوده، حساسیت زیست‌محیطی کمی داشته و به لحاظ هیدروژئولوژیکی مناسب باشد. هدف همهٔ مطالعات مکانیابی به دست دادن درک کاملی از شرایط محیط‌زیست منطقه و عوامل مؤثر بر محیط است. این درک کامل گاهی "مدل مفهومی سایت" نامیده می‌شود و دربردارندهٔ تصویر ساده شده‌ای از اجزای ضروری محیط زیست منطقه است. ویژگی‌های هر محل دفن مهندسی پسماند خطرناک منحصر به فرد است و ممکن است به یک رویکرد منحصر به فرد نیز نیاز داشته باشد.

محل دفن مهندسی پسماندهای خطرناک بایستی از همهٔ آب‌های سطحی کاملاً مجزا شده باشد به صورتی که زمان انتقال آلاینده تنها تابع آب زیرزمینی باشد. محل‌های نامناسب برای ساخت محل دفن عبارتند از (اما محدود به این موارد نیستند):

- نواحی که در برابر سیلاب قرار دارند.
- نواحی که در برابر سونامی قرار دارند.
- نواحی که سیلاب ناشی از جزر و مد امواج قرار دارند.
- نواحی ساحلی که تحت تأثیر امواج قرار دارند.
- پارک‌های ملی
- مناطق حفاظت شده و پناهگاه‌های حیات وحش
- ذخایر اکولوژیکی و زیستگاه‌های گونه‌های حساس
- پناهگاه پرندگان (تعریف شده در قانون پرندگان مهاجر کانادا)
- نواحی نزدیک به زمین‌هایی که در معرض زمین‌لغزش هستند
- نواحی در معرض فرسایش
- نواحی دارای پدیده‌های ژئوتکنیکی فعال مثل خاک منحمد یا فروچاله‌ها

- گسل‌ها
- منابع آبی مثل نواحی تغذیهٔ آب زیرزمینی، محل برداشت آب، آبخوان‌ها، منابع آب سطحی و زیرزمینی.
- نواحی که متوسط بارش آن در هر ماه از ترکیب تبخیر و تعرق و ذخیرهٔ آب زیرزمینی بیشتر است (مگر اینکه به نحوی بتوان بارش را در ماه‌های پرباران سال کنترل کرد.
- نواحی که متوسط بارش سالیانه از متوسط تبخیر و تعرق از میان پوشش محل دفن بیشتر است.
- نواحی نزدیک به سکونتگاه‌ها
- مناطق شهری مثل مدارس.

۴-۳-۲-۴- کنوانسیون بازل

کنواسیون بازل به منظور کنترل نقل و انتقالات برون مرزی پسماندهای خطرناک ایجاد شده است اما راهنماهای مختلف دیگری در رابطه با روش‌های مدیریت و دفع پسماندهای خطرناک نیز ارائه می‌کند. در راهنمای مربوط به محل‌های دفن پسماندهای ویژه که توسط این کنواسیون تهیه شده است بخشی نیز به مکانیابی محل دفن این پسماندها اختصاص یافته است. محل‌های دفن باید در محل‌هایی ساخته شوند که احتمال آلودگی آب زیرزمینی وجود نداشته باشد. زمانی که این امکان وجود ندارد، بایستی محل دفن به گونه‌ای طراحی و ساخته شود که از مهاجرت شیرابهٔ محل دفن به آب زیرزمینی جلوگیری کند.

در انتخاب محل ساخت دفن پسماندهای خطرناک چندین عامل جغرافیایی و هیدروژئولوژی محل و نیز چندین محل بالقوه بایستی در نظر گرفته شوند. این عوامل بر عملکرد آتی محل دفن و نیز طراحی محل دفن شامل نوع لاینر، سیستم زهکش و پایش آب زیرزمینی تأثیرگذار خواهند بود. در صورت نزدیکی محل دفن به نقاط شهری بایستی تلاش دوچندانی در جهت کاهش هرگونه اغتشاش اجتماعی صورت بگیرد. در انتخاب محل ساخت لندفیل بایستی عوامل ژئوتکنیکی، کاربری زمین، زیستی، اقتصادی-اجتماعی، انسانی و زیست‌محیطی لحاظ شوند.

بایستی ویژگی‌های ژئولوژی و هیدروژئولوژی محل به دقت بررسی شوند تا تأیید شود که بیشترین امنیت برای سلامت و محیط زیست فراهم شود. برای مثال محل دفن پسماندهای خطرناک نباید در محل دشت‌های سیلابی یا در تماس با آب زیرزمینی قرار داشته باشد. تغییرات فصلی سطح آب زیرزمینی بایستی تعیین شود تا پتانسیل آلودگی آب قابل ارزیابی بوده و بتوان محل چاه‌های پایش را تعیین کرد. محل مورد نظر نباید در نواحی لرزه‌خیز، یا محلی شامل حفرات، گسل‌ها یا فروچاله‌ها قرار بگیرد. خاک کف محل دفن بایستی رسی بوده و چندین متر ضخامت داشته باشد. در غیر این صورت باید خاک مناسب به محل منتقل شده یا از لاینرهای ژئوسینتتیک مناسب استفاده شود. چنین پیشنهاداتی در مورد کاور هم ارائه شده است. به جز این موارد کلی یک پیوست نیز در راهنمای بازل ارائه شده که معیارهای مکانیابی محل‌های دفن پسماند خطرناک را نام می‌برد و در واقع خلاصه‌ای از راهنمای بانک جهانیست و لذا از تکرار آن اجتناب شده است.

۴-۳-۲-۵- راهنمای برنامهٔ محیط زیست سازمان ملل متحد (UNEP)

توصیه‌های کلی مشابه مواردیست که در مورد کنوانسیون بازل ارائه شد زیرا کنواسیون بازل نیز توسط UNEP تهیه شده است. سایر معیارها در جدول ۱-۸ ارائه شده‌اند. در راهنمای UNEP که با همکاری ISWA (انجمن بین‌المللی پسماند) تهیه شده است، همچنین یک روش برای غربالگری محل‌های دفن پسماند ویژه ارائه شده که همان روشی است که توسط سازمان محیط زیست ایالات متحده ارائه شده (شکل ۱-۳) و به آن اشاره شد.

۴-۳-۳- نتیجه‌گیری

در مورد مکانیابی محل‌های دفن پسماندها راهنماها و اسناد بین‌المللی زیادی وجود دارند. بیشتر این اسناد به پسماندهای عادی اختصاص دارند و در مواردی تنها به ارائهٔ ضوابطی کلی در مکانیابی بسنده می‌کنند و در برخی موارد نیز به صورت جامع به روش مکانیابی می‌پردازند. در تمامی راهنماها و منابع بررسی شده تقریباً معیارهای یکسانی برای انتخاب محل دفن در نظر گرفته می‌شوند. معیارهای در نظر گرفته شده شامل ویژگی‌های ژئولوژیکی، هیدروژئولوژیکی، بیولوژیکی، فرهنگی-اجتماعی و اقتصادی است. این معیارها در مکانیابی محل‌های دفن پسماندهای خطرناک و پسماندهای عادی مشترک هستند با این تفاوت که در مورد پسماندهای خطرناک به صورت سختگیرانه‌تری اعمال می شوند. همچنین مشارکت و پذیرش عمومی معیاریست که در مورد انتخاب محل دفن هر نوع پسماندی لازم است با جدیت بررسی شود. موردی که در کشور ما کمتر به آن توجه می‌شود.

معیارهای ارائه شده در محل‌های دفن پسماندهای خطرناک در راهنماهای بررسی شده در این بخش به صورت خلاصه در جدول ۱-۸ نمایش داده شده‌اند. از آنجا که در راهنمای US EPA ضوابط مکانیابی همراه با روش مکانیابی و وزن دهی به صورت جامع ذکر شده بود در بخش مربوط به آن ارائه شده و در جدول ۱-۸ تکرار نشده است.

جدول ۴-۵- معیارهای ارائه شده در دستورالعمل‌های بررسی شده در خصوص مکانیابی محل دفن پسماندهای خطرناک (ویژه).

ردیف	معیار		بانک جهانی (محل دفن پسماند عادی و ویژه)	سازمان محیط زیست کشور (محل دفن پسماندهای عادی و ویژه)	UNEP (محل دفن پسماندهای ویژه)
1	کاربری اراضی		حذف محدودهٔ نظامی، محدودهٔ طرح‌های تغذیهٔ آبخوان یا مدیریت حوزهٔ آبریز، ذخایر معدنی	حذف محل تغذیهٔ آبخوان، ذخایر معدنی	حذف معادن زیرزمینی، حذف محل تغذیهٔ آبخوان، حذف مناطق تفریحی، زمین‌های کشاورزی متمرکز، مناطق مسکونی، طرح‌های توسعهٔ شهری و ...
۲	ارتفاع (توپوگرافی)		-	-	حذف دره‌ها و فرورفتگی‌های طبیعی که منجر به تجمع آب می‌شوند. بایستی از شرایط طبیعی زمین به بهترین نحو استفاده شود.
۳	سکونتگاه‌ها		بافر ۱ کیلومتر از سکونتگاه‌ها	حداقل بافر ۱ کیلومتر از سکونتگاه‌های موجود و طرح‌های توسعهٔ آتی (شامل توسعهٔ صنعتی، آموزشی، بیمارستانی و ...)	-
۴	لرزه خیزی		بافر ۵۰۰ متر از گسل‌ها	حداقل بافر ۲۰۰ متر از مناطق با خطر زمین‌لرزه	حذف گسل‌ها
۵	منابع آبی	آب های سطحی	حذف منابع آبی (مرداب‌ها و تالاب‌ها)، بافر ۳۰۰ متر	حذف تالاب، باتلاق، مرداب، دریاچه، برکه، آب‌های جاری و ...	بافر حداقل ۱ کیلومتر از منابع آبی، حذف تالاب‌ها و سایر نواحی با سطح آب زیرزمینی بالا، نواحی تحت تأثیر تغییرات فصلی آب زیرزمینی و جزر و مد
		سدها و ابنیه های هیدرولیک	-	بافر ۱ کیلومتر از سد حذف شاخه‌های اصلی خشک یا آبی منتهی به سدها	
		آب زیرزمینی	بافر ۵۰۰ متر از چاه آب شرب و کشاورزی	حذف آبخوان تأمین آب منطقه (شرب) بافر ۴۰۰ متر از چاه آب، بالادست چاه آب شرب، حذف محدوده‌های با عمق آب زیرزمینی کمتر از ۵ متر در ۱۰ سال گذشته	
۶	جاده های اصلی		فاصلهٔ بیش از ۲ کیلومتر از جادهٔ دسترسی مناسب (حداکثر ۱۰ کیلومتر فاصله از جاده دسترسی)	بافر ۳۰۰ متر	-
۷	مناطق حفاظت شده		بافر ۵۰۰ متر از مناطق حفاظت شده، مناطق مهم تنوع زیستی و زیستگاه گونه های نادر	بافر ۱کیلومتر از مناطق حفاظت شده	حذف پارک‌های ملی، جنگل‌ها، ذخایر زیستی و خطوط ساحلی
۸	میراث فرهنگی (ابنیه تاریخی، مذهبی و ...)		بافر ۱ کیلومتر	بافر ۳ کیلومتر	حذف مناطق باستانی و تاریخی
۹	لیتولوژی		حذف کارست، سنگ بستر آهکی، کربناتی، مناطقی با سنگ بستر پر شکاف. معادن فعال و معادنی که احتمال نشت به منابع آبی از آن‌ها وجود دارد.	سنگ بستر درشت‌دانه و متخلخل، مخروط افکنه، پی سنگ آهکی و دولومیتی کارستی، سنگ‌های انحلال‌پذیر و گنبدهای نمکی	حذف فروچاله‌ها و غارهای انحلالی، دارای سنگ پایدار
۱۰	شیب		شیب‌های تند		پیشنهاد شیب کمتر از ۵٪ برای محل انتخابی
۱۱	لغزش زمین		-	حذف مناطق با احتمال بروز بهمن، سیل، رانش زمین، و سایر مناطق ناپایدار	حذف مناطق با احتمال زمین‌لغزش
۱۲	پهنه بندی اقلیمی		-		نواحی با بارش کم و تبخیر بالا مناسب هستند.
۱۳	فرودگاه		حداقل بافر ۳ کیلومتر برای فرودگاه‌های اصلی (با هواپیماهای توربوجت) و ۱/۶ کیلومتر برای فرودگاه‌های محلی (با هواپیماهای ملخی)	بافر ۳ کیلومتر از فرودگاه محلی و ۸ کیلومتر از فرودگاه بین‌المللی	-
۱۴	فرسایش		حذف نواحی با خاک سست (مثل بادرفت)	-	-
۱۵	مسیل ها		حذف دشت‌های سیلابی بت دورهٔ بازگشت ۱۰۰ سال	حذف محدوده سیلاب با دورهٔ بازگشت ۱۰۰ سال	نواحی با زهکشی سطحی خوب و کنترل آسان رواناب مناسب هستند.
۱۶	خاک		نفوذ پذیری خاک دست‌نخورده در روی آبخوان کم و ترجیحاً کمتر از 10^{-6} cm/s باشد.	-	حذف مناطقی با لایه نازک خاک روی آبخوان، خاک‌های با نفوذپذیری بالا و خاک‌هایی با پتانسیل فرسایش بالا، بهتر است خاک رسی برای لاینر و کاور محل دفن موجود باشد و ساختار خاک محل انتخابی پایدار باشد.
۱۷	معدن		شعاع ۱۰۰ متر از معادن سنگی که از انفجار استفاده می‌کنند.	-	-
۱۸	نواحی ساحلی		-	بافر ۱ کیلومتر از سواحل	-
۱۹	جهت باد غالب		-	حذف بالادست مناطق جمعیتی	نواحی انتخاب شوند که باد شایع آلودگی‌ها را از مناطق جمعیتی و مناطق حساس اکولوژیکی دور کند.
۲۰	خطوط انتقال نیرو، نفت و گاز		-	بافر ۵۰۰ متر	-
۲۱	مساحت		-	پوشش حداقل ۲۵ سال دفن	دارای مساحت کافی برای بازهٔ فعال محل دفن

۴-۴- مقایسه ضوابط مکان‌یابی سایر کشورها با ضوابط زیست‌محیطی محل دفن ایران

۴-۴-۱- ضوابط زیست‌محیطی سازمان حفاظت از محیط‌زیست ایران برای محل‌های دفع پسماندهای عادی و ویژه

این ضوابط به استناد ماده ۱۲ قانون و ماده ۲۳ آئین‌نامه اجرایی مدیریت پسماندها و به‌منظور کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی فعالیت‌ها، مکان‌ها و تأسیسات مرتبط با پردازش، و دفع پسماندهای عادی ازجمله کلیه اماکن دفن و بازیافت تهیه گردیده است.

ماده ۱: تعاریف و اصطلاحات به‌کاررفته در این ضوابط، همان تعاریف مندرج در قانون و آئین‌نامه اجرایی مدیریت پسماندها است.

ماده ۲: در انتخاب محل دفع پسماندهای عادی، باید کلیه معیارهای زیست‌محیطی، زمین‌شناسی، هیدرولوژی، هیدروژئولوژی، توپوگرافی، فیزیوگرافی، اقلیمی، خاکشناسی، مناطق چهارگانه تحت مدیریت سازمانی حریم خطوط انتقال مواد نفتی، آب و نیرو، راه‌های دسترسی، مناطق جمعیتی و سایر معیارهای مندرج در این ضوابط در نظر گرفته شوند.

ماده ۳: محل‌های دفع نباید در مسیر و حریم رودخانه‌های فصلی و دائمی، مسیل‌ها و آبراهه‌های منتهی به رودخانه‌ها واقع شوند.

ماده ۴: محل‌های دفع بایستی خارج از محدوده سیلاب با دوره بازگشت سیل ۱۰۰ ساله واقع گردد.

ماده ۵: انتخاب محل‌های دفع در مناطقی مانند تالاب‌ها، باتلاق‌ها، مرداب‌ها، دریاچه‌ها و برکه‌ها و موارد مشابه ممنوع است.

تبصره: محل دفن باید حداقل یک کیلومتر از مناطق یادشده فاصله داشته باشد.

ماده ۶: محل دفع باید حداقل یک کیلومتر از آب‌های جاری فاصله داشته باشد.

ماده ۷: محل دفع باید حداقل یک کیلومتر از سواحل شمالی و جنوبی کشور فاصله داشته باشند.

ماده ۸: محل دفع نباید روی آبخوان‌هایی که منبع تأمین آب منطقه است، انتخاب شود.

تبصره : محل‌های دفع نباید در فاصله کمتر از ۴۰۰ متر از هرگونه چاه آب و یا در بالادست چاه‌های آب شرب قرار داشته باشد.

ماده ۹: محل‌های دفع نباید در مناطقی که به‌عنوان تغذیه آب‌های زیرزمینی محسوب می‌شود، واقع شود.

ماده ۱۰: محل دفع نباید در منطقه‌ای انتخاب شود که در آن، سطح آب زیرزمینی در ۱۰ ساله گذشته، در عمق کمتر از ۵ متر بوده است.

تبصره: در طراحی مهندسی محل دفع، گودبرداری به‌گونه‌ای صورت پذیرد که پایین‌ترین بخش محل دفن، با سطح آب‌های زیرزمینی درازمدت منطقه حداقل ۲ متر فاصله داشته باشد.

ماده ۱۱: محل دفع باید حداقل یک کیلومتر از سازه‌های هیدرولیکی فاصله داشته باشند.

ماده ۱۲: محل دفع نباید در شاخه‌های اصلی خشک یا آبی منتهی به سدها انتخاب شود.

ماده ۱۳: محل دفع نباید در مناطقی با احتمال بروز بهمن، سیل، رانش زمین، مناطق ناپایدار و سایر حوادث غیرمترقبه طبیعی واقع شوند.

ماده ۱۴: احداث مراکز دفن در دره‌ها و مناطقی با سنگ‌بستر درشت‌دانه و متخلخل، مخروطه افکنه، دارای پی‌سنگ آهکی و دولومیتی کارستی، سنگ‌های انحلال‌پذیر و گنبدهای نمکی ممنوع است.

ماده ۱۵: مکان دفن نباید در مسیر و حریم گسل‌های فعال شناخته‌شده و گسل‌های پنهان قرار داشته باشد.

ماده ۱۶: محل دفع باید ۲۰۰ متر از محدوده‌های قابل پیش‌بینی برای خطرات زمین‌لرزه فاصله داشته باشد.

ماده ۱۷: مساحت منطقه انتخابی به‌عنوان محل دفن باید به‌اندازه‌ای باشد که بر اساس برآورد کمی تولید پسماند، دوره دفن حداقل ۱۰ سال را پوشش دهد.

ماده ۱۸: احداث محل‌های دفع بر روی ذخایر معدنی ممنوع است.

ماده ۱۹: ازنظر بادهای غالب، محل دفع نباید در بالادست مناطق جمعیتی واقع شوند.

ماده ۲۰: محل دفع نباید در داخل مناطق حفاظتی تحت پوشش سازمان قرار داشته باشد. تبصره : محل دفع باید حداقل یک کیلومتر از مناطق فوق فاصله داشته باشد.

ماده ۲۱: ازنظر زیبایی‌شناختی، به‌گونه‌ای عمل شود که محل دفن از مناطق جمعیتی، راه‌ها، تفریحگاه‌ها و مانند آن‌ها چشم‌انداز نداشته باشند.

ماده ۲۲: محل دفع باید از حریم فرودگاه‌های بین‌المللی و محلی به ترتیب ۸ و ۳ کیلومتر فاصله داشته باشد.

ماده ۲۳: برای دسترسی آسان به محل دفع پسماندها، جاده دسترسی با شرایط زیر در نظر گرفته شود:

الف) عرض جاده دسترسی در شهرها حداقل ۶ متر و در روستاها حداقل ۴/۵ متر باشد.

ب) حداقل ترافیک را داشته باشد.

ج) در تمام شرایط آب و هوایی فصول سال قابل‌استفاده باشد.

ماده ۲۴: فاصله جاده دسترسی تا منطقه مسکونی باید به‌گونه‌ای باشد که فعالیت‌های حاصل از رفت‌وآمد و عملیات دفع برای منطقه آلودگی صوتی ایجاد نکند.

ماده ۲۵: زمین‌های شامل مکان‌های باستانی و تاریخی که در فهرست آثار تاریخی- ملی قرار دارند، نباید به‌عنوان محل دفع انتخاب شوند و حداقل فاصله محل‌های دفع با مراکز تاریخی و باستانی باید ۳ کیلومتر باشند.

ماده ۲۶: مراکز دفع باید از جاده اصلی، بزرگراه‌ها و آزادراه‌ها ، حداقل ۳۰۰ متر فاصله داشته باشد.

