مـــوان MWAN
المركز الوطني لإدارة النفايات
National Center for Waste Management

الضوابط والأدلة الفنية

لتصميم وإنشاء وتشغيل المرادم

Standards & Technical Guidelines

Design, Construction and Operation of Landfills

01 November 2024

REF# TG-WM-05

النسخة العربية (2)

فهرس المحتويات

١ـ الهدف والنطاق والاستثناءات ١١
١ـ١ الهدف ١١
١ـ٢ النطاق ١١
١ـ٣ الاستثناءات ١١
٢ـ المتطلبات التنظيمية ١٢
٣ـ الأدوار والمسؤوليات ١٣
٣ـ١ الأدوار والمسؤوليات ١٣
٤ـ تصنيف المرادم ١٤
٤ـ١ فئات المرادم ١٤
٥ـ المتطلبات العامة لجميع فئات المرادم ١٥
٥ـ١ المقدمة ١٥
٥ـ٢ الموقع ١٥
٥ـ٣ اعتبارات تصميم الموقع ١٨
٥ـ٤ تخطيط الموقع ١٨
٥ـ٥ حماية التربة والمياه الجوفية ١٨
٥ـ٦ إدارة المياه السطحية ومياه الرشيح ١٩
٥ـ٧ التحكّم في الغازات الناتجة من المرادم ١٩
٥ـ٨ مصادر الإزعاج والمخاطر ١٩
٥ـ٩ الثبات ٢٠
٥ـ١٠ تقييم المخاطر ٢٠
٦ـ متطلبات البنية التحتية لجميع فئات المرادم ٢١
٦ـ١ طرق الوصول والطرق الداخلية ٢١
٦ـ١ـ١ شبكة طرق الوصول ٢١
٦ـ١ـ٢ شبكة الطرق الداخلية ٢١
٦ـ٢ تصريف مياه الأمطار ٢٢
٦ـ٣ البنية التحتية والمرافق ٢٣
٦ـ٣ـ١ المدخل الرئيس/ بوابة الخروج ٢٤
٦ـ٣ـ٢ التسوير ٢٤
٦ـ٣ـ٣ منطقة انتظار مركبات النفايات القادمة ٢٥
٦ـ٣ـ٤ مرفق الميزان ٢٥
٦ـ٣ـ٥ مبنى غرفة الحراسة/ الميزان ٢٥
٦ـ٣ـ٦ منطقة لجمع العينات ومنطقة حجر حمولة النفايات غير المقبولة ٢٦
٦ـ٣ـ٧ المبنى الإداري ٢٦

٦-٣-٨ موقف مركبات النفايات العاملة في المردم ٢٦
٦-٣-٩ موقف سيارات الموظفين والزوار ٢٧
٦-٣-١٠ مبنى الصيانة ٢٧
٦-٣-١١ نظام غسيل الإطارات ٢٧
٦-٣-١٢ خزان المياه ٢٨
٦-٣-١٣ محطة الوقود ٢٨
٦-٣-١٤ مناطق التجميع ٢٩
٦-٣-١٥ شبكة الإضاءة ٢٩
٦-٣-١٦ منطقة الحماية من الحرائق وشبكة مكافحة الحرائق ٢٩

٧- إرشادات تصميم مرادم النفايات ٣٠

٧-١ تصميم الخلية ٣٠

٧-٢ نظام البطانة لقاعدة مردم النفايات ٣١

٧-٢-١ المقدمة ٣١
٧-٢-٢ دراسة تقييم مخاطر نظام بطانة المردم ٣٢
٧-٢-٣ طبقات بطانة قاعدة مردم النفايات ٣٣
٧-٢-٤ نظام كشف التسرّب ٤٣
٧-٢-٥ مسح لتحديد موقع التسرّب (LLS) ٤٤

٧-٣ نظام التعامل مع مياه الرشيح ٤٤

٧-٣-١ تجميع مياه الرشيح ٤٤
٧-٣-٢ معالجة مياه الرشيح ٤٥

٧-٤ إدارة الغازات الناتجة من المردم ٤٦

٧-٤-١ تجميع الغازات الناتجة من المردم ٤٦
٧-٤-٢ معالجة الغازات الناتجة من المردم ٤٩

٧-٥ نظام التغطية للمردم ٥٠

٧-٥-١ طبقات تغطية مرادم النفايات ٥٥

٧-٦ ثبات المردم والبطانة ٥٨

٧-٧ المرادم الصغيرة ٥٩

٨- المراقبة والتشغيل ٦٠

٨-١ مراقبة المرادم ٦٠

٨-١-١ مراقبة مياه الرشيح ٦٠
٨-١-٢ مراقبة المياه الجوفية ٦٠
٨-١-٣ مراقبة المياه السطحية ٦١
٨-١-٤ مراقبة الغازات ٦١
٨-١-٥ مراقبة الهبوط ٦٢

٨-٢ ضمان جودة الإنشاءات (CQA) ٦٢

٨-٣ خطة العمل ٦٤

٨-٤ المتطلبات العامة لخطة الردم ٦٤

٨-٤-١ الترسيب الأولي ٦٤
٨-٤-٢ الترسيب العام ٦٥
٨-٤-٣ التغطية اليومية والنهائية ٦٥

٨-٥ قبول النفايات ٦٦
٨-٦ الحمولات غير المقبولة ٦٦
٨-٧ التشغيل والصيانة ٦٦
٨-٨ الكفاءة والتدريب ٦٧
٨-٩ خطط الطوارئ ٦٧
٩- حفظ السجلات وإعداد التقارير ٦٨
٩-١ حجم النفايات الواردة ومكوناتها ومواد التربة للتغطية ٦٨
٩-٢ سجلات الأحداث الهامة ٦٩
٩-٣ أرشفة السجلات ٦٩
١٠- الإغلاق والعناية اللاحقة ٧٠
١٠-١ خطة الإغلاق ٧٠
١٠-٢ مراقبة العناية اللاحقة ٧٠
الملحقات ٧٢
١- عناصر المراقبة البيئية ٧٢

فهرس الأشكال

الرسم التوضيحي ٢-١: نظرة عامة على أحكام اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات ذات الصلة ١٢
الرسم التوضيحي ٧-١: رسم مقطعي نموذجي لنظام التبطين لمرادم الفئة ١ ..... ٣٦
الرسم التوضيحي ٧-٢: رسم مقطعي نموذجي لنظام التبطين لمرادم الفئة ٢ ..... ٣٧
الرسم التوضيحي ٧-٣: رسم مقطعي نموذجي لنظام التبطين لمرادم الفئة ٣ ..... ٣٦
الرّسم التوضيحي ٧-٤: رسم مقطعي نموذجي لنظام التغطية لمرادم الفئة -١ ..... ٥٠
الرّسم التوضيحي ٧-٥: رسم مقطعي نموذجي لنظام التغطية لمرادم الفئة -٢ ..... ٥١
الرّسم التوضيحي ٧-٦: رسم مقطعي نموذجي لنظام التغطية لمرادم الفئة - ٣ ..... ٥٢

فهرس الجداول

الجدول ٥-١: المسافات الرئيسة المُوصى بها من حدود موقع المردم (من الفئات ١ إلى ٣) ١٧
الجدول ٧-١: هيكلية بطانات لقاعدة مردم النفايات حسب فئات المردم ٣٣
الجدول ٧-٢: نظام تغطية مردم النفايات وفقاً لفئات المردم ٥٠