ماده ۲۷: محل دفع باید حداقل ۱ کیلومتر با مناطق موجود یا توسعه آتی مسکونی، بیمارستانی، آموزشی، زیارتی، تجارتی و صنعتی فاصله داشته باشد.

تبصره : در محدوده حداقل ۵۰۰ متری از مرز محل دفع پسماندها نباید هیچ‌گونه توسعه مسکونی صورت گیرد.

ماده ۲۸: محل‌های دفع باید حداقل ۵۰۰ متر از خطوط انتقال نیرو، نفت و گاز فاصله داشته باشند.

ماده ۲۹: دفن پسماندهای ویژه، بیمارستانی و تخلیه انواع فاضلاب در محل دفن پسماندهای عادی ممنوع است.

ماده ۳۰: مدیریت‌های اجرایی پسماند حداقل ۲ سال مانده به پایان زمان بسته شدن محل‌های دفن موجود، با رعایت ضوابط زیست‌محیطی، نسبت به انتخاب و معرفی مکان جدید در قالب طرح جامع مدیریت پسماند با تائید کارگروه استانی و نظارت عالیه وزارت کشور و نیز ارائه طرح تعطیلی و بازگردانی محل دفن (restoration) به سازمان اقدام نمایند.

ماده ۳۱: سوزاندن پسماندها در فضای آزاد (Open Space burning) در محل‌های دفع ممنوع است.

ماده ۳۲: با توجه به محدودیت‌های مکانی، زمین‌شناسی، توپوگرافی و اقلیمی در استان‌های شمالی کشور، کارگروه استانی مدیریت پسماند می‌تواند ضوابط محلی ماده‌های ۶، ۱۰، ۷ و ۲۷ و تبصره ماده‌های ۵ و ۸ را تعیین و جهت تصویب به شورای عالی حفاظت محیط‌زیست ارسال نماید.

ماده ۳۳: بسته شدن محل دفن باید ظرف مدت یک سال پس از توقف عملیات دفن انجام شود و پایش محل دفن باید به مدت ۱۵ سال بعد از تعطیلی آن انجام گردد.

ماده ۳۴: نظارت بر حسن اجرای این ضوابط بر عهده سازمان است.

۴-۴-۲- مقایسه ایران با سایر کشورها

بررسی‌کلی آیین‌نامه‌های کشورهای مختلف نشان می‌دهد که تقریباً در تمامی موارد معیارهای مشترکی برای مناسب بودن (یا نبودن) ویژگی‌های طبیعی یک محل برای احداث واحد دفن بایستی لحاظ شوند. این ویژگی‌ها باید به صورتی باشند که اطمینان حاصل شود که آلودگی‌های ناشی از محل دفن (شیرابه، بو، گازهای محل دفن، جانوران موذی، پسماندهای پراکنده شده) حداقل آلودگی برای محیط زیست و انسان

را به دنبال داشته و منابع آبی، ونیز گونه‌های گیاهی و جانوری حساس را تهدید نکرده و برای شهروندان نیز مشکل جدی ایجاد نمی‌کند، از طرفی به لحاظ نزدیکی به منبع تولید و در دسترس بودن منابع قرضهٔ مناسب نیز گزینه‌ای اقتصادی است.

برای برآورده شدن این موارد به طور کلی دو رویه در پیش گرفته می‌شود. در حالت اول حداقل فاصلهٔ مشخصی از محدوده‌های حساس ذکر می‌شود یا محل‌های نامناسب مشخصاً اعلام می‌شوند. در حالت دوم در مورد برخی پارامترها تنها توصیه‌های کلی مطرح می‌شوند و کفایت ویژگی‌های طبیعی محل انتخاب شده به نظر کارشناس مرتبط واگذار می‌شوند. در این صورت با ارائهٔ شواهد و محاسبات کافی مبنی بر اینکه محل انتخاب شده تهدیدی جدی برای محیط زیست ایجاد نمی‌کند، و یا با تمهیدات مهندسی می‌توان آلودگی‌های ایجاد شده را کنترل کرد، می‌توان بخشی از فرآیند تصمیم‌گیری را در شرایط خاص هر محل تسهیل کرد. این حالت دوم در ضوابطی که در حال حاضر در کشور وجود دارد لحاظ نشده است.

برای مثال در مادهٔ ۳، مادهٔ ۵ و مادهٔ ۸ ضوابط فعلی به نظر می‌رسد در پیش گرفتن رویهٔ دوم در تدوین ضوابط منطقی‌تر باشد. ممنوعیت انتخاب محل دفن در کلیهٔ آبراهه‌های فرعی یا محل‌های روی آبخوان، بدون در نظر گرفتن تفاوت‌های اقلیمی کشور به نظر غیرضروری بوده و در مواردی منجر به انتخاب گزینه‌هایی غیر اقتصادی برای محل دفن خواهد شد. در شرایطی که عمق آب زیرزمینی در آبخوان مصرفی در مناطقی از کشور بیشتر از صد متر است، و مشکل آبراهه‌های فرعی با زهکشی مناسب و مدیریت رواناب قابل حل هستند، می‌توان با نزدیک‌تر کردن ضوابط به رویهٔ دوم، قابلیت‌های محلی هر منطقه ازکشور را تا حدی در نظر گرفت و در ببیان ممنوعیت‌هابه مناطق اکولوژیکی و منابع آبی حساس بسنده کرد.

در یک جمع‌بندی کلی اگر بخواهیم ضوابط زیست‌محیطی مکان‌یابی محل دفن ایران با سایر کشورها را با یکدیگر مقایسه کنیم علاوه بر رعایت شدن معیارهـای زمین‌شناسی، هیدرولوژی، هیدروژئولوژی، توپوگرافی، فیزیوگرافی، اقلیمی، خاکشناسی، حریم خطوط انتقال مواد نفتی، آب و نیرو، معادن منابع، مناطق جمعیتـی و غیره که تقریباً در تمامی آیین‌نامه از اهمیت این مناطق صحبت شده است و به‌ضرورت توجه به آن‌ها توصیه‌شده است درصورتی‌که بخواهیم در رابطه به ضوابطی که در جدول ۴-۲ به‌صورت خلاصه آورده شده است صحبت کنیم در بحث فرودگاه‌ها تقریباً آیین‌نامه ایران با اغلب کشورها مشابه است. با این حال بهتر است همانند آیین‌نامه سازمان محیط‌زیست امریکا در آیین‌نامه ذکر شود که بعد از صدور نظر کارشناس اجازه اجرای سایت در حداقل فاصله ۳ کیلومتر وجود دارد. همین‌طور به نظر می‌رسد که دسته‌بندی فرودگاه‌ها بر اساس نوع هواپیماهای تک ملخه یا جت (که در اکثر آیین‌نامه‌ها فرودگاه‌ها به این صورت طبقه‌بندی شده‌اند) دسته‌بندی دقیق‌تری نسبت به تفکیک فرودگاه‌های با پروازهای داخلی و خارجی است.

در خصوص دشت‌های سیلابی آیین‌نامه اغلب کشورها (به‌جز جمهوری بوتسوانا که فاصله ۱۰۰ متری از مسیر سیلاب ۵۰ ساله را عنوان کرده است) عنوان کرده‌اند که جانمایی محل دفن در نزدیکی مسیر سیلاب ۱۰۰ سال گذشته ممنوع است. در برخی موارد نیز جانمایی محل دفن در نزدیکی حوضه سیلابی را منوط به تعیین حداقل فاصله توسط کارشناسان این حوزه کرده‌اند که در این زمینه آیین‌نامه ایران نیز همین موضوع را عنوان و تصریح کرده که سایت محل دفن نباید در نزدیکی محل‌های سیلابی باشد. البته بهتر است به دلیل اینکه حتی پس از بسته شدن محل دفن تا سالیان زیادی در صورت بروز سیل امکان آلوده شدن منابع آب وجود دارد و به دلیل حیاتی بودن منابع آبی برای ایران، این مهم نیز اضافه شود که حتی توسعه‌های آینده محل دفن نیز نباید در حوضه سیلابی بیفتد و در صورت ضرورت مجاورت به مناطق سیلابی نظر کارشناسان این حوزه ضروری است.

در خصوص تالاب‌ها نظرات کشورهای مختلف متعدد است. برخی کشورها همچون ایالات‌متحده امریکا حضور سایت محل دفن در نزدیکی محل دفن را درصورتی‌که موجب تغییر در زیست‌بوم تالاب و اثرات مخرب زیست‌محیطی نشود بلامانع دانسته‌اند و برخی دیگر همانند استرالیا و افریقای جنوبی عنوان کرده‌اند که محل دفن نباید در نزدیکی حوضه ۱۰۰ ساله تالاب‌ها قرار داشته باشد. آیین‌نامه ایران نیز حضور محل دفن در حوضه تالاب را ممنوع کرده است و حداقل فاصله مجاز از تالاب را یک کیلومتر عنوان کرده است که در این مورد مشابه با بسیاری از کشورها بوده هرچند که بهتر است به دلیل اهمیت اکوسیستم تالاب و وجود تالاب‌های بااهمیت بین‌المللی در ایران، این بند به آیین‌نامه اضافه شود که در خارج از منطقه ذکرشده نیز حتماً باید ارزیابی برای اطمینان از آلوده نشدن آب تالاب صورت گیرد.

در ارتباط بافاصله محل دفن با مناطق حفاظت‌شده سازمان محیط‌زیست تمامی کشورها عنوان کرده‌اند که محل دفن نباید در نزدیکی زیستگاه حفاظت‌شده قرار بگیرد و در صورت لزوم حداقل فاصله باید از با ارزیابی زیستگاه همان منطقه بدست بیاید و ارزیابی‌هایی برای محافظت از این‌گونه‌ها باید انجام و نتایج آن در طراحی لحاظ شود. در آیین‌نامه ایران نیز آمده که محل فن نباید در نزدیکی مناطق حفاظت‌شده قرار بگیرد.

در خصوص گسل‌ها آیین‌نامه کشورهای مختلف فواصل متفاوتی از قبیل ۶۰، ۱۰۰،۵۰۰ متر و در برخی آیین‌نامه‌ها همانند ایران صرفاً عدم وجود محل دفن در مناطق دارای گسل را عنوان کرده‌اند که به نظر می رسد این تفاوت در قوانین به علت تفاوت در شدت فعالیت‌های تکتونیکی است. البته بهتر است به دلیل شفاف شدن آئین‌نامه این نکته قید شود که در صورت لزوم به جانمایی محل دفن در نزدیکی گسل‌ها حداقل فاصله توسط کارشناس تعیین شده و طراحی‌های لازم برای جلوگیری از آسیب به محل دفن نیز در طراحی سایت لحاظ شود.

در خصوص مناطق ناپایدار به‌طورکلی در آیین‌نامه کشورهای مختلف عنوان‌شده است که حتی‌المقدور نباید محل دفن در نزدیکی مناطق ناپایدار جانمایی شود و در صورت جانمایی ارزیابی‌های ویژه‌ای در طراحی‌های محل دفن باید صورت بگیرد. همین‌طور فواصل مجازی باید رعایت شود (در آیین‌نامه‌ی کانادا این فاصله ۱۰۰ متر در نظر رفته شده است). در آیین‌نامه ایران صرفاً ذکرشده است که جانمایی نباید در نزدیکی مناطق ناپایدار باشد و بهتر است که بند نیاز به کارشناسی برای طراحی‌های ویژه درصورتی‌که محل دفن در نزدیکی مناطق ناپایدار باشد نیز به آیین‌نامه اضافه شود.

در خصوص محل‌های هیدرولوژیکی حساس بیشتر کشورها اعلام کرده‌اند که محل دفن به‌هیچ‌عنوان نباید در نزدیکی این محل‌ها واقع شوند و در صورت واقع‌شدن باید طراحی‌های ویژه‌ای انجام شود. هرچند که تعدادی از کشورها نیز فواصلی را برای مناطقی از قبیل آب‌های سطحی، چاه‌های آب زیرزمینی و غیره عنوان کرده‌اند. در آیین‌نامه ایران نیز برای چاه‌های آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی و سواحل فواصلی ذکرشده است که به نظر می‌رسد به دلیل امکان تغییر شرایط و دخیل بودن مسائل تخصصی بهتر است که مانند بسیاری از کشورها جانمایی محل دفن در این مکان‌ها را در صورت لزوم منوط به نظر کارشناس کرده همین‌طور به دلیل اهمیت حوضه‌های آبی برای کشور بر رعایت طراحی‌های ویژه تأکید شود.

در خصوص مناطق با تأثیرات لرزه‌ای اغلب کشورها عنوان کرده‌اند که محل دفن به دلیل امکان آسیب به تجهیزات و بروز نشت در نزدیکی این مناطق نباید باشد و در صورت ضرورت حداقل فاصله جانمایی باید بنا به نظر کارشناس باشد. همین‌طور طراحی‌های ویژه‌ای انجام شود. صرفاً استرالیا رعایت فاصله ۱۰۰ متری را در آیین‌نامه خود آورده است. در این خصوص آیین‌نامه ایران رعایت فاصله ۲۰۰ متری را به‌عنوان شرط حداقل فاصله برای جانمایی محل دفن در این مناطق ذکر کرده که از آنجایی‌که بروز مشکل توسط خطرات لرزه‌ای تأثیر مستقیم بر روی آلودگی منابع آبی از قبیل آب‌های زیرزمینی و حتی سطحی را رقم می‌زند و از آنجا که منابع آب برای کشور بسیار دارای اهمیت است، بهتر است در آیین‌نامه ایران نیز قید شود که نه تنها نباید محل دفن در این مناطق باشد بلکه در صورت نزدیکی نیز رعایت طراحی‌های ویژه و نظر کارشناس برای لحاظ حداقل فاصله حتماً باید مدنظر قرار گیرد.

در خصوص مناطق مسکونی و جاده‌های دسترسی در کشورهایی که دراین‌باره صحبت کرده‌اند به این نکته اشاره‌شده که محل دفن نباید هیچ‌گونه مشکل بصری، صوتی و یا بهداشتی برای انسان‌ها ایجاد کند. این موارد در آیین‌نامه ایران نیز اشاره‌شده است که بهتر است توصیه‌هایی در رابطه با ایجاد فضای سبز و یا رعایت فاصله تا مسیرهای اصلی به میزانی که محل دفن به‌صورت عادی در معرض دید نباشد لحاظ شود.

در مورد پسماندهای ویژه نیز همان‌طور که مشاهده شد راهنمای مکانیابی تقریباً با راهنمای مکان‌یابی محل دفن سایر پسماندها مشابه است. این مسئله چند دلیل دارد. اول اینکه در برخی از کشورها (برای مثال

اتحادیهٔ اروپا و برخی دیگر از کشورهای توسعه یافته) اصولاً پسماندهای خطرناک بدون بی‌خطرسازی و تثبیت اجازهٔ دفن ندارند. پس از بی‌خطرسازی و تثبیت نیز دیگر جزء پسماندهای ویژه محسوب نمی‌شوند. بنابراین چیزی تحت عنوان محل دفن پسماندهای خطرناک وجود ندارد و در نتیجه راهنمایی برای آن تدوین نشده است.

در کشورهایی که امکان دفن وجود دارد نیز معیارهای مکانیابی عموماً مشابه هستند و تفاوت در معیارهای طراحی و اجرای لاینر، پوشش و راهبری و مدیریت مرکز دفن است. در چنین مواردی معیارهای طراحی سختگیرانه‌تر از محل‌های دفن سایر انواع پسماند هستند و به هیچ عنوان امکان دفن پسماندهای ویژه با سایر انواع پسماندها وجود ندارد (مگر در موارد خاص و پس از بی‌خطرسازی و تثبیت پسماند).

لذا به نظر می‌رسد در کشور ما نیز لازم است ابتدا معیارها و ضوابط ویژه‌ای در خصوص ویژگی‌های پسماندهای خطرناک قابل دفن لازم است تعریف شود و روش‌های تثبیت و بی‌خطرسازی و نوع پسماندی که استفاده از هر روش برای مدیریت آن مناسب است، در مواردی که امکان اجرای آن وجود دارد، مشخص شود. در این صورت انواعی از پسماند خطرناک که امکان دفن دارند مشخص خواهند شد. و برای این نوع پسماندها ضوابط مکان‌یابی محل دفن مشخص شوند. این ضوابط می‌توانند همان ضوابط مربوط به محل های دفن پسماندهای عادی باشند که در مورد معیارهایی مثل عمق آب زیرزمینی یا فاصله تا منابع آبی اصلی و ارزشمند و گسل‌ها، با اضافه شدن یک تبصره مختص پسماندهای ویژ، به صورت سختگیرانه‌تری وضع شده‌اند.

در نهایت اینکه لازم است امکان استفاده از فناوری‌های ساخت و ساز و مهندسی جدید که ممکن است در آینده فراهم شوند و نیز قابلیت‌های منطقه‌ای و اقلیمی بخش‌های مختلف کشور در نظر گرفته شوند. این مهم با اختصاص دادن موادی در ضوابط مبنی بر ارائهٔ شواهد و محاسبات کافی در خصوص کفایت ویژگی های طبیعی محل انتخاب شده، ممکن خواهد شد. با توجه به موارد مطرح شده، اصلاح ضوابط موجود به شرح زیر پیشنهاد می‌شود.

در مورد پسماندهای ویژه لازم به یادآوری است که لازم است راهنمای ناسازگاری پسماندها، پسماندهای قابل دفن و روش‌های بی‌خطرسازی و تثبیت برای پسماندهای خاص بایستی تهیه شوند تا پسماندهای ویژهٔ قابل دفن و روش‌های دفن یا پیش‌تصفیهٔ آن‌ها مشخص شوند.

۴-۴-۳- اصلاحات پیشنهادی برای ضوابط زیست‌محیطی سازمان حفاظت از محیط‌زیست ایران برای محل‌های دفع پسماندهای عادی و ویژه

ماده ۱: تعاریف و اصطلاحات به‌کاررفته در این ضوابط، همان تعاریف مندرج در قانون و آئین‌نامه اجرایی مدیریت پسماندها است.

ماده ۲: در انتخاب محل دفع پسماندهای عادی، باید کلیه معیارهای زیست‌محیطی، زمین‌شناسی، هیدرولوژی، هیدروژئولوژی، توپوگرافی، فیزیوگرافی، اقلیمی، خاکشناسی، مناطق چهارگانه تحت مدیریت سازمان، حریم خطوط انتقال مواد نفتی، آب و نیرو، راه‌های دسترسی، مناطق جمعیتی و سایر معیارهای مندرج در این ضوابط در نظر گرفته شوند. در مورد پسماندهای ویژه، الزامات پذیرش انواع پسماند ویژه، راهنمای ناسازگاری و روش‌های بی‌خطرسازی و تثبیت قبل از دفن برای پسماندهای خاص، بایستی مد نظر قرار گیرند.

ماده ۳: محل‌های دفع نباید در مسیر و حریم رودخانه‌های فصلی و دائمی، مسیل‌ها و آبراهه‌های منتهی به رودخانه‌ها واقع شوند.

تبصره: فقط در مورد محل دفن پسماندهای عادی، در آبراهه‌های فرعی و در اقلیم‌های کم بارش کشور (کمتر از ۲۵۰ میلیمتر در سال) در صورت ارائهٔ نظر کارشناس مرتبط و شواهد کافی مبنی بر کنترل رواناب و سیلاب و نیز ارائهٔ راهکارهای کنترلی، و در صورتی که ثابت شود تهدیدی برای آلودگی آب‌های سطحی ایجاد نخواهد شد، امکان احداث محل دفن در مسیل‌ها و آبراهه‌های فرعی وجود دارد.

ماده ۴: محل‌های دفع بایستی خارج از محدوده سیلاب با دوره بازگشت سیل ۱۰۰ ساله واقع شوند.

ماده ۵: انتخاب محل‌های دفع در مناطقی مانند تالاب‌ها، باتلاق‌ها، مرداب‌ها، دریاچه‌ها و برکه‌ها و موارد مشابه ممنوع است.

تبصره: محل دفن باید حداقل یک کیلومتر از مناطق یادشده فاصله داشته باشد.

ماده ۶: محل دفع باید حداقل یک کیلومتر از آب‌های جاری فاصله داشته باشد.

ماده ۷: محل دفع باید حداقل یک کیلومتر از سواحل شمالی و جنوبی کشور فاصله داشته باشند.

ماده ۸: محل دفع نباید روی آبخوان‌هایی که منبع تأمین آب منطقه است، انتخاب شود.

تبصره ۱: محل‌های دفع نباید در فاصله کمتر از ۴۰۰ متر از هرگونه چاه آب و یا در بالادست چاه‌های آب شرب قرار داشته باشد.

تبصره ۲: فقط در مورد محل دفن پسماندهای عادی، در مواردی که با حذف مناطق روی آبخوان، یافتن محل مناسب برای دفن دشوار یا غیراقتصادی خواهد بود، در صورتی که شواهد کافی در خصوص پایین بودن عمق آبخوان ارائه شود (بیش از ۱۵ متر) و نفوذ پذیری لایهٔ خاک دست نخوردهٔ زیر محل دفن به قدر کافی پایین باشد (کمتر از $۱۰^{-۸}$ متر بر ثانیه) و الزامات طراحی لاینر در نظر گرفته شده نشان دهند (برای

مثال از طریق مدلسازی) که شیرابهٔ محل دفن تهدیدی برای محیط زیست ایجاد نخواهد کرد، امکان احداث محل دفن روی آبخوان وجود دارد.

ماده ۹: محل‌های دفع نباید در مناطقی که به‌عنوان تغذیه آب‌های زیرزمینی محسوب می‌شود، واقع شود.

ماده ۱۰: محل دفع نباید در منطقه‌ای انتخاب شود که در آن، سطح آب زیرزمینی در ۱۰ ساله گذشته، در عمق کمتر از ۵ متر بوده است.

تبصره ۱: در طراحی مهندسی محل دفع، گودبرداری به‌گونه‌ای صورت پذیرد که پایین‌ترین بخش محل دفن، با سطح آب‌های زیرزمینی درازمدت منطقه حداقل ۲ متر فاصله داشته باشد.

تبصره ۲: فاصله تا سطح آب زیرزمینی تعیین شده بسته به کیفیت آب آبخوان، وسعت محل دفن و میزان اهمیت آبخوان و با ارئهٔ نظر کارشناس مرتبط، می‌تواند تغییر کند. در صورتی که فاصله کمتری در نظر گرفته می‌شود بایستی شواهد کافی مبنی بر رعایت الزامات فنی در طراحی لاینر و تأیید کارشناس مربوطه مبنی بر حفاظت کافی از منابع آب زیرزمینی ارائه شود.

ماده ۱۱: محل دفع باید حداقل یک کیلومتر از سازه‌های هیدرولیکی فاصله داشته باشد.

تبصره: این فاصله بسته به وسعت محل دفن، اهمیت و نوع سازهٔ هیدرولیکی موجود می‌تواند کمتر باشد. تشخیص این موارد بسته به شرایط و از طریق بررسی‌ها و مطالعات کارشناس مرتبط تعیین خواهد شد.

ماده ۱۲: محل دفع نباید در شاخه‌های اصلی خشک یا آبی منتهی به سدها انتخاب شود.

ماده ۱۳: محل دفع نباید در مناطقی با احتمال بروز بهمن، رانش زمین، دارای پی‌سنگ دولومیتی، آهکی، کارستی و به طور کلی انحلال‌پذیر که احتمال ایجاد فروچاله و زمین‌لغزش در آن‌ها وجود دارد، مناطق تحت فرسایش بادی و آبی، و به طور کلی مناطق ناپایدار و با احتمال وقوع سایر حوادث غیرمترقبه طبیعی واقع شوند.

ماده ۱۴: مکان دفن نباید در مسیر و حریم گسل‌های فعال شناخته‌شده و مناطق دارای فعالیت لرزه‌ای قرار داشته باشد.

ماده ۱۵: محل دفع باید ۲۰۰ متر از محدوده‌های قابل پیش‌بینی برای خطرات زمین‌لرزه فاصله داشته باشد.

ماده ۱۶: سابقهٔ فعالیت‌های معدنی در گذشته و امکان فعالیت‌های معدنی در آینده تعیین و تأثیر احتمالی آن در پایداری محل دفن و آلودگی منابع آبی در صورت احداث محل دفن بایستی ارزیابی شود. به لحاظ نوع کاربری تشخیص اهمیت منابع معدنی موجود بسته به شرایط محلی به نظر کارشناس مرتبط بستگی دارد.

ماده ۱۷: ازنظر بادهای غالب، محل دفع در محلی انتخاب شود که باد غالب آلودگی‌ها را از مناطق جمعیتی و مناطق حساس اکولوژیکی دور کند. مناطقی که در صورت ساخت محل دفن در آن‌ها، احتمال انتقال بو و آلودگی توسط باد غالب به مناطق جمعیتی وجود دارد بایستی حذف شوند.

ماده ۱۸: محل دفع نباید در داخل مناطق حفاظتی تحت پوشش سازمان قرار داشته باشد.

تبصره : محل دفع باید حداقل یک کیلومتر از مناطق فوق فاصله داشته باشد.

ماده ۱۹: ازنظر زیبایی‌شناختی، به‌گونه‌ای عمل شود که محل دفن از مناطق جمعیتی، راه‌ها، تفریحگاه‌ها و مانند آن‌ها چشم‌انداز نداشته باشند.

ماده ۲۰ محل دفع باید از حریم فرودگاه‌های بین‌المللی و محلی به ترتیب ۸ و ۳ کیلومتر فاصله داشته باشد.

ماده ۲۱: زمین‌های شامل مکان‌های باستانی و تاریخی که در فهرست آثار تاریخی- ملی قرار دارند، نباید به عنوان محل دفع انتخاب شوند و حداقل فاصله محل‌های دفع با مراکز تاریخی و باستانی باید ۳ کیلومتر باشند.

ماده ۲۲: مراکز دفع باید از جاده اصلی، بزرگراه‌ها و آزادراه‌ها ، حداقل ۳۰۰ متر فاصله داشته باشد.

ماده ۲۳: محل دفع باید حداقل ۱ کیلومتر با مناطق موجود یا توسعه آتی مسکونی، بیمارستانی، آموزشی، زیارتی، تجارتی و صنعتی فاصله داشته باشد.

ماده ۲۴: محل‌های دفع باید حداقل ۵۰۰ متر از خطوط انتقال نیرو، نفت و گاز فاصله داشته باشند.

ماده ۲۵: با توجه به محدودیت‌های مکانی، زمین‌شناسی، توپوگرافی و اقلیمی در استان‌های شمالی کشور، کارگروه استانی مدیریت پسماند می‌تواند ضوابط محلی ماده‌های ۶، ۱۰، ۷ و ۲۳ و تبصره ماده‌های ۵ و ۸ را تعیین و جهت تصویب به شورای عالی حفاظت محیط‌زیست ارسال نماید.

ماده ۲۶: نظارت بر حسن اجرای این ضوابط بر عهده سازمان است.

۵- بهسازی محل‌های دفن موجود

۵-۱-۱- مقدمه

فرایند بهسازی محل‌های دفن پسماند به شدت وابسته به وضعیت موجود محل دفن است و در هر سایت می‌تواند اقدامات متفاوتی را جهت بهسازی محل طراحی و اجرا کرد. در نتیجه نمی‌توان یک روش‌شناسی یکسان برای کلیه‌ی محل‌های دفن ارائه کرد. به عبارت دیگر، گستره‌ی عملیات بهسازی در هر محل به مشکلات ایجادشده در آن محل بستگی دارد. لذا عملیات بهسازی در یک نقطه پربارش کاملا متفاوت از یک نقطه کم‌بارش است. از سوی دیگر، بهسازی محل دفن ارتباط مستقیمی به کاربری‌های نهایی محل دفن دارد.
با توجه به موارد فوق، در این بخش، برخی اقدامات که می‌تواند در اغلب پروژه‌های بهسازی مشترک باشد ارائه می‌شود.

۵-۱-۲- تعیین توپوگرافی محل دفن

برداشت توپوگرافی محل در حقیقت اولین گام برای ارائه طرح بهسازی مرکز دفن است. از آنجائی که نیاز به تعیین هندسه وضع موجود شیب‌ها، راه‌های دسترسی، عوارض پای مدفن، مسیرهای احتمالی شیرآبه و نیز محدوده مورد نیاز برای پیشروی پای شیب‌ها بسمت نواحی خارج از محدوده لندفیل می باشد، برداشت وضعیت فعلی توپوگرافی لندفیل ضروری می باشد. نکته مهم این است که برای تعیین میزان حجم و عمق پسماند دپو شده در مدفن‌ها، تعیین توپوگرافی بستر زمین نیز لازم می باشد که در بسیاری از موارد از سازمان‌های نقشه برداری قابل دریافت می باشد. براساس انطباق مختصات در این دو نقشه توپوگرافی ارتفاع تقریبی پسماند در مدفن و شیب بخش‌های مختلف مدفن قابل ارزیابی هست.

۵-۱-۳- ارزیابی مشخصات ژئوتکنیکی بستر محل دفن

انجام مطالعات ژئوتکنیک بستر بکر مدفن جهت تعیین مشخصات ژئوتکنیکی آن مرحله بعدی در بهسازی مدفن‌های قدیمی می باشد. نتایج این مطالعات در تعیین ظرفیت باربری زمین مدفن، تحلیل پایداری استاتیکی و دینامیکی شیب‌ها، تعیین تغییرشکل‌های محتمل و ارزیابی اندرکنش ژئوسنتتیک‌ها با زمین مورد نیاز است. برای انجام این مطالعات می توان از حفر گمانه در بستر بکر برای تعیین لایه بندی و خصوصیات خاک و نیز آزمایش‌های تعیین سرعت موج برشی برای تعیین کمی میزان سخته لایه بندی‌ها کمک گرفت. قابل ذکر است که انجام سایر آزمایش‌های درجا و آزمایشگاهی (از قبیل تست‌های SPT، CPT، تست‌های نفوذپزیری، تست‌های مقاومت برشی و غیره) بسته به شرایط مدفن ممکن است مورد نیاز باشد.

۵-۱-٤- ارزیابی مشخصات ژئوتکنیکی پسماندهای دفن‌شده

علاوه بر ویژگی‌های خاک محل، ویژگی‌های ژئوتکنیکی خود پسماند و تحلیل‌های مربوط به پایداری استاتیکی و دینامیکی و همچنین محاسبات مربوط به نشست بسیار مهم هستند. از طرف دیگر با توجه به اینکه پسماندهای موجود در مدفن‌های کار شده به دلایل مختلف طی گذشت زمان تغییر ماهیت می دهند (تجزیه شدگی)، و ویژگی‌های ژئوتکنیکی و زیست محیطی آنها تغییر می کند و در نتیجه نمی توان فقط بر اساس پسماندهای تازه به تعیین و تفسیر ویژگی‌های ژئوتکنیکی و زیست محیطی لندفیل‌ها پرداخت. بنابراین یکی از مهمترین مراحل بهسازی مدفن‌های موجود تعیین ویژگی‌های فیزیکی و مشخصات ژئوتکنیکی پسماندهای موجود در مدفن (هم از دیدگاه ژئوتکنیکی و هم زیست محیطی) تحت تاثیر عوامل مختلفی از جمله زمان، سربار، شرایط جوی، میزان تراکم و غیره می باشد. در این جا بخشی از مهمترین خصوصیاتی که باید ارزیابی شوند ذکر شده است:

۵-۱-٤-۱- خصوصیات فیزیکی (پایه)

۵-۱-٤-۱-۱- ترکیبات و اجزاء پسماند

ترکیبات و مشخصات مصالح پسماند باتوجه به نوع فرهنگ مصرفی جامعه، وضع اقتصادی، عادات غذایی، فصل و شرایط آب وهوایی در مناطق و جوامع گوناگون بسیار متغیر است. نوع و درصد اجزاء تشکیل دهنده پسماند جامد شهری یکی از فاکتورهای اصلی تعیین کننده پارامترهای رفتاری آن می باشد. عموماً نمونه‌های پسماند شهری شامل اجزاءگوناگونی همچون پسماندهای موادغذایی، ضایعات باغی و فضای سبز، میوه‌ها و سبزیجات، کاغذ و مقوا، چوب، فلزات، پلاستیک‌ها، لاستیک، خاک، سنگ، سرامیک، شیشه و غیره هستند. اجزاء پسماند به دو گروه اصلی مواد آلی (ارگانیک) و مواد غیر آلی تفکیک می شوند. گروه مواد آلی به دو زیر گروه مواد فساد پذیر و غیر فساد پذیر و گروه مواد غیر آلی به دو زیر گروه مواد قابل تجزیه و غیر قابل تجزیه تفکیک می شوند، که میزان هر کدام از این مواد باید تعیین شود.

۵-۱-٤-۱-۲- رطوبت

با توجه به تاثیر قابل توجه این پارامتر بر رفتار توده پسماند، میزان رطوبت پسماند به عنوان یکی از پارامترهای اولیه برای تعیین خصوصیات پسماند مورد بررسی قرار می گیرد و در تحقیقات محققین مختلف تعیین مقدار این پارامتر به عنوان یکی از مشخصات پایه پسماند دیده می شود. نکته مهم این است که درصد رطوبت متوسط پسماند با پیشرفت روند تجزیه، تغییر می کند که باید در بهسازی مدفن‌ها بدلیل وجود پسماند با سن‌های مختلف مورد توجه قرار گیرد.

۵-۱-٤-۱-۳- محتوی مواد آلی

درصد مواد آلی در نمونه‌های پسماند به عنوان یکی از پارامترهای اصلی تعیین کننده خصوصیات فیزیکی در لندفیل‌ها بوده و بر رفتار مکانیکی لندفیل تاثیر قابل توجهی دارد؛ به همین جهت در اغلب مطالعات مربوط به خصوصیات پسماند، این ویژگی به عنوان یکی از پارامترهای پایه تعیین می گردد.

۵-۱-٤-۱-٤- چگالی ویژه (Gs)

هر چند تعیین دقیق چگالی ویژه پسماند جامد شهری به علت طبیعت پیچیده آن ممکن است امکان پذیر نباشد، اما با بررسی ادبیات فنی و مقایسه ترکیبات پسماندهای موجود با سایر مطالعات می توان محدوده ای را برای این پارامتر بدست آورد.

۵-۱-٤-۱-۵- وزن واحد

مقدار وزن واحد توده پسماند برای طراحی و آنالیز لندفیل‌ها و همچنین مطالعات آزمایشگاهی خصوصیات پسماندهای جامد شهری از ویژگی‌های اصلی بوده که تاثیر زیادی بر سایر پارامترهای پسماند دارد. روش‌های مختلف ارزیابی وزن واحد پسماند به دو گروه اصلی روش‌های محلی و روش‌های آزمایشگاهی تفکیک گردید.

۵-۱-٤-۲- خصوصیات ژئوتکنیکی

۵-۱-٤-۲-۱- دانه بندی

اگر چه به علت وجود قطعات و اجزاء بزرگ و ناهمگنی پسماند تعیین دانه بندی آن بسیار مشکل و وقت گیر است، اما به علت تاثیر قابل توجه توزیع دانه بندی بر رفتار مکانیکی پسماند تعیین این پارامتر در هر مدفن ضروری می باشد.

۵-۱-٤-۲-۲- حدود اتربرگ

آزمایشات حدود اتربرگ روی بخش ریز دانه عبوری الک استاندارد شماره ۴۰ نمونه‌های پسماند در اعماق مختلف لندفیل انجام می شود، تعیین این پارامتر برای نمونه پسماند تازه تقریباً غیر ممکن بوده و به تدریج با افزایش تجزیه پسماند و پیشرفت سالخوردگی و تولید بخش ریزدانه، تعیین حدود اتربرگ موضوعیت پیدا می کند.

۵-۱-٤-۲-۳- مقاومت برشی

بررسی مقاومت برشی پسماند جامد شهری به عنوان یکی از پارامترهای مهم برای طراحی مراکز دفن و ارزیابی امکان توسعه و استفاده های بعدی لندفیل ها، مطرح می باشد. مقاومت برشی پسماند ها بدلیل ابعاد بزرگ برخی از مواد تشکیل دهنده آنها غالبا در مقیاس های بزرگ باید انجام شود. همچنین در این آزمایش ها توجه به سن پسماند، چگالی درجای آن، میزان رطوبت، سرعت بارگذاری، سطح کرنش و سربار وارده مهم می باشد.

۵-۱-٤-۲-٤- پارامترهای نشست پذیری پسماند

پیش بینی میزان نشست پسماند در مدفن های موجود یکی از عوامل مهم در بهسازی مدفن ها می باشد. عدم پیش بینی مناسب نشست ها می تواند منجر به آسیب به بخش های مختلف لندفیل از جمله لوله های جمع آوری گازها، مسیرهای زهکشی شیرابه، یا سایر سازه های موجود در لندفیل شود. همچنین پیش بینی میزان تغییرشکل های مدفن روی طرح های بهسازی سطحی شیب ها و لاینرهای موجود تاثیرگذار است. روش ها و مدل های مختلفی برای پیش بینی نشست پسماند ها در لندفیل ها وجود دارد که هر کدام نیازمند انجام تست های آزمایشگاهی و درجای مشخصی هستند و گاهی نیازمند برداشت های میدانی نشست ها جهت کالیبره کردن هستند.

۵-۱-۵- ارزیابی پایداری و نشست لندفیل های موجود قبل و بعد از بهسازی

مفهوم طراحی لندفیل ها به شرایط زمین، ژئولوژی و هیدروژئولوژی محل، اهمیت منطقه مورد نظر و موقعیت لندفیل بستگی دارد. بررسی لندفیل ها باید اطلاعات کافی از منطقه ی مورد نظر جهت طراحی مطلوب را مهیا کند. پایداری مراکز دفن پسماند به دلیل اینکه گسیختگی این شیب ها منجر به از دست رفتن زندگی، خسارت و آلودگی های سطحی و آب های زیر زمینی می شود، یکی از موضوعات بسیار مهم می باشد. گسیختگی در مراکز دفن پسماند می تواند به دلیل نبود مقاومت برشی و نشست بیش از حد در پسماند ها، لایه ی اساس و پوشش نهایی باشد. شناخت مشخصات مهندسی پسماند نیازمند ارزیابی هریک از مدهای گسیختگی و سپس طراحی در مقابل رخ داد آنهاست. پایداری محل های دفن پسماند توسط فاکتورهای زیر قابل کنترل می باشد:

- خصوصیات خاک اطراف
- مشخصات مقاومتی و وزن مصالح خاکریزی شده
- زاویه استقرار شیب
- سطح شیرابه و حرکت با لندفیل
- نوع پوشش و

- مقاومت پوشش در مقابل فرسایش

در مدفن های موجود برای بهسازی شیب ها لازم است که تحلیل های پایداری یک بار برای شیب در حالت عادی و بار دیگر برای شیب همراه با روکش بهسازی شده انجام گیرد. تحلیل های پایداری قبل از بهسازی به دو دلیل انجام می گیرد:

- بررسی وضعیت پایداری فعلی جهت ارزیابی ایمنی در شیب برای بهسازی
- انجام تحلیل های برگشتی جهت تعیین پارامترهای معادل مقاومتی و مقایسه با داده های آزمایشگاهی

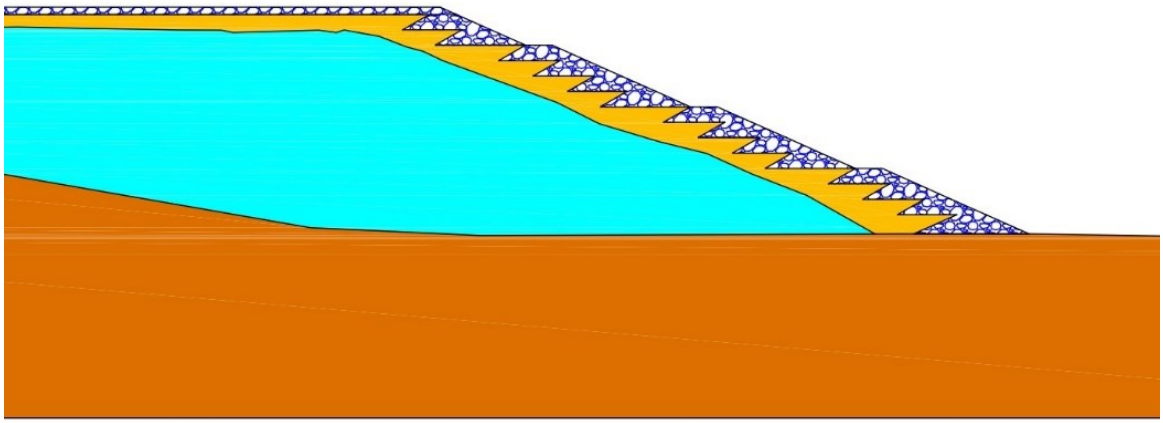
ارزیابی پایداری شیب ها همراه با روکش ها و پشته های اجرا شده باید بگونه ای انجام گیرد که تضمین کننده ایمنی شیب در بلند مدت باشد. در این تحلیل ها باید به مبحث نشست و تغییرشکل های ایجاد شده ناشی از گذشت زمان نیز توجه خاصی کرد. گسیختگی در شیب های مدفن ها ممکن است در داخل توده پسماند، گسیختگی عمیق در فونداسیون خاکی، گسیختگی در اینترفیس ژئوسنتیک ها و فونداسیون خاکی، گسیختگی پوشش نهایی و یا بصورت ترکیبی از این گسیختگی ها باشد. زاویه شیب نهایی لندفیل ها براساس توصیه های آیین نامه های مختلف بین V:2.5H۱ تا V:4.5H۱ متغیر می باشد. برای تحلیل پایداری شیب لندفیل ها روش های مختلفی وجود دارد، اما امروزه با گسترش روش های محاسباتی کامپیوتری، استفاده از نرم افزارهای محاسباتی در این زمینه گسترش زیادی یافته است. تحلیل اجزا محدود و تعادل حدی به دلیل توانایی آنها جهت تعیین پایداری سازه های ژئوتکنیکی از جمله روش های بسیار مهمی برای تحلیل پایداری این شیب ها می باشند.