قائمة الاختصارات

CQA	ضمان جودة الإنشاءات
DS	المواد الصلبة الذائبة
GCL	طبقة التبطين الطينية الصناعية
GRI	معهد أبحاث المواد الجيو- صناعية
HDPE	البولي إيثيلين عالي الكثافة
K	معامل النفاذية
kPa	كيلوباسكال
KSA	المملكة العربية السعودية
LEL	الحد الأدنى للانفجار
LLDPE	البولي إيثيلين الخطي منخفض الكثافة
LLS	مسح لتحديد موقع التسرّب
MSW	النفايات البلدية الصلبة
MWAN/ المركز	المركز الوطني لإدارة النفايات
NCEC	المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي
PME	الهيئة العامّة للأرصاد وحماية البيئة
SS	المواد الصلبة العالقة
TS	إجمالي المواد الصلبة
TSD facility	مرفق المعالجة، و/ أو التخزين و/ أو التخلّص النهائي
VS	المواد الصلبة المتطايرة
v/v	النسبة المئوية للحجم
WAC	معايير قبول النفايات

التعريفات

الطبقة الحاملة للمياه الجوفية	الطبقات الجيولوجية التحت سطحية المشبعة بالمياه، والمكونة من الصخور ذات النفاذية العالية أو الرمل أو الحصى، ولديها القدرة على الاحتفاظ بالمياه، وتمثل هذه الطبقات موارد مائية استراتيجية تتطلّب الحماية من مصادر التلوّث.
الردم	هي عملية ردم خندق أو حُفرة موجودة في الأرض.
النفايات القابلة للتحلّل الحيوي	يمكن تعريفها من خلال النفايات التي يمكن أن تتعرّض للتحلّل اللاهوائي أو الهوائي، مثل: نفايات الأطعمة، والنفايات الخضراء، ونفايات الورق، والكرتون.
البئر الاختباري	ثقب في الأرض أو حُفرة كجزء من متطلبات الدراسة الجيوتقنية للموقع، من أجل الحصول على عينات من التربة و/ أو الصخور أو بشكلٍ عام لدراسة التربة التحت سطحية، وسحب عينات من المياه الجوفية و/ أو مراقبتها.
الحواجز	هي السواتر التي يتم انشاؤها لاحتواء النفايات وتطويقها؛ لمنع انتقالها أو تسربها من مكان لأخر.
الخلية	خلية النفايات تُعدّ الوحدة الهيكلية الأساسية لمردم النفايات تحت التشغيل، وهي منطقة محددة بوضوح من خلال سياج أو طوق محدد ومخصصة لاستقبال النفايات للحد من الآثار السلبية على البيئة المحيطة وصحة الإنسان. وتتشكل خلايا النفايات عن طريق توزيع ودكّ النفايات المستقبلة في طبقات داخل منطقة التشغيل المحددة يومياً. ويجب ضغط النفايات اليومية الواردة للخلية وتغطيتها، واتباع خطة ومنهجية محددة لاستقبال النفايات بشكل دائم؛ لزيادة القدرة الاستيعابية للمردم.
الخلية اليومية	الوحدة الأساسية للمردم، وتخصص للنفايات الصلبة الموزعة والمدكوكة عند اكتمالها في نهاية كل يوم- تُغطى بالكامل بترسيبات التغطية. ويُحدد عرض الخلية اليومية بناء على متطلبات حركة المركبات والشحنات المخصصة لجمع ونقل النفايات الواردة لمنطقة التشغيل.
الإغلاق	وتمثل انتهاء الأعمال التشغيلية في خلايا المردم، وتسبقه التدابير والضوابط اللازمة طبقاً لخطة الاغلاق، ثم مراقبة عملية الإغلاق والعناية اللاحقة بموقع المردم والبيئة المحيطة.
الضغط	عملية زيادة الكثافة وبالتالي تحسين قوة قص (اجهاد) التربة وتقليل مستوى خاصية النفاذية باستخدام وسائل ميكانيكية مثل: الدحرجة أو الاهتزاز أو الكبس.
الجهة المختصّة	الجهة الحكومية المسؤولة عن إدارة النفايات تشغيلياً وفق إطار نظامي خاص.
البطانة المركبة	طبقة عازلة من المواد الجيو-صناعية والرسوبيات منخفضة النفاذية (الطينية أو البنتونيت) تُوضع في قاعدة مردم النفايات ضمن طبقات التبطين؛ لمنع تسرب السوائل ومياه الرشيح (العصارة) إلى التربة التحت سطحية والمياه الجوفية.
التصميم المبدئي	يتناول مبادئ التصميم المستهدف، لكنّه لا يتضمن المواصفات الفنية التفصيلية.
طبقة التغطية النهائية	الطبقة المستخدمة لتغطية النفايات للإغلاق النهائي. وقد تتكوّن من رسوبيات طبيعية واصطناعية للحد من تأثيرات مرادم النفايات على البيئة المحيطة بعد الإغلاق. وينبغي أن يكون الغطاء النهائي قادراً على دعم تنمية الغطاء النباتي إذا سمحت الظروف المناخية بذلك.
طبقة التغطية اليومية	هي طبقة مكونة من الرسوبيات الموجودة بمحيط موقع المردم، أو مواد مماثلة، يتراوح سمكها بين ٠,١٥ - ٠,٢٠ متر.