پیش بینی نشست پسماند ها به دلیل طبیعت ناهمگنی آن و نبود اطلاعاتی در مورد اندازه گیری های نشست لندفیل ها بسیار سخت می باشد. مکانیزم نشست پسماند ها بسیار پیچیده می باشد و به تعداد متعددی از فاکتورها بستگی دارد. برای ارزیابی نشست مدفن ها نیز می توان از روابط تجربی ارائه شده در مطالعات مختلف استفاده کرد. بدلیل وجود محدودیت در نرم افزارهای مربوط به تحلیل تغییرشکل های پسماند ها استفاده از روش های محاسباتی کامپیوتری در این زمینه توصیه نمی شود. پسماند ها معمولا نشستی در حدود ۵ تا ۳۰ درصد ضخامت اصلی تحت وزن خود بسته به فاکتورهایی همانند درجه تراکم اولیه، شرایط محیطی و تجزیه دارند.

اصلاح هندسی شیب ها

شیب مدفن ها پس از ارزیابی پایداری آنها با استفاده از اجرای پشته های متناوب باید اصلاح شود. شیب های بهسازی شده مدفن پسماند از پسماند های انباشته شده و لایه خاک خارجی که در قسمت بیرونی قرار دارد تشکیل می شود. این شیبی شکل نهایی محل دفن پسماند را تشکیل می دهد و باید دقت کافی در سخات آن در نظر گرفته شود زیرا در صورت عدم انتخاب عاقلانه ممکن است استفاده نهایی سایت را محدود کند. شیب نهایی باید با سطح زمین و خصوصیات خاک محل دفن پسماند متناسب باشد. ساخت تدریجی پوشش نهایی همراه با دفن پسماند در پشت آن، روش ایده آل برای بهسازی شیب ها است. بطوری که هر لایه پوشش نهایی

(تقریباً با ارتفاع ۲ تا ۳ متر) اجرا می شود و سپس بعد از پر شدن پشت این لایه با پسماند لایه بعدی پوشش نهایی باید ساخته شود. هنگامی که لایه جدید بر روی لایه های قبلی ساخته می شود، عقب نشینی ای در حدود ۲ تا ۳ متر برای هر لایه باید در نظر گرفته شود. ارتفاع هر لایه نباید از ۵ متر تجاوز کند. از آنجا که هر لایه نهایی شیب مدفن پسماند معمولاً بر روی یک لایه دیگر از مدفن پسماند ساخته می شود، پایداری شیب تا حد زیادی به تراکم و پایداری لایه های زیرین مدفن پسماند بستگی دارد.



شکل ۵-۱- نمای شماتیک نمونه هندسه پشته های اصلاحی برای شیب مدفن ها

۵-۱-٦- تعیین طبقات شیب، شرایط، مسیر و میزان آب های سطحی و رواناب ها

جهت جلوگیری از نفوذ آب های سطحی و رواناب ها به مدفن های پسماند و جلوگیری از آلودگی آب های سطحی، باید مسیر و میزان آب های سطحی و رواناب ها تعیین شده و کانال هایی جهت کنترل، جمع اوری و هدایت این آب ها به خارج از مدفن مورد نظر طراحی شود.

از آنجا که شیب مدفن پسماند به راحتی فرسایش می یابد، مهم است که اقدامات پیشگیرانه ای انجام شود. اقدامات پیشگیرانه در برابر فرسایش ناشی از بارندگی شامل کاشت گیاهان و چمنزارها در شیب است. نصب سیستم زهکشی موثرترین روش برای جلوگیری از فرسایش است. آب باران باید از مناطق شیب دار جمع آوری و منحرف شود و اجازه ورود آن به داخل لندفیل ها داده نشود تا از ایجاد شیرابه بیشتر جلوگیری شود. گاهی اوقات چشمه های آب می توانند در کنار شیب مدفن پسماند تشکیل شوند، که باید برای جمع اوری آنها نیز تمهیداتی همانند شیرابه ها در نظر گرفت. سنگهای خرد شده را می توان در قسمت داخلی شیب مدفن پسماند قرار داد تا به عنوان لایه زهکشی عمل کرده و سیالات موجود در محل دفن پسماند را برای جمع آوری توسط سیستم جمع آوری شیرابه در داخل مدفن نگه دارد. در صورت نصب سیستم جمع آوری شیرابه در محل دفن پسماند، این این لایه زهکشی مناسب ترین روش کنترل جریان های مایعات است.

۱-۱- مدلسازی سیستم لاینر تحتانی

برای درک بهتر از میزان مؤثر بودن طرح‌های مختلف لاینر در شرایط جوی و ژئوهیدرولوژیکی متفاوت، چند سناریوی مختلف برای لندفیل‌هایی در ابعاد متفاوت در نظر گرفته شده و مدلسازی شده‌اند. برای مدلسازی انتقال آلودگی در زیر محل دفن از مدل POLLUTE v7 استفاده شده است. این برنامهٔ کامپیوتری معادلهٔ یک بعدی پراکنش-فرارفت[۱] را برای یک محیط لایه لایه حل می‌کند. این مدل غلظت یک آلاینده را در زمان و عمق مشخصی که توسط کاربر تعریف می‌شود محاسبه می‌کند.

بر خلاف فرمول‌بندی‌های المان محدود و تفاضل محدود، POLLUTE نیازی به استفاده از یک روش پیش‌روی زمانی (time-marching) ندارد. این مدل از فرمول‌بندی لایهٔ محدود استفاده می‌کند که نتایج عددی دقیقی به دست می‌دهد و از طرفی نیاز به داده‌های ورودی و محاسبات نسبتاً کمی دارد. بنابراین در شکل اولیهٔ آن، غلظت آلاینده در هر زمان تعیین شده‌ای مستقیماً می‌تواند محاسبه شود بدون اینکه نیاز باشد غلظت در زمان‌های قبل از آن محاسبه شود.

همچنین به منظور محاسبهٔ نرخ تراوش از درون کاور از مدل HELP استفاده شده است. از آنجا که در گزارش اصلی به این مدل پرداخته شده است، در ادامه معرفی مختصری از نرم‌افزار POLLUTE ارائه شده و سپس فرضیات مدلسازی و خروجی‌های مدل و در نهایت نتیجه‌گیری به دست آمده به ترتیب ارائه شده‌اند.

۱-۱-۱- مکانیزم‌های انتقال و مباحث تئوری مدل POLLUTE

مهاجرت آلاینده‌های محلول در لایهٔ زیرسطحی از مکانیزم‌های انتقال مختلفی تبعیت می‌کند که به نوع خاک، حضور درز و شکاف، درجهٔ اشباع و برهم‌کنش خاک و آلاینده بستگی دارد. برای رس و سیلت اشباع، مکانیزم‌های اصلی فرارفت و انتشار هستند در حالی که برای ماسهٔ اشباع مکانیزم‌های اصلی فرارفت و پراکنش هستند. در خاکی که دارای درز و شکاف است مکانیزم‌های اصلی فرارفت و پراکنش در طول درز و شکاف‌ها و انتشار از شکاف‌ها به ماتریکس است. خاک‌هایی که حاوی ذرات رس یا مادهٔ آلی هستند ممکن است با جذب آلاینده مهاجرت آن را به تأخیر بیندازند.

[۱] Dispersion-advection equation

مهاجرت آلاینده در یک بعد برای مادهٔ سالم (بدون درز و شکاف) توسط معادلهٔ زیر در POLLUTE مدل می‌شود:

$$n\ dc/dt = n\ D\ d^2c/dz^2 - n\ v\ dc/dz - \rho\ K_d\ dc/dt - n\ \lambda\ c$$

where,
- c = concentration of contaminant at depth z at time t,
- D = coefficient of hydrodynamic dispersion at depth z,
- v = groundwater (seepage) velocity at depth z,
- n = porosity of the soil at depth z,
- ρ = dry density of the soil at depth z,
- K_d = distribution/partitioning (sorption) coefficient at depth z,
- $v_a = nv$ = Darcy velocity,
- λ = decay constant of the contaminant species (i.e., the reciprocal of the species mean half life times ln 2).

همچنین در POLLUTE این امکان فراهم شده است که برای ساخت یک مدل، لایه‌های مختلف محل دفن به صورت جداگانه توسط کاربر تعریف شوند یا از پکیج سریع و آمادهٔ مدل برای شبیه‌سازی محل دفنی با لاینر تک یا دوگانه (مطابق تعریف زیربخش D سازمان محیط زیست ایالات متحده) استفاده شود. در هر دو حالت می‌توان مشخصات هر لایه را تعریف کرد. در ادامه سناریوهای استفاده شده در این مدلسازی و لاینر و سیستم جمع‌آوری شیرابهٔ مدل شده تشریح شده‌اند.

۱-۱-۲- فرضیات مدل‌سازی

شکل ۱ کلیات شرایط مدل شده را نشان می‌دهد. هدف از مدلسازی بررسی شرایط مختلف مثل ویژگی‌های اقلیمی و نوع لاینر استفاده شده، بر وسعت انتشار و غلظت آلایندهٔ منتشر شده است. برای این منظور بسته به تناژ ورودی به محل دفن (کوچک، متوسط و بزرگ) و میزان بارش حالت‌های مختلف مطابق جدول ۱ در نظر گرفته شدند. همچنین از آنجا که سرعت آب زیرزمینی، ضخامت لایهٔ خاک طبیعی زیر محل دفن و ضخامت آن نیز پارامترهای مهمی هستند که بر سرعت و مقدار انتقال آلاینده تأثیرگذار هستند، این پارامترها نیز وارد شده‌اند تا در نهایت سناریوهای محتمل با توجه به شرایط اقلیمی کشور به صورت کلی مدلسازی شوند.

جدول (۱-۱) پارامترهای مؤثر در طراحی محل دفن و حدود تغییرات آن‌ها

بارش (میلیمتر در سال)	تناژ ورودی به محل دفن (تن در روز)	سرعت آب زیرزمینی (متر در روز)	هدایت هیدرولیکی خاک دست نخورده زیر محل دفن (متر بر ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی زیر محل دفن (متر)
۱۰۰۰ (منطقه مرطوب با بارش بیشتر از ۱۰۰۰)	بیشتر از ۵۰۰	۰٫۱ (سرعت کم)	$۱۰^{-۵}$ (بالا)	۱۰
۵۰۰ (منطقه معتدل با بارش ۲۵۰ تا ۱۰۰۰)	۱۰۰ تا ۵۰۰	۰٫۴ (سرعت متوسط)	$۱۰^{-۶}$ (متوسط)	۵
۲۵۰ (مناطقه خشک با بارش کمتر از ۲۵۰)	کمتر از ۱۰۰	۰٫۸ (سرعت بالا)	$۱۰^{-۸}$ (پایین)	۵

برای مدلسازی آلایندهٔ کلر با غلظت اولیهٔ ۱۵۰۰ mg/L انتخاب شده است. جرم آلاینده به صورت محدود و مطابق داده‌های شکل ۱ فرض شده است. برای مدلسازی داده‌های جدول یک به صورت ورودی‌های مناسب برای مدل تبدیل شده‌اند. تناژ ورودی به صورت ابعاد محل دفن به مدل معرفی شده است. برای این منظور عمر فعال محل دفن ۱۵ سال، دانسیته پسماند فشرده شده در محل دفن ۸۰۰ kg/m^3 در نظر گرفته شده است. از آنجا که مدلسازی در یک بعد انجام می‌شود عرض محل دفن اهمیتی در مدل ندارد. بنابراین طول در نظر گرفته شده برای محل دفن برای ورود به مدل POLLUTE به صورت جدول زیر در نظر گرفته شده است. منظور از طول محل دفن، بعدی است که در امتداد جریان آب زیرزمینی قرار دارد.

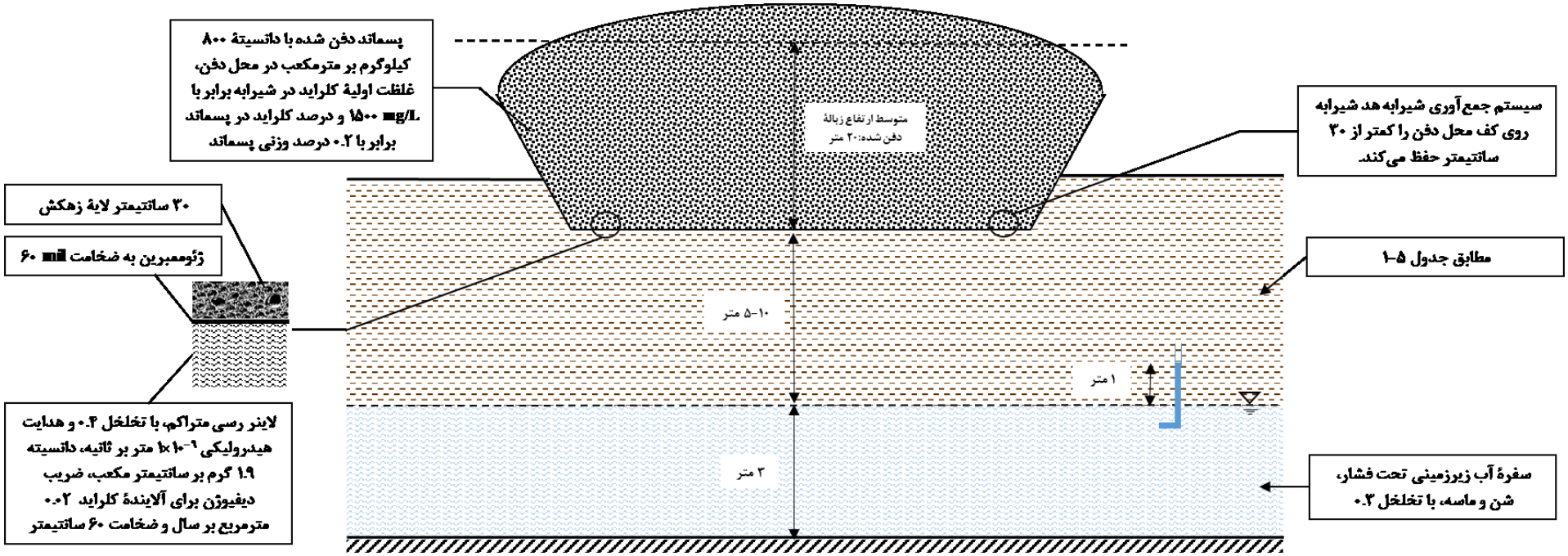
جدول (۱-۲) ابعاد محل دفن

اندازه محل دفن	تناژ ورودی به محل دفن (تن در روز)	مساحت حدودی محل دفن (هکتار)	طول محل دفن (در جهت حرکت آب زیرزمینی (متر)
کوچک	۵۰	۲	۲۰۰
متوسط	۵۰۰	۱۷	۵۰۰
بزرگ	۱۰۰۰	۳۵	۱۰۰۰

همچنین با استفاده از نرم‌افزار HELP داده‌های اقلیمی بارش و تبخیر و تعرق به صورت نرخ تراوش از درون پوشش محل دفن محاسبه و به مدل معرفی شدند. مدل HELP برای شش شهر در ایالات متحده با متوسط بارش سالیانهٔ ۱۰۶ تا ۱۴۱۰ میلیمتر در سال اجرا شد و نرخ تراوش از درون کاور به صورتی که در جدول ۳-۱ نشان داده

شده است به دست آمد. با استفاده از این داده‌ها نمودار شکل ۲-۱ به دست آمد و به عنوان ورودی مدل POLLUTE از آن استفاده شد. علاوه بر بارش درصد رطوبت پسماند نیز در تولید شیرابه مؤثر است. از آنجا که در کشور ما (به خصوص در مناطق کم بارش) درصد قابل توجهی از شیرابهٔ تولید شده به رطوبت پسماند وابسته است، درصد رطوبت پسماند ۳۵٪ (حجمی) در نظر گرفته شده و لایهٔ پسماند نیز در مدل HELP لحاظ شده (با ارتفاع متوسط ۲۰ متر). بنابراین عدد گزارش شده تحت عنوان نرخ تراوش از کاور درواقع نرخ تراوش شیرابه به سیستم جمع‌آوری شیرابه (با لحاظ کردن رطوبت پسماند است).

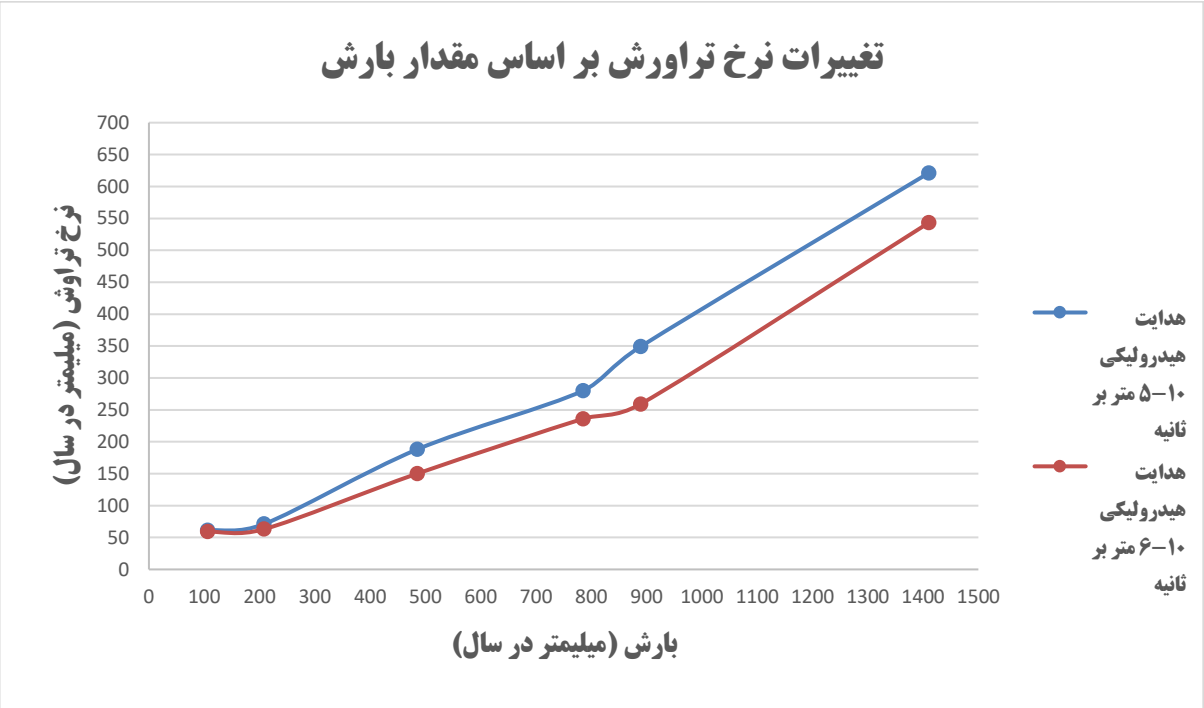
مدل POLLUTE تنها تأثیر نرخ تراوش از درون کاور را در تولید شیرابه در نظر می‌گیرد و درصد رطوبت پسماند را ناچیز فرض می‌کند. از آنجا که شیرابهٔ اولیه در اثر درصد رطوبت خود پسماند در بازهٔ فعال محل دفن تولید شده و پس از آن بیشتر حجم شیرابهٔ تولیدی مربوط به نزولات جوی است، معمولاً در مدلسازی از آن صرف‌نظر می‌شود. این حالت در مورد پسماند کشورهای پردرآمد که درصد پسماند آلی در پسماند دفن شده در آن‌ها کم است مطابقت خوبی با واقعیت دارد. با این حال در کشور ما که درصد رطوبت پسماند بالاست بخش زیادی از شیرابه (به خصوص در اقلیم‌های کم‌بارش و خشک) مربوط به شیرابهٔ اولیه است. برای در نظر گرفتن شرایط خاص پسماند کشور مطابق آنچه گفته شد عمل شده است. بدیهی است در شرایطی که پسماند آلی دفن نمی‌شود (برای مثال کمپوست می‌شود) و نقشی در تولید شیرابه ندارد کافی است نرخ تولید شیرابه برای آن شرایط خاص محاسبه شده و سپس مطابق جداول عمل شود. بنابراین طبقه‌بندی اقلیمی در واقع بر اساس میزان بارش، تبخیر و تعریق و سایر عوامل جوی و آب و هوایی و نیز درصد رطوبت و ظرفیت میدانی پسماند انجام می‌شود. مبنا در طبقه‌بندی شرایط اقلیمی متوسط تراوش سالیانهٔ شیرابه به سیستم جمع‌آوری شیرابه است.