المكب (المكب المفتوح)	يُعد أي مردم نفايات لا يُلبّي المتطلبات والمعايير المحدّدة في الوثيقة الحالية مكباً للنفايات أو مكباً مفتوحاً. كما يُعتبر أي موقع للتخلّص من النفايات غير مصمّم هندسياً بمثابة مكب للنفايات أو مكب مفتوح.
الصدع	كسر أو تشقق في الطبقات الجيولوجية التحت سطحية مع حدوث إزاحة على جانبي الكسر أو الصدع، يحدث عندما تتحرّك الطبقات باتجاهين متعاكسين.
خطة المردم	خطة تشير إلى مراحل تطور المردم من التجهيز والتهيئة والتشغيل (ينقسم عادة إلى مراحل على أساس المساحة)، إلى الإغلاق النهائي وإعادة التأهيل والاستخدام النهائي. وتشكّل المراحل، وبذلك تكون خطة الردم جزءاً من التصميم.
السهول الفيضية	الأراضي المنخفضة والمسطحة نسبياً المجاورة للأنهار والبحار، بما في ذلك المناطق المعرضة للفيضانات في الجزر البحرية.
نظام تجميع الغازات الناتجة	جميع مكونات شبكة التجميع التي تتدفق من خلالها الغازات المنبعثة من المردم، من كتلة النفايات إلى شبكة تجميع الغازات وأنابيب تصريف الغازات خلال فترة التشغيل والعناية اللاحقة.
الغازات الناتجة من المردم	الغازات المنبعثة من مردم النفايات.
الغشاء الأرضي	طبقة تبطين وغشاء اصطناعي منخفض النفاذية يُستخدم للتحكّم في انتقال السوائل من طبقة لأخرى.
طبقة التبطين الطينية الصناعية	نظام عزل صناعي مركّب، ويتكوّن من طبقات من المواد الطينية (مثل البنتونيت) ومواد جيوصناعية (على سبيل المثال: مواد التكسية الأرضية و/ أو الأغشية الأرضية) لتشكيل غطاء واحد لاستخدامه كطبقة تبطين أو عزل.
التكسية الأرضية	هي أقمشة مصنوعة من ألياف طبيعية أو صناعية ومصمّمة لتكون بمثابة عنصر تصريف أو تصفية، قابلة للنفاذ، بوليمرية، ومنسوجة، وغير منسوجة، تُستخدم في تطبيقات الهندسة الجيوتقنية والمدنية.
تصنيف النفايات الخطرة	تُصنف النفايات بالخطرة إذا كانت لها خصائص تُشكّل خطراً محتملاً على الصحة العامة أو البيئة المحيطة، ويمكن أن تكون سائلة، أو صلبة، أو شبه صلبة، أو غازية. تُصنف النفايات على أنها خطرة إذا تحقق فيها أي مما يلي: ١- احتواؤها على واحدة أو أكثر من خصائص النفايات الخطرة المنصوص عليها في الملحق الأول من اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات. ٢- اشتمالها على مركبات ثنائي بنزو باراديوكسين متعدد الكلور وثنائي بنزو فيوران (/ PCDD PCDF)، مادة الدي دي تي (1,1,1-trichloro-2,2-bis (4-chlorophenylethane، الكلوردان، hexachlorocyclohexanes، (بما في ذلك اللينديين)، الديلدرين، الإندرين، سباعي الكلور، سداسي كلور البنزين، الكلورديكون، الألدرين، خماسي كلور البنزين، الميركس، التوكسافين سداسي البروم ثنائي الفينيل و/ أو ثنائي الفينيل متعدد الكلور، وتتجاوز حدود التركيز المشار إليها في المادة ٦ من اتفاقية استكهولم التي صادقت عليها المملكة. ٣- إذا صُنِّفت على أنها خطرة وفقاً لنظام البيئة. ٤- إذا رُتِّبَت على أنها خطرة بناء على الاتفاقيات الدولية التي تُصادق عليها المملكة.

النفايات الخاملة	النفايات التي لا تحدث بها تغييرات فيزيائية أو كيميائية أو بيولوجية مؤثرة، ولا يمكن اذابتها ولا تحترق ولا تتفاعل فيزيائياً أو كيميائياً أو تؤثر تأثيراً سلبياً على المواد التي تتصل بها على نحو يلوث البيئة أو يُشكل خطراً على الصحة العامة أو البيئة المحيطة، ويجب أن تكون قابلية الرشح والمكونات الملوثة في النفايات والسمومية البيئية للرشح ضئيلة، ولا تُشكل خطراً على جودة المياه السطحية أو المياه الجوفية.
البحيرة	حوض مُبطَّن يُنشأ لاحتواء الرشيح.
مردم النفايات	موقع للتخلّص الآمن من النفايات مصمّم بطريقة هندسية، ويشتمل على جميع طرق التحكّم الهندسية المعمول بها والمعترف بها لحماية البيئة المحيطة (الهواء، والمياه، والمياه الجوفية، والتربة، والبيئات الإيكولوجية، وما إلى ذلك).
مشغّل المردم	مقدّم الخدمة، الذي يقوم بتشغيل المردم.
مراقبة تشغيل المردم	التدقيق في عملية التخلّص الآمن من النفايات، وتقييمها، للتأكد من توافقها مع متطلبات تصميم الموقع.
الرشيح	السوائل المتكونة والمتجمعة من خلال دمك النفايات بالمردم المخصص، ويتدفق إلى خارج المردم أو يظل داخله.
نظام جمع الرشيح	كل الوحدات والشبكات التي تُجمع فيها الرشيح (العصارة) في قاعدة المردم ونقلها إلى مرفق النقل/ المعالجة.
نظام كشف التسرب	نظام للكشف عن تسرّب الرشيح (العصارة) في مرادم النفايات.
إدارة الرشيح	جمع الرشيح (العصارة) وتصريفها إلى حدّ يمكن معه استخراجها للتخزين أو للمعالجة اللاحقة. وهذا يتطلب نظام تصريف وطبقات تبيطين معينة.
الرخصة	إذن مكتوب يُصدره المركز للقيام بأي نشاط يتعلق بإدارة النفايات، وذلك وفقاً لما يحدده النظام واللائحة التنفيذية.
طبقة الردم	عدد من الخلايا المتلاصقة ذات الارتفاع الموحد وفي نفس المستوى في المردم.
التبطين	طبقة من مادة أو طبقة منخفضة النفاذية تُوضع في قاعدة مردم النفايات ومصمّمة لتحويل الرشيح (العصارة) إلى شبكة تجميع أو حوض جمع أو لاحتواء الرشيح. وقد تشتمل على مواد طبيعية أو مواد صناعية أو الاثنين معاً.
المراقبة	عملية المراقبة المنتظمة إذا كان هناك تأثير سلبي على البيئة المحيطة من العمليات التشغيلية التي تتم داخل موقع المردم. والمناطق الرئيسية التي تخضع للمراقبة في موقع المردم هي الرشيح (العصارة) والغازات المنبعثة والمياه الجوفية والمياه السطحية. ويمكن تحقيق ذلك من خلال جمع نتائج عمليات التدقيق المتتالية أو نتائج تحليل اختبارات جودة المياه.
النفايات البلدية الصلبة	تشمل النفايات السكنية التي تنتج من الأنشطة المنزلية المعتادة، سواء جُمعت مختلطة أم بصورة مستقلة، وكذلك النفايات التجارية والإدارية، وهي النفايات التي تنتج من مصادر أخرى مشابهة في الطبيعة والتركيب للنفايات السكنية.
النفاذية	معدل نفاذ السائل من خلال وحدة مساحة لمادة مسامية تحت تأثير ضغط التدفق. وتُعد معامل النفاذية (k) في معادلة دارسي وحدة قياس النفاذية وتُقاس بالمتر/ السنة، متر/ الثانية، أو سم/ ثانية، وهي مرادف للتوصيل الهيدروليكي.