شکل (۱-۱) شرایط مدلسازی

جدول (۱-۳) میزان بارش ورودی به مدل HELP و تراوش به دست آمده از کاور.

بارش (میلیمتر در سال)	تراوش (میلیمتر در سال) از کاوری به ضخامت ۶۰ سانتیمتر و هدایت هیدرولیکی $۱۰^{-۵}$ متر بر ثانیه
۱۰۶	۶۱
۲۰۸	۷۱
۴۸۵	۱۸۸
۷۸۵	۲۸۰
۸۸۹	۳۴۹
۱۴۱۰	۶۲۱



شکل (۱-۲) نرخ تراوش از کاور بر حسب مقدار بارش

لازم به ذکر است که سعی شده در فرضیات مدلسازی شرایط بحرانی لحاظ شوند. در نهایت ورودی‌های مدل مطابق شکل ۱-۱ و جدول ۴-۱ تعریف شده‌اند. برای هر محل دفن (بزرگ، متوسط و کوچک) نه حالت (سه اقلیم و در هر حالت شرایط عدم وجود لاینر، یک لایه لاینر رسی، یک لایه ژئوممبرین و لاینر رسی به اضافهٔ ژئوممبرین) مدل شده‌است. در ادامه نتایج به دست آمده از خروجی مدل ارائه شده‌اند.

جدول (۱-۴) متغیرهای لحاظ شده در مدلسازی

حجم پسماند دفن شده		شرایط اقلیمی		سرعت آب زیرزمینی (متر در سال)	هدایت هیدرولیکی لایه خاک طبیعی	
طول محل دفن در امتداد جریان آب زیرزمینی (متر)	نوع محل دفن	نرخ تراوش از درون کاور (متر در سال)	شرایط اقلیمی		هدایت هیدرولیکی (متر در ثانیه)	ضخامت (متر)
۱۰۰۰	بزرگ	۰,۴۰۸	بارش زیاد (۱۰۰۰ میلیمتر در سال)	۱۸ (سرعت کم)	$۱۰^{-۵}$ (بالا)	۱۰
۵۰۰	متوسط	۰,۱۹۵	بارش متوسط (۵۰۰ میلیمتر در سال)	۱۴۶ (سرعت متوسط)	$۱۰^{-۶}$ (متوسط)	۵
۲۰۰	کوچک	۰,۰۸۸	بارش کم (۲۵۰ میلیمتر در سال)	۲۹۲ (سرعت بالا)	$۱۰^{-۸}$ (پایین)	۵

جدول (۱-۵) مشخصات فنی لایه‌های مدل شده

نام	ضخامت	هدایت هیدرولیکی (متر در ثانیه)	تخلخل	ضریب دیفیوژن برای آلاینده کلراید (مترمربع در سال)	دانسیته (کیلوگرم بر متر مکعب)	سایر ملاحظات
لایهٔ زهکش	۰,۳ متر	$۱۰^{-۴}$	۰,۳۵	-	-	-
ژئوممبرین	۶۰ mil	-	-	۳×۱۰^{-۵}	-	HDPE با تعداد ۳۰ چروک در هر هکتار با عرض ۳۰ سانتیمتر، طول ۱۰۰ متر و فاصلهٔ ۱۰ متر. با فرض تماس مناسب بین ژئوممبرین و لایهٔ زیرین.
رس متراکم	۰,۶ متر	$۱۰^{-۹}$	۰,۴	۰,۰۲	۱,۹	-
خاک طبیعی	۵ متر	$۱۰^{-۸}$	۰,۳۸	۰,۰۲	۱,۷	-
	۵ متر	$۱۰^{-۶}$				
	۱۰ متر	$۱۰^{-۵}$				
آبخوان	۳ متر	-	۰,۳	-	-	-

۱-۱-۳- نتایج مدل‌سازی

در این بخش برای هر حالت از مدلسازی حداکثر غلظت آلاینده در آبخوان و مدت زمان رسیدن به حداکثر غلظت درست در زیر محل دفن، به دست آمده است. لازم به ذکر است که حداکثر مقدار مجاز کلر در آب ۴۰۰

میلی‌گرم در لیتر (استاندارد ۱۰۵۳ آب آشامیدنی، مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران) در نظر گرفته شده است (حداکثر مجاز غلظت کلر در آب آشامیدنی در استاندارد وزارت نیرو ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر تعریف شده است). بسیاری از کشورها و نیز استاندارد سازمان بهداشت جهانی، حد مجاز غلظت کلراید در آب زیرزمینی را ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر را به عنوان حداکثر مقدار مجاز غلظت کلر در نظر می‌گیرند. یون کلراید به عنوان آلایندهٔ معمول در مدلسازی استفاده می‌شود زیرا غلظت اولیهٔ آن در شیرابه بالا بوده و اندرکنش آن با لاینر رسی قابل صرف‌نظر است. همچنین مکانیزم‌های تجزیهٔ بیولوژیکی تأثیر چندانی در حذف آن ندارند و اندرکنش آن با خاک نیز کم است. بنابراین می‌تواند به عنوان نمایندهٔ شرایط حاد انتقال آلاینده در نظر گرفته شود. در نتایجی که در جداول ۷-۱ تا ۹-۱ ارائه شده‌اند لاینرهای L1 تا L4 مطابق تعریف جدول ۶-۱ لحاظ شده‌اند.

جدول (۱-۶) مشخصات فنی لاینرهای مدل شده

کاور	لاینر	مشخصات لاینر
۶۰ سانتیمتر خاک با هدایت هیدرولیکی 10^{-5} متر در ثانیه	L1	LCS+خاک طبیعی
	L2	CCL+LCS + خاک طبیعی
	L3	GM+LCS + خاک طبیعی
	L4	GM + CCL+LCS + خاک طبیعی

جدول (۱-۷) نتایج برای تراوش ۴۰۸ میلیمتر در سال.

نرخ تراوش (متر در سال)	اندازه محل دفن	هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)	سرعت آبخوان (متر در سال)	آرایش لاینر	بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)	مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)
۰,۴۰۸	کوچک	$۱۰^{-۸}$	۵	۲۹۲	L1	۸۹	۹
					L2	۴۳	۲۰
					L3	۴,۸	۸۳
					L4	۱,۶	۱۴۳
۰,۴۰۸	کوچک	$۱۰^{-۸}$	۵	۱۴۶	L1	۱۷۵	۱۰
					L2	۸۶	۲۰
					L3	۹,۵	۸۳
					L4	۳,۲	۱۴۳
۰,۴۰۸	کوچک	$۱۰^{-۸}$	۵	۱۸	L1	۱۲۴۰	۱۷
					L2	۶۳۶	۲۶
					L3	۷۷	۸۷
					L4	۲۶	۱۴۵
نرخ تراوش (متر در سال)	اندازه محل دفن	هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)	سرعت آبخوان (متر در سال)	آرایش لاینر	بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)	مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)
۰,۴۰۸	متوسط	$۱۰^{-۸}$	۵	۲۹۲	L1	۲۱۹	۱۰
					L2	۱۰۷	۲۰
					L3	۱۲	۸۲
					L4	۴,۱	۱۴۲
۰,۴۰۸	متوسط	$۱۰^{-۸}$	۵	۱۴۶	L1	۴۲۷	۱۱
					L2	۲۱۲	۲۲
					L3	۲۴	۸۲
					L4	۸,۱	۱۴۲
۰,۴۰۸	متوسط	$۱۰^{-۸}$	۵	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-

					L3	۱۸۵	۹۴
					L4	۶۴,۲	۱۴۹
نرخ تراوش (متر در سال)	اندازه محل دفن	هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)	سرعت آبخوان (متر در سال)	آرایش لاینر	بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)	مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)
۰,۴۰۸	بزرگ	$۱۰^{-۸}$	۵	۲۹۲	L1	۴۲۷	۱۱
					L2	۲۱۲	۲۲
					L3	۲۴	۸۲
					L4	۸,۱	۱۴۲
۰,۴۰۸	بزرگ	$۱۰^{-۸}$	۵	۱۴۶	L1	-	-
					L2	۴۱۱	۲۳
					L3	۴۷	۸۷
					L4	۱۶,۲	۱۴۲
۰,۴۰۸	بزرگ	$۱۰^{-۸}$	۵	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-
					L3	۳۳۹	۱۰۴
					L4	۱۲۳	۱۶۴
نرخ تراوش (متر در سال)	اندازه محل دفن	هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)	سرعت آبخوان (متر در سال)	آرایش لاینر	بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)	مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)
۰,۴۰۸	کوچک	$۱۰^{-۶}$	۵	۲۹۲	L1	۱۳۶	۶
					L2	۸۳	۱۱
					L3	۱۲۷	۷
					L4	۴,۲	۹۷
۰,۴۰۸	کوچک	$۱۰^{-۶}$	۵	۱۴۶	L1	۲۶۷	۷
					L2	۱۶۵	۱۱
					L3	۲۵۰	۸
					L4	۹,۳	۹۷

نرخ تراوش (متر در سال)	اندازه محل دفن	هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)	سرعت آبخوان (متر در سال)	آرایش لاینر	بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)	مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)
۰,۴۰۸	کوچک	$۱۰^{-۶}$	۵	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-
					L3	محدودیت سرعت	-
					L4	۶۷	۱۰۰
نرخ تراوش (متر در سال)	**اندازه محل دفن**	**هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)**	**ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)**	**سرعت آبخوان (متر در سال)**	**آرایش لاینر**	**بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)**	**مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)**
۰,۴۰۸	متوسط	$۱۰^{-۶}$	۵	۲۹۲	L1	۳۳۲	۷
					L2	۲۰۶	۱۱
					L3	۳۱۲	۸
					L4	۱۰,۴	۹۷
۰,۴۰۸	متوسط	$۱۰^{-۶}$	۵	۱۴۶	L1	۶۴۴	۹
					L2	۴۰۰,۴	۱۳
					L3	۶۰۵	۱۰
					L4	۲۱	۹۷
۰,۴۰۸	متوسط	$۱۰^{-۶}$	۵	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-
					L3	-	-
					L4	۱۰۶	۱۰۷
نرخ تراوش (متر در سال)	**اندازه محل دفن**	**هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)**	**ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)**	**سرعت آبخوان (متر در سال)**	**آرایش لاینر**	**بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)**	**مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)**
۰,۴۰۸	بزرگ	$۱۰^{-۶}$	۵	۲۹۲	L1	۶۴۴	۹
					L2	۴۰۰,۴	۱۳
					L3	۶۰۵	۱۰
					L4	۲۱	۹۷
۰,۴۰۸	بزرگ	$۱۰^{-۶}$	۵	۱۴۶	L1	-	-
					L2	-	-

					L3	-	-
					L4	۴۲	۱۰۱
۰,۴۰۸	بزرگ	$۱۰^{-۶}$	۵	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-
					L3	-	-
					L4	۳۰۱	۱۱۵
نرخ تراوش (متر در سال)	**اندازه محل دفن**	**هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)**	**ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)**	**سرعت آبخوان (متر در سال)**	**آرایش لاینر**	**بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)**	**مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)**
۰,۴۰۸	کوچک	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۲۹۲	L1	۱۳۴,۳۶	۱۱
					L2	۱۳۴,۳۹	۱۲
					L3	۱۲۶	۱۲
					L4	۱۰,۳	۹۷
۰,۴۰۸	کوچک	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۱۴۶	L1	۲۶۷	۱۲
					L2	۲۶۶	۱۳
					L3	۲۵۰	۱۳
					L4	۲۱	۹۷
۰,۴۰۸	کوچک	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-
					L3	محدودیت سرعت	
					L4	۱۶۵	۱۰۲
نرخ تراوش (متر در سال)	**اندازه محل دفن**	**هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)**	**ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)**	**سرعت آبخوان (متر در سال)**	**آرایش لاینر**	**بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)**	**مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)**
۰,۴۰۸	متوسط	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۲۹۲	L1	۳۳۱,۳	۱۲
					L2	۳۳۱,۱	۱۳
					L3	۳۱۱	۱۳
					L4	۲۶	۹۷

نرخ تراوش (متر در سال)	اندازه محل دفن	هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)	سرعت آبخوان (متر در سال)	آرایش لاینر	بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)	مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)
۰,۴۰۸	متوسط	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۱۴۶	L1	۶۴۲,۸	۱۳,۹
					L2	۶۴۳	۱۴,۳
					L3	۶۰۴	۱۴
					L4	۵۲	۱۰۰
۰,۴۰۸	متوسط	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-
					L3	-	-
					L4	۳۹۳	۱۰۸
۰,۴۰۸	بزرگ	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۲۹۲	L1	۶۴۳	۱۴
					L2	۶۴۳	۱۴
					L3	۶۰۴	۱۴
					L4	۵۲	۱۰۰
۰,۴۰۸	بزرگ	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۱۴۶	L1	-	-
					L2	-	-
					L3	-	-
					L4	۱۰۳	۱۰۰
۰,۴۰۸	بزرگ	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-
					L3	-	-
					L4	۶۹۹	۱۱۹

جدول (۱-۸) نتایج برای تراوش ۱۹۵ میلیمتر در سال

نرخ تراوش (متر در سال)	اندازه محل دفن	هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)	سرعت آبخوان (متر در سال)	آرایش لاینر	بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)	مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)
۰,۱۹۵	کوچک	$۱۰^{-۸}$	۵	۲۹۲	L1	۶۴,۳	۱۳
					L2	۴۵	۲۱
					L3	۶,۲	۹۴
					L4	۲,۴	۱۶۴
۰,۱۹۵	کوچک	$۱۰^{-۸}$	۵	۱۴۶	L1	۱۲۸	۱۴
					L2	۹۰,۴	۲۱
					L3	۱۲,۳	۹۴
					L4	۴,۸	۱۶۴
۰,۱۹۵	کوچک	$۱۰^{-۸}$	۵	۱۸	L1	۹۶۵	۲۳
					L2	۶۹۲	۲۷
					L3	۱۰۰	۹۷
					L4	۳۹	۱۶۴
نرخ تراوش (متر در سال)	اندازه محل دفن	هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)	سرعت آبخوان (متر در سال)	آرایش لاینر	بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)	مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)
۰,۱۹۵	متوسط	$۱۰^{-۸}$	۵	۲۹۲	L1	۱۶۰	۱۴
					L2	۱۱۳	۱۱۳
					L3	۱۵,۴	۹۴
					L4	۶	۱۶۴
۰,۱۹۵	متوسط	$۱۰^{-۸}$	۵	۱۴۶	L1	۳۱۷	۱۵
					L2	۲۲۵	۲۲
					L3	۳۱	۹۴
					L4	۱۲	۱۶۴
۰,۱۹۵	متوسط	$۱۰^{-۸}$	۵	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-

					L3	۲۴۴	۱۰۴
					L4	۹۵,۴	۱۷۶
نرخ تراوش (متر در سال)	اندازه محل دفن	هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)	سرعت آبخوان (متر در سال)	آرایش لاینر	بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)	مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)
۰,۱۹۵	بزرگ	$۱۰^{-۸}$	۵	۲۹۲	L1	۳۱۸	۱۵
					L2	۲۲۵	۲۲
					L3	۳۱	۹۴
					L4	۱۲	۱۶۴
۰,۱۹۵	بزرگ	$۱۰^{-۸}$	۵	۱۴۶	L1	۶۱۶	۱۹
					L2	۴۴۰	۲۵
					L3	۶۲	۹۷
					L4	۲۳,۸	۱۶۴
۰,۱۹۵	بزرگ	$۱۰^{-۸}$	۵	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-
					L3	۴۵۸	۱۱۵
					L4	۱۸۵	۱۸۴
نرخ تراوش (متر در سال)	اندازه محل دفن	هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)	سرعت آبخوان (متر در سال)	آرایش لاینر	بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)	مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)
۰,۱۹۵	کوچک	$۱۰^{-۶}$	۵	۲۹۲	L1	۶۴,۳	۱۳
					L2	۶۴,۱	۱۵
					L3	۶۴,۳	۱۳
					L4	۵,۵	۱۱۱
۰,۱۹۵	کوچک	$۱۰^{-۶}$	۵	۱۴۶	L1	۱۲۸	۱۴
					L2	۱۲۸	۱۵
					L3	۱۲۸	۱۴
					L4	۱۱	۱۱۱

نرخ تراوش (متر در سال)	اندازه محل دفن	هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)	سرعت آبخوان (متر در سال)	آرایش لاینر	بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)	مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)
۰,۱۹۵	کوچک	$۱۰^{-۶}$	۵	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-
					L3	۹۶۶	۲۳
					L4	۸۹	۱۱۱
نرخ تراوش (متر در سال)	اندازه محل دفن	هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)	سرعت آبخوان (متر در سال)	آرایش لاینر	بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)	مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)
۰,۱۹۵	متوسط	$۱۰^{-۶}$	۵	۲۹۲	L1	۱۶۰,۲	۱۴
					L2	۱۶۰	۱۶
					L3	۱۶۰,۲	۱۴
					L4	۱۴	۱۱۱
۰,۱۹۵	متوسط	$۱۰^{-۶}$	۵	۱۴۶	L1	۳۱۷	۱۶
					L2	۳۱۶	۱۷
					L3	۳۱۶,۸	۱۶
					L4	۲۸	۱۱۱
۰,۱۹۵	متوسط	$۱۰^{-۶}$	۵	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-
					L3	-	-
					L4	۲۱۹	۱۲۰
نرخ تراوش (متر در سال)	اندازه محل دفن	هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)	سرعت آبخوان (متر در سال)	آرایش لاینر	بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)	مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)
۰,۱۹۵	بزرگ	$۱۰^{-۶}$	۵	۲۹۲	L1	۳۱۷	۱۶
					L2	۳۱۶,۴	۱۷
					L3	۳۱۷	۱۶
					L4	۲۸	۱۱۱
۰,۱۹۵	بزرگ	$۱۰^{-۶}$	۵	۱۴۶	L1	-	-
					L2	-	-

					L3	۶۱۵	۱۹
					L4	۵۵	۱۱۱
۰,۱۹۵	بزرگ	$۱۰^{-۶}$	۵	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-
					L3	-	-
					L4	۴۱۵	۱۲۹
نرخ تراوش (متر در سال)	**اندازه محل دفن**	**هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)**	**ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)**	**سرعت آبخوان (متر در سال)**	**آرایش لاینر**	**بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)**	**مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)**
۰,۱۹۵	کوچک	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۲۹۲	L1	۶۴	۲۵
					L2	۶۳	۲۶
					L3	۶۴	۲۵
					L4	۱۳	۱۰۵
۰,۱۹۵	کوچک	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۱۴۶	L1	۱۲۷	۲۵
					L2	۱۲۷	۲۶
					L3	۱۲۷	۲۵
					L4	۲۵	۱۰۵
۰,۱۹۵	کوچک	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-
					L3	۹۶۵	۳۳
					L4	۲۰۴	۱۰۸
نرخ تراوش (متر در سال)	**اندازه محل دفن**	**هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)**	**ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)**	**سرعت آبخوان (متر در سال)**	**آرایش لاینر**	**بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)**	**مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)**
۰,۱۹۵	متوسط	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۲۹۲	L1	۱۵۹	۲۵
					L2	۱۵۸,۲	۲۶
					L3	۱۵۸,۴	۲۵
					L4	۳۲	۱۰۴

نرخ تراوش (متر در سال)	اندازه محل دفن	هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)	سرعت آبخوان (متر در سال)	آرایش لاینر	بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)	مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)
۰,۱۹۵	متوسط	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۱۴۶	L1	۳۱۴	۲۶
					L2	۳۱۴	۲۸
					L3	۳۱۵	۲۶
					L4	۶۳	۱۰۴
۰,۱۹۵	متوسط	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-
					L3	-	-
					L4	۴۹۲	۱۱۵
۰,۱۹۵	بزرگ	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۲۹۲	L1	۳۱۴	۲۶
					L2	۳۱۴	۲۷
					L3	۳۱۵	۲۶
					L4	۶۳	۱۰۴
۰,۱۹۵	بزرگ	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۱۴۶	L1	۶۱۳	۲۹
					L2	۶۱۳	۳۰
					L3	۶۱۴	۲۹
					L4	۱۲۶	۱۰۷
۰,۱۹۵	بزرگ	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-
					L3	-	-
					L4	-	-

جدول (۱-۹) نتایج برای تراوش ۸۸ میلیمتر در سال.

نرخ تراوش (متر در سال)	اندازه محل دفن	هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)	سرعت آبخوان (متر در سال)	آرایش لاینر	بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)	مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)
۰,۰۸۸	کوچک	$۱۰^{-۸}$	۵	۲۹۲	L1	۲۹	۳۳
					L2	۲۸,۴	۳۵
					L3	۷,۳	۱۰۷
					L4	۳,۲	۱۸۴
۰,۰۸۸	کوچک	$۱۰^{-۸}$	۵	۱۴۶	L1	۵۷	۳۳
					L2	۵۷	۳۵
					L3	۱۵	۱۰۷
					L4	۶,۴	۱۸۴
۰,۰۸۸	کوچک	$۱۰^{-۸}$	۵	۱۸	L1	۴۵۲	۴۱
					L2	۴۵۳	۴۱
					L3	۱۱۹	۱۰۷
					L4	۵۲	۱۹۱
نرخ تراوش (متر در سال)	اندازه محل دفن	هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)	سرعت آبخوان (متر در سال)	آرایش لاینر	بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)	مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)
۰,۰۸۸	متوسط	$۱۰^{-۸}$	۵	۲۹۲	L1	۷۱	۳۳
					L2	۷۱	۳۵
					L3	۱۸,۴	۱۰۷
					L4	۷,۹	۱۸۴
۰,۰۸۸	متوسط	$۱۰^{-۸}$	۵	۱۴۶	L1	۱۴۲	۳۳
					L2	۱۴۲	۳۷
					L3	۳۷	۱۰۷
					L4	۱۶	۱۸۴
۰,۰۸۸	متوسط	$۱۰^{-۸}$	۵	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-

					L3	۲۹۴	۱۱۵
					L4	۱۲۷	۲۰۹
نرخ تراوش (متر در سال)	اندازه محل دفن	هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)	سرعت آبخوان (متر در سال)	آرایش لاینر	بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)	مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)
۰,۰۸۸	بزرگ	$۱۰^{-۸}$	۵	۲۹۲	L1	۱۴۲	۳۳
					L2	۱۴۲	۳۷
					L3	۳۷	۱۰۷
					L4	۱۶	۱۸۴
۰,۰۸۸	بزرگ	$۱۰^{-۸}$	۵	۱۴۶	L1	۲۸۳	۳۶
					L2	۲۸۲,۴	۳۹
					L3	۷۳	۱۰۷
					L4	۳۲	۱۸۴
۰,۰۸۸	بزرگ	$۱۰^{-۸}$	۵	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-
					L3	۵۶۴	۱۳۴
					L4	۲۵۱	۲۱۷
نرخ تراوش (متر در سال)	اندازه محل دفن	هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)	سرعت آبخوان (متر در سال)	آرایش لاینر	بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)	مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)
۰,۰۸۸	کوچک	$۱۰^{-۶}$	۵	۲۹۲	L1	۲۹	۳۳
					L2	۲۸,۴	۳۵
					L3	۲۹	۳۳
					L4	۶,۷	۱۲۱
۰,۰۸۸	کوچک	$۱۰^{-۶}$	۵	۱۴۶	L1	۵۷	۳۳
					L2	۵۷	۳۵
					L3	۵۷	۳۳
					L4	۱۳,۴	۱۲۱

نرخ تراوش (متر در سال)	اندازه محل دفن	هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)	سرعت آبخوان (متر در سال)	آرایش لاینر	بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)	مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)
۰,۰۸۸	کوچک	$۱۰^{-۶}$	۵	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-
					L3	۴۵۳	۴۱
					L4	۱۰۹	۱۲۷
نرخ تراوش (متر در سال)	اندازه محل دفن	هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)	سرعت آبخوان (متر در سال)	آرایش لاینر	بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)	مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)
۰,۰۸۸	متوسط	$۱۰^{-۶}$	۵	۲۹۲	L1	۷۱	۳۳
					L2	۷۱	۳۶
					L3	۷۱	۳۳
					L4	۱۷	۱۲۱
۰,۰۸۸	متوسط	$۱۰^{-۶}$	۵	۱۴۶	L1	۱۴۲	۳۳
					L2	۱۴۲	۳۷
					L3	۱۴۲	۳۳
					L4	۳۴	۱۲۷
۰,۰۸۸	متوسط	$۱۰^{-۶}$	۵	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-
					L3	۱۰۷۶	۵۲
					L4	۲۶۹	۱۳۵
نرخ تراوش (متر در سال)	اندازه محل دفن	هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)	سرعت آبخوان (متر در سال)	آرایش لاینر	بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)	مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)
۰,۰۸۸	بزرگ	$۱۰^{-۶}$	۵	۲۹۲	L1	۱۴۲	۳۳
					L2	۱۴۲	۳۷
					L3	۱۴۲	۳۳
					L4	۳۴	۱۲۷
۰,۰۸۸	بزرگ	$۱۰^{-۶}$	۵	۱۴۶	L1	۲۸۳	۳۵
					L2	۲۸۲	۳۹

					L3	۲۸۳	۳۵
					L4	۶۷	۱۲۷
۰,۰۸۸	بزرگ	$۱۰^{-۶}$	۵	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-
					L3	-	-
					L4	۵۱۹	۱۴۹
نرخ تراوش (متر در سال)	**اندازه محل دفن**	**هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)**	**ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)**	**سرعت آبخوان (متر در سال)**	**آرایش لاینر**	**بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)**	**مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)**
۰,۰۸۸	کوچک	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۲۹۲	L1	۲۸	۵۸
					L2	۲۸	۵۹
					L3	۲۸	۵۸
					L4	۱۴,۴	۱۱۱
۰,۰۸۸	کوچک	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۱۴۶	L1	۵۶	۵۸
					L2	۵۶	۶۱
					L3	۵۶	۵۸
					L4	۲۹	۱۱۱
۰,۰۸۸	کوچک	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۱۸	L1	۴۴۹	۶۴
					L2	۴۴۸	۶۶
					L3	۴۵۰	۶۴
					L4	۲۳۳	۱۱۵
نرخ تراوش (متر در سال)	**اندازه محل دفن**	**هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)**	**ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)**	**سرعت آبخوان (متر در سال)**	**آرایش لاینر**	**بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)**	**مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)**
۰,۰۸۸	متوسط	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۲۹۲	L1	۷۰	۵۸
					L2	۶۱	۷۰
					L3	۷۰	۵۸
					L4	۳۶	۱۱۱

نرخ تراوش (متر در سال)	اندازه محل دفن	هدایت هیدرولیکی خاک طبیعی (متر در ثانیه)	ضخامت لایهٔ خاک طبیعی (متر)	سرعت آبخوان (متر در سال)	آرایش لاینر	بیشترین غلظت آلاینده در آبخوان (میلی‌گرم درلیتر)	مدت زمان رسیدن به غلظت بیشینه (سال)
۰٫۰۸۸	متوسط	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۱۴۶	L1	۱۴۰	۵۹
					L2	۱۳۹	۶۴
					L3	۱۴۰	۵۹
					L4	۷۲	۱۱۵
۰٫۰۸۸	متوسط	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-
					L3	-	-
					L4	۵۶۹	۱۲۷
۰٫۰۸۸	بزرگ	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۲۹۲	L1	۱۴۰	۵۹
					L2	۱۳۹	۶۴
					L3	۱۴۰	۵۹
					L4	۷۲	۱۱۵
۰٫۰۸۸	بزرگ	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۱۴۶	L1	۲۷۹	۵۹
					L2	۲۷۹	۶۴
					L3	۲۷۹	۵۹
					L4	۱۴۴	۱۱۵
۰٫۰۸۸	بزرگ	$۱۰^{-۵}$	۱۰	۱۸	L1	-	-
					L2	-	-
					L3	-	-
					L4	-	-

جدول (۱-۱۰) لاینرهای پیشنهادی برای شرایط اقلیمی و ژئوهیدرولوژی مختلف برای محل‌های دفنی با اندازه‌های متفاوت.

کمترین سرعت آب زیرزمینی در یک بازهٔ ۱۰ ساله (متر در روز)	حداقل ضخامت لایه خاک طبیعی پس از حفر ترانشه (متر)	هدایت هیدرولیکی لایهٔ خاک طبیعی (متر در ثانیه)	اندازه محل دفن*											
			کوچک[۵]				متوسط[۶]				بزرگ[۷]			
			منطقه چهار[۴]	منطقه سه[۳]	منطقه دو[۲]	منطقه یک[۱]	منطقه چهار	منطقه سه	منطقه دو	منطقه یک	منطقه چهار	منطقه سه	منطقه دو	منطقه یک
ببشتر از یا مساوی با ۰,۸	۵	کمتر از یا مساوی با 10^{-8}	L1	L1	L0	L0	L2 یا L3	L1	L0	L0	L3	L2 یا L3	L0	L0
	۵	کمتر از یا مساوی با 10^{-6} و بیشتر از 10^{-8}	L2	L0	L0	L0	L4	L0	L0	L0	L4	L4	L0	L0
	۱۰	بیشتر از 10^{-6} و کمتر از یا مساوی با 10^{-5}	L3	L0	L0	L0	L4	L0	L0	L0	L4	L4	L0	L0
کمتر از ۰,۸ و بیشتر از یا مساوی با ۰,۴	۵	کمتر از یا مساوی با 10^{-8}	L1	L0	L0	L0	L3	L2 یا L3	L1	L0	L4	L3	L3	L0
	۵	کمتر از یا مساوی با 10^{-6} و بیشتر از 10^{-8}	L2 یا L3	L0	L0	L0	L4	L4	L0	L0	L4	L4	L4	L0
	۱۰	بیشتر از 10^{-6} و کمتر از یا مساوی با 10^{-5}	L4	L4	L0	L0	L4	L4	L0	L0	L4	L4	L4	L0
کمتر از ۰,۴و بیشتر از یا مساوی با ۰,۰۵**	۵	کمتر از یا مساوی با 10^{-8}	L3	L3	L3	L3	L3	L3	L3	L4	L4	L4	L4	L4
	۵	کمتر از یا مساوی با 10^{-6} و بیشتر از 10^{-8}	L4	L4	L4	L4	L4	L4	L4	غیرقابل قبول	L4	غیرقابل قبول	غیرقابل قبول	غیرقابل قبول
	۱۰	بیشتر از 10^{-6} و کمتر از یا مساوی با 10^{-5}	L4	L4	L4	L4	L4	L4	غیرقابل قبول	غیرقابل قبول	غیرقابل قبول	غیرقابل قبول	غیرقابل قبول	غیرقابل قبول

۱- منطقه یک اقلیمی است که در آن متوسط بارش و تبخیر سالیانه و نیز درصد رطوبت و ظرفیت میدانی پسماند دفن شده به صورتی باشد که منجر به ورود شیرابه با نرخ کمتر از یا مساوی با ۸۸ میلیمتر در سال به سیستم جمع‌آوری شیرابه شود.

۲- منطقهٔ دو اقلیمی است که در آن متوسط بارش و تبخیر سالیانه و نیز درصد رطوبت و ظرفیت میدانی پسماند دفن شده به صورتی باشد که منجر به ورود شیرابه با نرخ کمتر از یا مساوی با ۱۹۵ و بیشتر از ۸۸ میلیمتر در سال به سیستم جمع‌آوری شیرابه شود.

۳- منطقه سه اقلیمی است که در آن متوسط بارش و تبخیر سالیانه و نیز درصد رطوبت و ظرفیت میدانی پسماند دفن شده به صورتی باشد که منجر به ورود شیرابه با نرخ کمتر از یا مساوی با ۴۰۸ و بیشتر از ۱۹۵ میلیمتر در سال به سیستم جمع‌آوری شیرابه شود.

۴- منطقه چهار اقلیمی است که در آن متوسط بارش و تبخیر سالیانه و نیز درصد رطوبت و ظرفیت میدانی پسماند دفن شده به صورتی باشد که منجر به ورود شیرابه با نرخ بیشتر از ۴۰۸ میلیمتر در سال به سیستم جمع‌آوری شیرابه شود.

۵- محل دفنی که روزانه کمتر از یا مساوی با۵۰ تن پسماند در آن دفن می‌شود.

۶- محل دفنی که روزانه بیشتر از ۵۰ و کمتر از یا مساوی با ۵۰۰ تن پسماند در آن دفن می‌شود.

۷- محل دفنی که روزانه بیشتر از ۵۰۰ و کمتر از یا مساوی با ۱۰۰۰ تن پسماند در آن دفن می‌شود.

* در صورتی که محل دفن روزانه بیشتر از ۱۰۰۰ تن پسماند را می‌پذیرد در تمامی حالت‌ها L4 توصیه می‌شود. در غیر این صورت بایستی کفایت لاینر در نظر گرفته شده در طرح محل دفن با مدلسازی تأیید شود.

** در صورتی که سرعت آبخوان پایین تر از ۰,۰۵ متر در روز در زیر محل دفن مشاهده شود لازم است کفایت لاینر با مدلسازی تأیید شود.

L0: لایهٔ خاک طبیعی

L1: لایهٔ خاک طبیعی+ سیستم جمع‌آوری شیرابه (لایه‌ای به ضخامت ۳۰ سانتیمتر با هدایت هیدرولیکی حداقل 10^{-4} متر در ثانیه).

L2: لایهٔ خاک طبیعی+ سیستم جمع‌آوری شیرابه + لاینر رسی (۶۰ سانتیمتر با هدایت هیدرولیکی حداکثر 10^{-9} متر در ثانیه یا GCL معادل آن).

L3: لایهٔ خاک طبیعی+ سیستم جمع‌آوری شیرابه + ژئوممبرین (HDPE به ضخامت ۶۰ mil).

L4: لایهٔ خاک طبیعی+ سیستم جمع‌آوری شیرابه + ژئوممبرین+ لاینر رسی (یا GCL معادل آن).

۱-۱-۴- جمع‌بندی

بر مبنای محاسبات انجام شده در جداول ۱-۷ تا ۱-۹ در نهایت حداقل لاینر مورد نیاز در شرایط مختلف به دست آمده و در جدول ۱-۱۰ نمایش داده شده است. لازم به ذکر است که مدل پالوت بیش از ۷۰۰ بار اجرا شده و برای به دست آوردن و تأیید موارد نمایش داده شده در جدول ۱-۱۰ نیز مدل مجدداً اجرا شده است (با کنترل شرایط فشار پتانسیومتری صفر برای سفره، تراوش ۶۵۰ میلیمتر در سال و تراوش ۶۰ میلیمتر در سال). در این مرحله نیاز یا عدم نیاز به سیستم جمع‌آوری شیرابه نیز کنترل شده و در نتایج جدول ۱-۱۰ منعکس شده است. به دلیل حجم بالای نتایج امکان نمایش خروجی‌های مدل وجود ندارد اما برای نمونه برای چند حالت مدل شده، نتایج در پیوست ۲ نمایش داده شده‌اند. همچنین بخشی از خروجی‌های مدل HELP نیز در پیوست ۱ ارائه شده اند. در نهایت تأکید می‌شود که نتایج جدول ۱-۱۰ با شرایط مدلسازی مفروض در این گزارش به دست آمده و حداقل لاینر مورد نیاز در شرایط مفروض را نشان می‌دهند. از این نتایج برای تهیهٔ گزارش نهایی استفاده شده است. بدیهی است در گزارش نهایی بسته به ملاحظات مختلف (محدودیت‌های اجرا، شرایط فنی و ...) در موارد لزوم، الزامات لاینر ارائه شده در جدول ۱-۱۰ به نحوی تغییر داده شده‌اند که ضمن برآورده کردن این حداقل‌ها ضرایب اطمینان مد نظر کارشناس نیز تأمین شوند.

برای لحاظ کردن غلظت زمینه، و در نظر گرفتن اینکه در هر حال غلظت کلراید در آبخوان صفر نیست، غلظت کلراید در آبخوان‌های کشور بررسی شد. نتایج بسیار متغیر بوده و از کمتر از ۱ میلی‌گرم در لیتر تا حدود ۱۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر تغییر می‌کنند. با در نظر گرفتن غلظت زمینه ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و حد مجاز ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر برای آلاینده کلراید، در نهایت حداقل الزامات لاینر مطابق جدول ۱-۱۱ پیشنهاد می‌شود. لازم است توجه شود که حد پایین سرعت آبخوان در جدول ۱-۱۰ برابر با ۰٫۰۵ متر در روز در نظر گرفته شده است. از آنجا که این مقدار پایین‌ترین حد گزارش شده در منابع است و با در نظر گرفتن غلظت زمینه در بسیاری از شرایط آب و هوایی و ژئوهیدرولوژیکی، لاینرهای پیشنهادی در جدول ۱-۱۰ پاسخگو نبودند، در تدوین جدول ۱-۱۱ سرعت بالاتر ۰٫۱۵ متر در روز مبنا قرار گرفت تا بازهٔ کاربردی بیشتری را در بر بگیرد. برای شرایط خاصی (که عموماً معمول هم نیست) که سرعت آب زیرزمینی از این مقدار پایین‌تر است لازم است مدلسازی انجام شده و لاینر کافی طراحی شود.

جدول (۱-۱۱) حداقل الزامات لاینر برای محل‌های دفن پسماندهای شهری بسته به شرایط مختلف کشور.

کمترین سرعت آب زیرزمینی در یک بازهٔ ۱۰ ساله (متر در روز)	حداقل ضخامت لایه خاک طبیعی پس از حفر ترانشه (متر)	هدایت هیدرولیکی لایهٔ خاک طبیعی (متر در ثانیه)	اندازه محل دفن*											
			کوچک[۵]				متوسط[۶]				بزرگ[۷]			
			منطقه چهار[۴]	منطقه سه[۳]	منطقه دو[۲]	منطقه یک[۱]	منطقه چهار	منطقه سه	منطقه دو	منطقه یک	منطقه چهار	منطقه سه	منطقه دو	منطقه یک
بیشتر از یا مساوی با ۰,۸	۵	کمتر از یا مساوی با 10^{-8}	L1		L0		L2 یا L3	L2	L0		L3		L3	L0
	۵	کمتر از یا مساوی با 10^{-6} و بیشتر از 10^{-8}	L2	L0			L4				L4			
	۱۰	بیشتر از 10^{-6} و کمتر از یا مساوی با 10^{-5}	L3											
کمتر از ۰,۸ و بیشتر از یا مساوی با ۰,۴	۵	کمتر از یا مساوی با 10^{-8}	L1	L0	L0		L3		L0		L4	L3		
	۵	کمتر از یا مساوی با 10^{-6} و بیشتر از 10^{-8}	L2				L4				L4			
	۱۰	بیشتر از 10^{-6} و کمتر از یا مساوی با 10^{-5}	L4											
کمتر از ۰,۴و بیشتر از یا مساوی با ۰,۱۵**	۵	کمتر از یا مساوی با 10^{-8}	L3		L2		L3				L4			
	۵	کمتر از یا مساوی با 10^{-6} و بیشتر از 10^{-8}	L4				L4				L5	L4		
	۱۰	بیشتر از 10^{-6} و کمتر از یا مساوی با 10^{-5}	L4				L5	L4			****			

۱- منطقه یک اقلیمی است که در آن متوسط بارش و تبخیر سالیانه و نیز درصد رطوبت و ظرفیت میدانی پسماند دفن شده به صورتی باشد که منجر به ورود شیرابه با نرخ کمتر از یا مساوی با ۸۸ میلیمتر در سال به سیستم جمع‌آوری شیرابه شود.

۲- منطقهٔ دو اقلیمی است که در آن متوسط بارش و تبخیر سالیانه و نیز درصد رطوبت و ظرفیت میدانی پسماند دفن شده به صورتی باشد که منجر به ورود شیرابه با نرخ کمتر از یا مساوی با ۱۹۵ و بیشتر از ۸۸ میلیمتر در سال به سیستم جمع‌آوری شیرابه شود.

۳- منطقه سه اقلیمی است که در آن متوسط بارش و تبخیر سالیانه و نیز درصد رطوبت و ظرفیت میدانی پسماند دفن شده به صورتی باشد که منجر به ورود شیرابه با نرخ کمتر از یا مساوی با ۴۰۸ و بیشتر از ۱۹۵ میلیمتر در سال به سیستم جمع‌آوری شیرابه شود.

۴- منطقه چهار اقلیمی است که در آن متوسط بارش و تبخیر سالیانه و نیز درصد رطوبت و ظرفیت میدانی پسماند دفن شده به صورتی باشد که منجر به ورود شیرابه با نرخ بیشتر از ۴۰۸ میلیمتر در سال به سیستم جمع‌آوری شیرابه شود.

۵- محل دفنی که روزانه کمتر از یا مساوی با۵۰ تن پسماند در آن دفن می‌شود.

۶- محل دفنی که روزانه بیشتر از ۵۰ و کمتر از یا مساوی با ۵۰۰ تن پسماند در آن دفن می‌شود.

۷- محل دفنی که روزانه بیشتر از ۵۰۰ و کمتر از یا مساوی با ۱۰۰۰ تن پسماند در آن دفن می‌شود.

* در صورتی که محل دفن روزانه بیشتر از ۱۰۰۰ تن پسماند را می‌پذیرد در تمامی حالت‌ها L4 توصیه می‌شود. در غیر این صورت بایستی کفایت لاینر در نظر گرفته شده در طرح محل دفن با مدلسازی تأیید شود.

** در صورتی که حداقل سرعت آبخوان کمتر از ۰,۱۵ متر در روز در زیر محل دفن باشد، لازم است کفایت لاینر با مدلسازی تأیید شود.

*** در صورتی که غلظت زمینهٔ کلراید در آبخوان بیشتر از ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر است لازم است حداکثر غلظت مجاز قابل نشت از محل دفن در هماهنگی با آب منطقه‌ای استان و بسته به کاربری آبخوان تعیین شود. در این صورت امکان استفاده از این جدول وجود ندارد و بایستی مدلسازی انجام شده و کفایت لاینر تعیین شده با توجه به حساسیت‌های مربوط به آبخوان منطقه تعیین شود.

**** لاینرهای پیشنهاد شده در این جدول پاسخگو نیستند. در این شرایط لازم است مدلسازی انجام شده و لاینر مناسب طراحی شود.

توجه: این جدول در صورتی قابل استفاده است که ارتفاع پسماند دفن شده حداکثر ۲۰ متر باشد. در صورتی که ارتفاع پسماند در محل دفن از ۲۰ متر بیشتر است بایستی مدلسازی انجام شده و کفایت لاینر تأیید شود.

L0: لایهٔ خاک طبیعی **L1**: لایهٔ خاک طبیعی+ سیستم جمع‌آوری شیرابه (لایه‌ای به ضخامت ۳۰ سانتیمتر با هدایت هیدرولیکی حداقل $۱۰^{-۴}$ متر در ثانیه). **L2** : لایهٔ خاک طبیعی+ سیستم جمع‌آوری شیرابه + لاینر رسی (حداقل ۶۰ سانتیمتر با هدایت هیدرولیکی حداکثر $۱۰^{-۹}$ متر در ثانیه یا GCL معادل آن).	**L3**: لایهٔ خاک طبیعی+ سیستم جمع‌آوری شیرابه + ژئوممبرین (HDPE به ضخامت ۶۰ mil). **L4**: لایهٔ خاک طبیعی+ سیستم جمع‌آوری شیرابه + ژئوممبرین+ لاینر رسی (حداقل ۶۰ سانتیمتر با هدایت هیدرولیکی حداکثر $۱۰^{-۹}$ متر در ثانیه یا GCL معادل آن). **L5**: لایهٔ خاک طبیعی+سیستم جمع‌آوری شیرابه+ژئوممبرین+لاینر رسی (حداقل ۷۵ سانتیمتر با هدایت هیدرولیکی حداکثر $۱۰^{-۹}$ متر در ثانیه یا GCL معادل آن).

پیوست ۱. خروجی مدل HELP برای منطقه‌ای با ابرش ۱۴۱۰ میلیمتر در سال (آلاباما)

```
******************************************************************************
******************************************************************************
**                                  **
**                                  **
        ** HYDROLOGIC EVALUATION OF LANDFILL PERFORMANCE**
         ** HELP MODEL VERSION 3.07  (1 NOVEMBER 1997)**
          ** DEVELOPED BY ENVIRONMENTAL LABORATORY**
           ** USAE WATERWAYS EXPERIMENT STATION**
       ** FOR USEPA RISK REDUCTION ENGINEERING LABORATORY**
**                                  **
**                                  **
******************************************************************************
******************************************************************************


 PRECIPITATION DATA FILE:    C:\HELP3\DATA4.D4
 TEMPERATURE DATA FILE:      C:\HELP3\DATA7.D7
 SOLAR RADIATION DATA FILE:  C:\HELP3\DATA13.D13
 EVAPOTRANSPIRATION DATA:    C:\HELP3\DATA11.D11
 SOIL AND DESIGN DATA FILE:  C:\HELP3\DATA10.D10
 OUTPUT DATA FILE:           C:\HELP3\RESULTS.OUT


 TIME:  13:30    DATE:  11/25/2020


******************************************************************************

    TITLE:  Alabama-1480

******************************************************************************


    NOTE:  INITIAL MOISTURE CONTENT OF THE LAYERS AND SNOW WATER
           WERE SPECIFIED BY THE USER.


                      LAYER  1
--------

               TYPE 1 - VERTICAL PERCOLATION LAYER
                  MATERIAL TEXTURE NUMBER   9
          THICKNESS              =     5.00   CM
          POROSITY               =     0.5010 VOL/VOL
          FIELD CAPACITY         =     0.2840 VOL/VOL
          WILTING POINT          =     0.1350 VOL/VOL
          INITIAL SOIL WATER CONTENT =     0.2840 VOL/VOL
          EFFECTIVE SAT. HYD. COND.  = 0.190000006000E-03 CM/SEC
        NOTE:  SATURATED HYDRAULIC CONDUCTIVITY IS MULTIPLIED BY  3.00
             FOR ROOT CHANNELS IN TOP HALF OF EVAPORATIVE ZONE.



                      LAYER  2
--------

               TYPE 1 - VERTICAL PERCOLATION LAYER
                  MATERIAL TEXTURE NUMBER   0
          THICKNESS              =    60.00   CM
          POROSITY               =     0.4270 VOL/VOL
          FIELD CAPACITY         =     0.4180 VOL/VOL
          WILTING POINT          =     0.3670 VOL/VOL
          INITIAL SOIL WATER CONTENT =     0.4000 VOL/VOL
          EFFECTIVE SAT. HYD. COND.  = 0.999999975000E-05 CM/SEC



                      LAYER  3
--------
```

TYPE 1 - VERTICAL PERCOLATION LAYER
MATERIAL TEXTURE NUMBER 18
THICKNESS = 2000.00 CM
POROSITY = 0.6710 VOL/VOL
FIELD CAPACITY = 0.2920 VOL/VOL
WILTING POINT = 0.0770 VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.3500 VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.100000005000E-02 CM/SEC

GENERAL DESIGN AND EVAPORATIVE ZONE DATA

NOTE: SCS RUNOFF CURVE NUMBER WAS COMPUTED FROM DEFAULT SOIL DATA BASE USING SOIL TEXTURE # 9 WITH BARE GROUND CONDITIONS, A SURFACE SLOPE OF 33.% AND A SLOPE LENGTH OF 180. METERS.

SCS RUNOFF CURVE NUMBER = 92.00
FRACTION OF AREA ALLOWING RUNOFF = 50.0 PERCENT
AREA PROJECTED ON HORIZONTAL PLANE = 5.0000 HECTARES
EVAPORATIVE ZONE DEPTH = 50.0 CM
INITIAL WATER IN EVAPORATIVE ZONE = 19.420 CM
UPPER LIMIT OF EVAPORATIVE STORAGE = 21.720 CM
LOWER LIMIT OF EVAPORATIVE STORAGE = 17.190 CM
INITIAL SNOW WATER = 0.000 CM
INITIAL WATER IN LAYER MATERIALS = 725.420 CM
TOTAL INITIAL WATER = 725.420 CM
TOTAL SUBSURFACE INFLOW = 0.00 MM/YR

EVAPOTRANSPIRATION AND WEATHER DATA

NOTE: EVAPOTRANSPIRATION DATA WAS OBTAINED FROM BIRMINGHAM ALABAMA

STATION LATITUDE = 33.34 DEGREES
MAXIMUM LEAF AREA INDEX = 2.00
START OF GROWING SEASON (JULIAN DATE) = 72
END OF GROWING SEASON (JULIAN DATE) = 316
EVAPORATIVE ZONE DEPTH = 50.0 CM
AVERAGE ANNUAL WIND SPEED = 11.00 KPH
AVERAGE 1ST QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 66.00%
AVERAGE 2ND QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 70.00%
AVERAGE 3RD QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 75.00%
AVERAGE 4TH QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 72.00%

NOTE: PRECIPITATION DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING COEFFICIENTS FOR BIRMINGHAM ALABAMA

NORMAL MEAN MONTHLY PRECIPITATION (MM)

JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
۹۱/۷	۱۱۵/۱	۱۲۷/۰	۱۶۸/۱	۱۱۹/۹	۱۳۲/۸
۱۲۵/۷	۹۲/۵	۶۷/۱	۱۱۰/۲	۹۷/۸	۱۳۶/۹

NOTE: TEMPERATURE DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING COEFFICIENTS FOR BIRMINGHAM ALABAMA

NORMAL MEAN MONTHLY TEMPERATURE (DEGREES CELSIUS)

JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
۲۵/۰	۲۱/۱	۱۷/۰	۱۲/۱	۸/۰	۶/۱
۷/۶	۱۱/۲	۱۷/۰	۲۳/۴	۲۶/۴	۲۶/۷

NOTE: SOLAR RADIATION DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING

COEFFICIENTS FOR BIRMINGHAM ALABAMA
AND STATION LATITUDE = 33.34 DEGREES

****

MONTHLY TOTALS (MM) FOR YEAR 1

	JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
PRECIPITATION	43.6	126.8	124.6	67.2	83.0	115.7
	۲۰۷/۸	۴۰/۴	۷۹/۶	۱۳۱/۷	۱۲۱/۰	۱۴۲/۲
RUNOFF	1.11	7.95	9.56	0.41	2.89	2.77
	۲۶/۴۴	۱/۵۰	۳/۷۱	۱۹/۷۷	۷/۵۵	۹/۳۰
EVAPOTRANSPIRATION	35.23	55.33	81.44	57.61	66.43	127.73
	۳۶/۳۳	۲۴/۸۷	۴۸/۹۸	۴۸/۰۱	۱۰۵/۸۰	۱۰۲/۶۹
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH	264.701	181.260	127.483	167.748	140.917	111.896
LAYER 3	96.856	84.747	74.093	54.848	78.609	23.808

****

****

ANNUAL TOTALS FOR YEAR 1

	MM	CU. METERS	PERCENT
PRECIPITATION	1283.60	64180.016	100.00
RUNOFF	92.973	4648.629	7.24
EVAPOTRANSPIRATION	790.447	39522.348	61.58
PERC./LEAKAGE THROUGH LAYER 3	1406.966190	70348.312	109.61
CHANGE IN WATER STORAGE	-1006.786	-50339.309	-78.43
SOIL WATER AT START OF YEAR	7254.198	362709.906	
SOIL WATER AT END OF YEAR	6247.412	312370.594	
SNOW WATER AT START OF YEAR	0.000	0.000	0.00
SNOW WATER AT END OF YEAR	0.000	0.000	0.00
ANNUAL WATER BUDGET BALANCE	0.0008	0.039	0.00

****

****

MONTHLY TOTALS (MM) FOR YEAR 2

	JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
PRECIPITATION	96.8	123.4	248.4	97.7	264.9	192.5
	۵۰/۲	۳۷/۷	۱۳۹/۳	۱۴۰/۶	۷/۳	۱۸۴/۸
RUNOFF	4.17	12.56	41.76	6.65	47.31	15.98
	۰/۱۸	۰/۲۴	۱۸/۴۹	۱۵/۹۳	۰/۰۰	۱۷/۵۳
EVAPOTRANSPIRATION	31.82	51.65	81.83	86.45	98.55	104.69
	۳۳/۳۸	۳۹/۶۵	۳۹/۸۸	۵۶/۷۴	۸/۴۵	۱۲۱/۱۴

PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH 59.345 49.057 49.411 66.427 50.003 60.130
LAYER 3 80.239 95.380 81.733 61.511 76.271 68.675

****

****

ANNUAL TOTALS FOR YEAR 2

	MM	CU. METERS	PERCENT
PRECIPITATION	1583.60	79180.016	100.00
RUNOFF	180.798	9039.877	11.42
EVAPOTRANSPIRATION	754.230	37711.520	47.63
PERC./LEAKAGE THROUGH LAYER 3	798.182251	39909.113	50.40
CHANGE IN WATER STORAGE	-149.610	-7480.512	-9.45
SOIL WATER AT START OF YEAR	6247.412	312370.594	
SOIL WATER AT END OF YEAR	6097.802	304890.094	
SNOW WATER AT START OF YEAR	0.000	0.000	0.00
SNOW WATER AT END OF YEAR	0.000	0.000	0.00
ANNUAL WATER BUDGET BALANCE	0.0004	0.019	0.00

****

****

MONTHLY TOTALS (MM) FOR YEAR 3

	JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
PRECIPITATION	336.2	71.6	99.9	64.6	56.9	165.2
	۱۱۰/۶	۴۰/۸	۱۱۴/۴	۱۸۲/۳	۱۲۳/۶	۳۰۰/۹
RUNOFF	50.89	1.16	11.45	6.88	0.48	18.74
	۶/۷۸	۲/۶۲	۸/۱۳	۴۷/۶۵	۱۲/۷۵	۴۱/۸۰
EVAPOTRANSPIRATION	48.09	46.05	63.00	37.83	47.33	76.34
	۲۹/۰۱	۳۳/۸۹	۶۲/۴۳	۶۵/۰۵	۶۴/۷۸	۱۶۹/۴۹
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH	18.648	55.608	66.013	72.335	79.553	63.794
LAYER 3	43.068	61.229	45.483	62.615	49.006	40.879

****

****

ANNUAL TOTALS FOR YEAR 3

	MM	CU. METERS	PERCENT
PRECIPITATION	1667.00	83350.000	100.00
RUNOFF	209.325	10466.260	12.56
EVAPOTRANSPIRATION	743.304	37165.184	44.59
PERC./LEAKAGE THROUGH LAYER 3	658.232605	32911.633	39.49
CHANGE IN WATER STORAGE	56.138	2806.922	3.37

SOIL WATER AT START OF YEAR 6097.802 304890.094

SOIL WATER AT END OF YEAR 6153.940 307697.000

SNOW WATER AT START OF YEAR 0.000 0.000 0.00

SNOW WATER AT END OF YEAR 0.000 0.000 0.00

ANNUAL WATER BUDGET BALANCE 0.0000 0.000 0.00

****

****

MONTHLY TOTALS (MM) FOR YEAR 4

JAN/JUL FEB/AUG MAR/SEP APR/OCT MAY/NOV JUN/DEC

PRECIPITATION 107.7 118.4 153.8 132.2 117.9 81.9
۳۹/۹ ۹۰/۹ ۱۳۴/۲ ۳۱/۸ ۱۱۲/۸ ۱۵۱/۰

RUNOFF 13.52 7.15 27.45 5.41 3.80 0.43
۰/۰۰ ۳/۴۵ ۹/۸۲ ۰/۱۱ ۴/۲۹ ۱۳/۲۴

EVAPOTRANSPIRATION 37.81 57.49 60.51 99.70 97.02 93.86
۳۵/۱۶ ۳۷/۲۲ ۵۰/۳۸ ۳۲/۲۴ ۱۰۲/۳۷ ۱۰۴/۶۸

PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH 67.393 37.938 37.565 63.854 73.477 0.613
LAYER 3 40.594 4.502 0.000 18.012 32.566 64.503

****

****

ANNUAL TOTALS FOR YEAR 4

	MM	CU. METERS	PERCENT
PRECIPITATION	1272.50	63625.008	100.00
RUNOFF	88.689	4434.469	6.97
EVAPOTRANSPIRATION	808.447	40422.371	63.53
PERC./LEAKAGE THROUGH LAYER 3	441.015808	22050.791	34.66
CHANGE IN WATER STORAGE	-65.652	-3282.610	-5.16
SOIL WATER AT START OF YEAR	6153.940	307697.000	
SOIL WATER AT END OF YEAR	6088.288	304414.375	
SNOW WATER AT START OF YEAR	0.000	0.000	0.00
SNOW WATER AT END OF YEAR	0.000	0.000	0.00
ANNUAL WATER BUDGET BALANCE	-0.0003	-0.015	0.00

****

****

MONTHLY TOTALS (MM) FOR YEAR 5

JAN/JUL FEB/AUG MAR/SEP APR/OCT MAY/NOV JUN/DEC

PRECIPITATION 41.7 47.5 256.9 107.5 205.0 20.2
۱۰۸٫۲ ۷۹٫۶ ۱۷٫۱ ۱۷۶٫۶ ۷۷٫۶ ۱۷۹٫۳

RUNOFF 0.00 0.00 35.19 5.79 30.07 0.26
۲٫۹۳ ۱۱٫۰۹ ۰٫۰۰ ۲۷٫۰۸ ۱٫۸۳ ۹٫۶۲

EVAPOTRANSPIRATION 41.88 40.56 82.33 70.28 106.01 20.92
۳۵٫۵۵ ۳۷٫۷۲ ۳۸٫۶۵ ۵۶٫۱۶ ۸۹٫۰۴ ۱۱۰٫۹۴

PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH 4.003 0.000 16.340 65.616 41.112 82.464
LAYER 3 60.474 36.358 10.763 58.898 19.873 17.515

****

****

ANNUAL TOTALS FOR YEAR 5

	MM	CU. METERS	PERCENT
PRECIPITATION	1317.20	65859.992	100.00
RUNOFF	123.872	6193.610	9.40
EVAPOTRANSPIRATION	730.030	36501.488	55.42
PERC./LEAKAGE THROUGH LAYER 3	413.415710	20670.785	31.39
CHANGE IN WATER STORAGE	49.883	2494.131	3.79
SOIL WATER AT START OF YEAR	6088.288	304414.375	
SOIL WATER AT END OF YEAR	6138.170	306908.500	
SNOW WATER AT START OF YEAR	0.000	0.000	0.00
SNOW WATER AT END OF YEAR	0.000	0.000	0.00
ANNUAL WATER BUDGET BALANCE	-0.0004	-0.022	0.00

****

****

MONTHLY TOTALS (MM) FOR YEAR 6

	JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
PRECIPITATION	52.3	125.6	112.1	163.2	53.0	209.4
	۱۱۳٫۵	۷۹٫۴	۶۷٫۳	۱۴۹٫۱	۶۶٫۰	۱۵۳٫۲
RUNOFF	0.09	6.87	6.77	15.69	3.59	19.42
	۱۳٫۹۹	۲٫۰۵	۵٫۳۸	۲۲٫۲۹	۲٫۸۰	۷٫۵۰
EVAPOTRANSPIRATION	35.69	59.07	81.81	66.78	70.22	96.15
	۳۴٫۵۶	۲۴٫۲۴	۴۲٫۰۷	۷۴٫۴۸	۶۸٫۴۱	۱۲۳٫۸۴
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH	49.741	36.386	47.512	40.042	51.140	12.433
LAYER 3	62.660	24.540	36.587	46.102	10.996	43.342

****

****

ANNUAL TOTALS FOR YEAR 6

	MM	CU. METERS	PERCENT
PRECIPITATION	1344.10	67205.016	100.00

RUNOFF	106.440	5321.979	7.92
EVAPOTRANSPIRATION	777.328	38866.410	57.83
PERC./LEAKAGE THROUGH LAYER 3	461.481659	23074.082	34.33
CHANGE IN WATER STORAGE	-1.150	-57.496	-0.09
SOIL WATER AT START OF YEAR	6138.170	306908.531	
SOIL WATER AT END OF YEAR	6137.021	306851.031	
SNOW WATER AT START OF YEAR	0.000	0.000	0.00
SNOW WATER AT END OF YEAR	0.000	0.000	0.00
ANNUAL WATER BUDGET BALANCE	0.0008	0.039	0.00

****

****

MONTHLY TOTALS (MM) FOR YEAR 7

	JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
PRECIPITATION	216.6	55.3	241.2	140.1	68.4	26.6
	۱۰۷/۸	۱۲۰/۲	۳۷/۲	۱۲۱/۲	۱۲۴/۲	۲۶/۷
RUNOFF	28.27	0.44	59.42	9.31	1.69	0.00
	۵/۸۴	۲۱/۲۷	۱/۱۷	۱۱/۵۷	۹/۴۱	۰/۰۰
EVAPOTRANSPIRATION	45.81	52.97	50.81	87.49	80.95	32.04
	۳۸/۹۹	۲۸/۵۴	۴۷/۶۱	۹۱/۷۲	۷۶/۰۱	۳۱/۸۶
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 3	23.344	49.958	70.866	61.417	73.379	78.451
	0.609	0.000	21.142	19.648	4.663	54.815

****

****

ANNUAL TOTALS FOR YEAR 7

	MM	CU. METERS	PERCENT
PRECIPITATION	1285.50	64275.012	100.00
RUNOFF	148.398	7419.905	11.54
EVAPOTRANSPIRATION	664.801	33240.047	51.72
PERC./LEAKAGE THROUGH LAYER 3	458.292114	22914.605	35.65
CHANGE IN WATER STORAGE	14.008	700.422	1.09
SOIL WATER AT START OF YEAR	6137.021	306851.031	
SOIL WATER AT END OF YEAR	6151.029	307551.469	
SNOW WATER AT START OF YEAR	0.000	0.000	0.00
SNOW WATER AT END OF YEAR	0.000	0.000	0.00
ANNUAL WATER BUDGET BALANCE	0.0006	0.029	0.00

****

****

MONTHLY TOTALS (MM) FOR YEAR 8

	JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
PRECIPITATION	242.4	85.6	109.4	233.1	105.9	76.1
	۹۶/۵	۷۱/۴	۵۴/۵	۱۷/۵	۱۰۴/۹	۱۰۷/۳
RUNOFF	42.06	11.24	11.77	42.10	8.13	0.86
	۵/۷۲	۶/۸۰	۴/۵۹	۰/۰۵	۴/۹۶	۴/۱۹
EVAPOTRANSPIRATION	51.27	46.17	67.27	108.67	80.76	83.75
	۲۹/۹۲	۳۲/۲۷	۳۰/۰۱	۳۰/۹۹	۸۵/۶۷	۸۱/۳۲
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH	33.649	69.397	55.846	73.527	55.503	78.186
LAYER 3	12.398	21.040	0.000	19.036	22.314	28.632

****

****

ANNUAL TOTALS FOR YEAR 8

	MM	CU. METERS	PERCENT
PRECIPITATION	1304.60	65230.000	100.00
RUNOFF	142.488	7124.382	10.92
EVAPOTRANSPIRATION	728.071	36403.531	55.81
PERC./LEAKAGE THROUGH LAYER 3	469.528931	23476.447	35.99
CHANGE IN WATER STORAGE	-35.487	-1774.368	-2.72
SOIL WATER AT START OF YEAR	6151.029	307551.469	
SOIL WATER AT END OF YEAR	6115.542	305777.094	
SNOW WATER AT START OF YEAR	0.000	0.000	0.00
SNOW WATER AT END OF YEAR	0.000	0.000	0.00
ANNUAL WATER BUDGET BALANCE	0.0001	0.007	0.00

****

****

MONTHLY TOTALS (MM) FOR YEAR 9

	JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
PRECIPITATION	155.5	122.8	231.3	86.8	96.6	74.6
	۹۶/۲	۹۲/۹	۶/۰	۱۳۵/۰	۱۹۶/۲	۳۲۷/۴
RUNOFF	8.05	4.73	28.41	3.92	4.50	3.09
	۳/۳۰	۷/۲۶	۰/۰۰	۱۳/۵۱	۲۵/۲۷	۵۳/۷۹
EVAPOTRANSPIRATION	47.26	54.02	86.97	88.32	79.27	42.19
	۳۱/۹۴	۲۴/۴۸	۲۳/۲۹	۸۱/۶۴	۹۱/۹۳	۱۴۵/۰۳
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH	29.575	37.164	46.932	63.970	72.433	68.393
LAYER 3	55.419	46.750	51.779	73.780	45.796	35.217

****

```
*******************************************************************************

                ANNUAL TOTALS FOR YEAR   9
-------------------------------------------------------------------------------
                              MM         CU. METERS    PERCENT
-------  ----------     ----------
  PRECIPITATION                1621.30        81064.984    100.00

  RUNOFF                     155.844        7792.187     9.61

  EVAPOTRANSPIRATION           796.337       39816.848    49.12

  PERC./LEAKAGE THROUGH LAYER  3       627.209473     31360.475    38.69

  CHANGE IN WATER STORAGE          41.911        2095.550     2.59

  SOIL WATER AT START OF YEAR      6115.542      305777.062

  SOIL WATER AT END OF YEAR        6157.452      307872.625

  SNOW WATER AT START OF YEAR        0.000          0.000     0.00

  SNOW WATER AT END OF YEAR          0.000          0.000     0.00

  ANNUAL WATER BUDGET BALANCE       -0.0015        -0.073     0.00

*******************************************************************************



*******************************************************************************

              MONTHLY TOTALS (MM) FOR YEAR  10
-------------------------------------------------------------------------------

                      JAN/JUL FEB/AUG MAR/SEP APR/OCT MAY/NOV JUN/DEC
------- ------- ------- ------- ------- -------

 PRECIPITATION             126.1   58.5  219.2   31.0  111.0   68.5
۱۷۶٫۴  ۵۳٫۶  ۳۳٫۶  ۳۰۱٫۲  ۸۳٫۴  ۱۵۸٫۲

 RUNOFF                  15.85   0.47  36.14   0.15   3.32   2.12
۲۴٫۴۷  ۰٫۰۸  ۰٫۰۲  ۵۵٫۱۰  ۱٫۰۹  ۱۳٫۶۳

 EVAPOTRANSPIRATION          47.57  58.20  86.53  42.99  92.75  70.56
۲۸٫۴۵  ۳۱٫۸۹  ۲۵٫۳۵  ۹۵٫۷۷  ۶۳٫۳۹  ۱۰۰٫۵۶

 PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH    50.697  56.182  54.622  68.724  11.935   0.000
  LAYER  3                2.292  41.999  19.671  87.633  61.345  25.333

*******************************************************************************



*******************************************************************************

                ANNUAL TOTALS FOR YEAR  10
-------------------------------------------------------------------------------
                              MM         CU. METERS    PERCENT
-------  ----------     ----------
  PRECIPITATION                1420.70        71035.016    100.00

  RUNOFF                     152.437        7621.861     10.73

  EVAPOTRANSPIRATION           744.001       37200.039    52.37

  PERC./LEAKAGE THROUGH LAYER  3       480.433502     24021.676    33.82

  CHANGE IN WATER STORAGE          43.829        2191.455     3.09

  SOIL WATER AT START OF YEAR      6157.452      307872.594

  SOIL WATER AT END OF YEAR        6201.281      310064.062

  SNOW WATER AT START OF YEAR        0.000          0.000     0.00
```

```
  SNOW WATER AT END OF YEAR            0.000          0.000     0.00

  ANNUAL WATER BUDGET BALANCE          -0.0002        -0.012    0.00
*******************************************************************************



*******************************************************************************

         AVERAGE MONTHLY VALUES (MM) FOR YEARS    1 THROUGH   10
-------------------------------------------------------------------------------

                  JAN/JUL  FEB/AUG  MAR/SEP  APR/OCT  MAY/NOV  JUN/DEC
------- ------- ------- ------- ------- ------- -------
  PRECIPITATION
------------
    TOTALS          141.89   93.55  179.68  112.34  116.26  103.07
۱۱۰/۷۱  ۷۰/۶۹  ۶۸/۳۲  ۱۳۸/۷۰  ۱۰۱/۷۰  ۱۷۳/۱۰

    STD. DEVIATIONS     97.07   33.09   65.21   57.89   67.84   66.01
۵۰/۳۹  ۲۷/۲۸  ۴۷/۷۳  ۷۹/۱۲  ۴۸/۹۰  ۸۷/۰۱

  RUNOFF
------
    TOTALS          16.402   5.257  26.793   9.631  10.579   6.368
۸/۹۶۷  ۵/۶۳۶  ۵/۱۳۱  ۲۱/۳۰۶  ۶/۹۹۵  ۱۷/۰۶۰

    STD. DEVIATIONS     18.214   4.637  17.025  12.236  15.490   8.171
۹/۵۵۹  ۶/۵۱۵  ۵/۸۳۳  ۱۸/۱۳۰  ۷/۵۴۹  ۱۷/۱۶۲

  EVAPOTRANSPIRATION
------------------
    TOTALS          42.244  52.151  74.249  74.613  81.929  74.822
۳۳/۳۲۹  ۳۱/۴۷۸  ۴۰/۸۶۵  ۶۳/۲۸۰  ۷۵/۵۸۵  ۱۰۹/۱۵۵

    STD. DEVIATIONS      6.687   6.100  12.727  23.583  17.590  34.009
۳/۴۴۷  ۵/۷۶۴  ۱۲/۲۰۹  ۲۲/۷۶۳  ۲۷/۸۹۷  ۳۶/۷۷۹

  PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER  3
-----------------------------------
    TOTALS          60.1095 57.2951 57.2590 74.3660 64.9452 55.6360
۴۰/۲۷۱۹ ۴۰/۱۴۴۰ ۵۰/۲۰۸۴ ۳۴/۱۲۵۰ ۴۱/۶۵۴۶ ۴۵/۴۶۱۱

    STD. DEVIATIONS     74.5046 47.3045 28.9205 34.0929 33.4437 38.2285
۱۷/۶۰۱۶ ۲۶/۳۳۰۱ ۲۴/۲۵۳۵ ۲۸/۹۸۸۵ ۳۱/۶۴۷۳ ۳۲/۴۳۶۵

*******************************************************************************



*******************************************************************************

     AVERAGE ANNUAL TOTALS & (STD. DEVIATIONS) FOR YEARS    1 THROUGH   10
-------------------------------------------------------------------------------
                           MM            CU. METERS     PERCENT
---------  -----------   --------------------
 PRECIPITATION            1410.01    ( 154.703)     70500.5     100.00

 RUNOFF                    140.126   ( 38.2731)      7006.32     9.938

 EVAPOTRANSPIRATION        753.700   ( 42.2251)     37684.98     53.453

 PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH   621.47589 (301.96881)     31073.795    44.07599
   LAYER  3

 CHANGE IN WATER STORAGE     -105.292   ( 12.7251)     -5264.58    -7.467

*******************************************************************************

*******************************************************************************

            PEAK DAILY VALUES FOR YEARS    1 THROUGH   10
-------------------------------------------------------------------------------
                                  (MM)       (CU. METERS)
------------   ----------
     PRECIPITATION                 132.00        6600.000

     RUNOFF                        44.763        2238.1345

     PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER  3     10.263311      513.16559
```

SNOW WATER 51.63 2581.5251

MAXIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL) 0.4237

MINIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL) 0.3438

****

****

FINAL WATER STORAGE AT END OF YEAR 10

LAYER (CM) (VOL/VOL)

۰/۳۱۳۴ ۱/۵۶۷۱ ۱

۰/۴۱۰۶ ۲۴/۶۳۷۴ ۲

۰/۲۹۷۰ ۵۹۳/۹۲۳۵ ۳

SNOW WATER 0.000

****

****

پیوست ۲– خروجی مدل POLLUTE برای محل دفن بزرگ با نرخ تراوش ۴۰۸ میلیمتر در سال و با لاینر L4

POLLUTEv7

Version 7.13

Copyright (c) 2007.
GAEA Technologies Ltd., R.K. Rowe and J.R. Booker

THE DARCY VELOCITY (Flux) THROUGH THE LAYERS Va = 0.0253 m/a

Layer Properties

Dry Density	Distributon Coefficient	Matrix Porosity	Coefficient of Hydrodynamic Dispersion	Number of Sublayers	Thickness	Layer
950 kg/m3	0 mL/g	1	3E-5 m2/a	1	60 mil	Geomembrane
1.9 g/cm3	0 mL/g	0.4	0.02 m2/a	10	0.6 m	Clay Liner
1.7 g/cm3	0 mL/g	0.38	0.02 m2/a	10	5 m	Aquitard

Boundary Conditions

Finite Mass Top Boundary
Initial Concentration = 1500 mg/L
Volume of Leachate Collected = 0.3827 m/a
Thickness of Waste = 20 m
Waste Density = 800 kg/m3
Proportion of Mass = 0.2
Reference Height of Leachate = 0 m

Fixed Outflow Bottom Boundary
Landfill Length = 1000 m
Landfill Width = 1 m
Base Thickness = 3 m
Base Porosity = 0.3
Base Outflow Velocity = 146 m/a

Laplace Transform Parameters

TAU = 7 **N =** 20 **SIG =** 0 **RNU =** 2

Maximum Base Concentration Parameters

Depth to Search = 5 m
Lower Time Limit = 1 year
Upper Time Limit = 200 year
Base Concentration Accuracy = 0.25
Maximum Search Attempts = 25

Maximum Base Concentration and Time of Occurrence

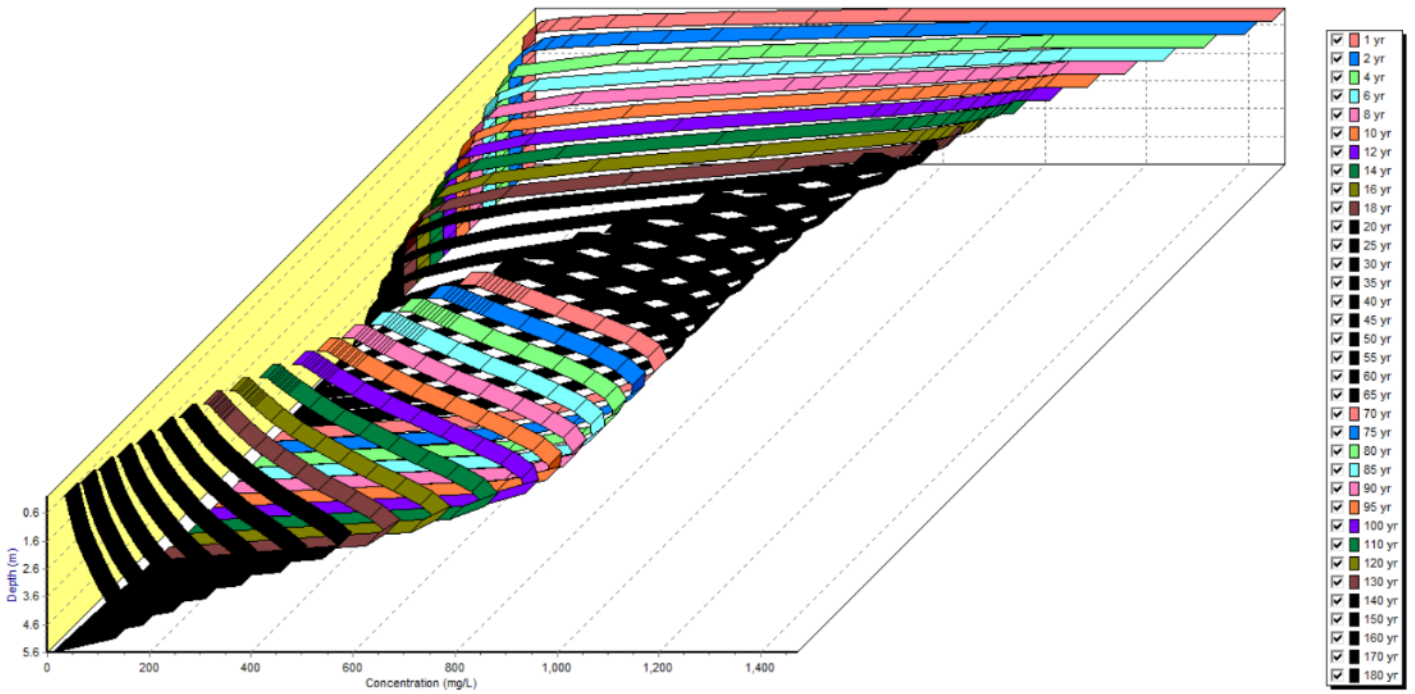
Exceeding Concentration	Exceeding Time	Preceeding Concentration	Preceeding Time	Concentration mg/L	Depth m	Time yr
				2.3384E+02	0.0000E+00	9.7248E+01
				2.5287E+02	1.5240E-03	
				2.5787E+02	6.1524E-02	
				2.6293E+02	1.2152E-01	
				2.6806E+02	1.8152E-01	
				2.7326E+02	2.4152E-01	
				2.7851E+02	3.0152E-01	
				2.8381E+02	3.6152E-01	
				2.8915E+02	4.2152E-01	
				2.9452E+02	4.8152E-01	

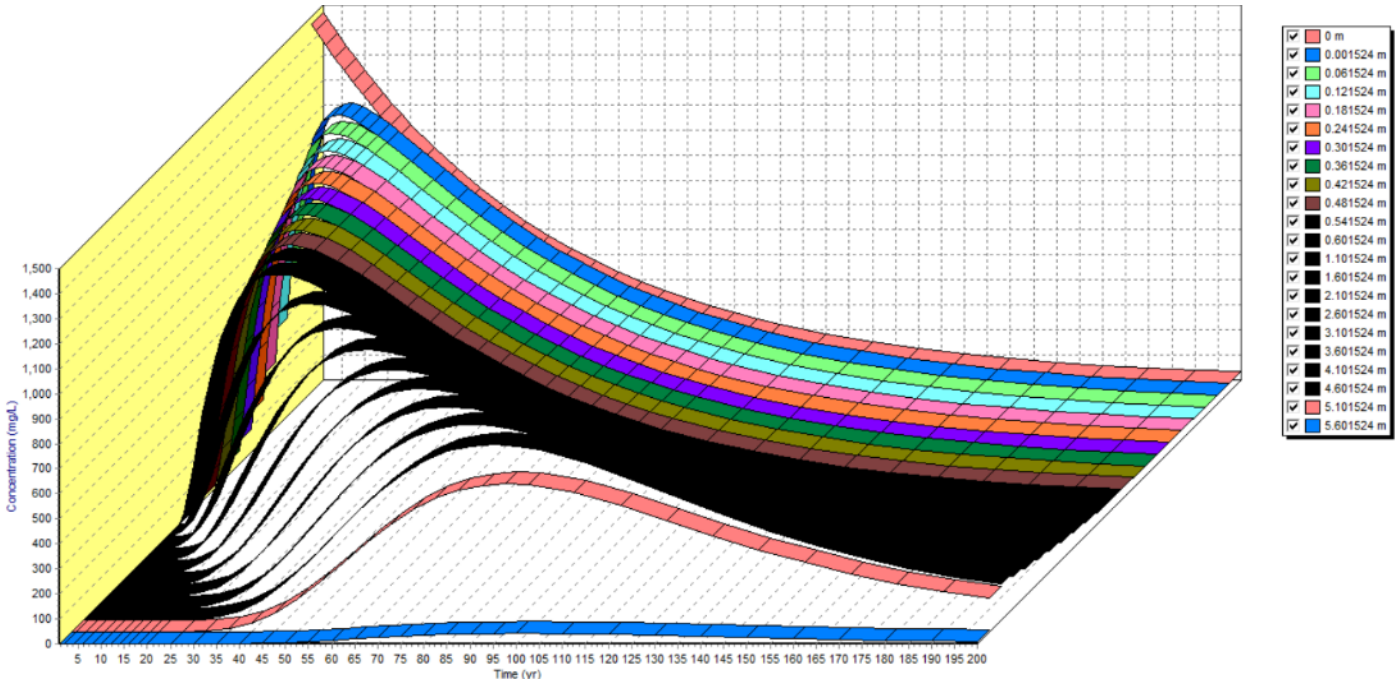
				2.9990E+02	5.4152E-01	
				3.0528E+02	6.0152E-01	
				3.5560E+02	1.1015E+00	
				4.1192E+02	1.6015E+00	
				4.7300E+02	2.1015E+00	
				5.3621E+02	2.6015E+00	
				5.9725E+02	3.1015E+00	
				6.5010E+02	3.6015E+00	
				6.8638E+02	4.1015E+00	
				6.8917E+02	4.6015E+00	
				5.9178E+02	5.1015E+00	
5.9137E+02	9.7749E+01	5.9210E+02	9.6747E+01	4.1466E+01	5.6015E+00	

Number of Search Attempts = 6

NOTICE

Although this program has been tested and experience would indicate that it is accurate within the limits given by the assumptions of the theory used, we make no warranty as to workability of this software or any other licensed material. No warranties either expressed or implied (including warranties of fitness) shall apply. No responsibility is assumed for any errors, mistakes or misrepresentations that may occur from the use of this computer program. The user accepts full responsibility for assessing the validity and applicability of the results obtained with this program for any specific case.


Depth (m)
0.6
1.6
2.6
3.6
4.6
5.6
0
200
400
600
800
1,000
1,200
1,400
Concentration (mg/L)
1 yr
2 yr
4 yr
6 yr
8 yr
10 yr
12 yr
14 yr
16 yr
18 yr
20 yr
25 yr
30 yr
35 yr
40 yr
45 yr
50 yr
55 yr
60 yr
65 yr
70 yr
75 yr
80 yr
85 yr
90 yr
95 yr
100 yr
110 yr
120 yr
130 yr
140 yr
150 yr
160 yr
170 yr
180 yr


Concentration (mg/L)
1,500
1,400
1,300
1,200
1,100
1,000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200
Time (yr)
0 m
0.001524 m
0.061524 m
0.121524 m
0.181524 m
0.241524 m
0.301524 m
0.361524 m
0.421524 m
0.481524 m
0.541524 m
0.601524 m
1.101524 m
1.601524 m
2.101524 m
2.601524 m
3.101524 m
3.601524 m
4.101524 m
4.601524 m
5.101524 m
5.601524 m