التصريح	وثيقة يمنحها المركز لمنشآت تدوير النفايات تفيد بتحقيقها ضوابط المركز واشتراطاته، قبل حصولها على التراخيص التي تصدرها الجهات المختصة وفق أنظمتها.
إصدار التصريح	عملية إصدار التصريح.
إعادة التأهيل	إعادة تأهيل موقع مردم النفايات إلى حالة مقبولة اجتماعياً وبيئياً.
المعالجة	تصحيح وتأهيل المشكلات الناجمة عن الممارسات السيئة من خلال تنفيذ الإجراءات العلاجية.
المخاطر	قياس الخطر من خلال تقييم احتمالية وقوع الحدث والعواقب (الأثر) التي قد تترتّب عليه في سياق مرادم النفايات، ويمكن تعريف الخطر على أنه مقياس لاحتمال وجود مواد خطرة في النفايات، أو متسرّبة منها، أو صادرة عن طريق الانبعاث، والتأثير الناتج على البيئة وصحة الإنسان عن طريق دخول الهواء أو البيئة أو نظام المياه في كميات أو تركيزات غير مقبولة. ويمكن اعتبار عواقب مثل هذه الأحداث تهديداً للصحة العامة و/ أو البيئة.
تقييم المخاطر	تحديد مدى احتمالية حدوث مخاطر بسبب مرادم النفايات، وعواقبها على البيئة وصحة الإنسان. ويوفر تحديد وتقييم المخاطر المُحتملة الفرصة لمعالجة تلك التأثيرات في التصميم.
منطقة التأثير الزلزالي	منطقة تبلغ فيها احتمالية تجاوز الحد الأقصى للتسارع الأفقي في التتابع الطبقي التحت سطحي الذي يعبّر عنه كنسبة مئوية من جاذبية الأرض (g) - ٠,١٠ (g) في ٢٥٠ عاماً، نسبة ١٠ في المئة أو أكثر.
الهبوط	الحركة الهبوطية لأساسات البناء أو أجزاء منه بسبب الحمولة، وتتسبب في ضغط ودمك التربة.
قوة القص	قوة القص للتربة (أو طبقات النفايات) هي مجموع مقاومة الاحتكاك بين حبيبات التربة (أو جزيئات النفايات) والتماسك الناتج عن الأجزاء الصغيرة (الطين والطمي).
العوامل الخاصة بالموقع	عوامل تخص موقعاً معّيناً، يجب أخذها في الاعتبار عند تصميم وإنشاء مردم النفايات. **نفايات الحمأة، وهي أي واحدة ممّا يلي:** أ- الحمأة المتبقية من محطات معالجة الصرف الصحي البلدية أو الصناعية وأي محطات أخرى لمعالجة الصرف الصحي التي تكون مشابهة في التركيب لمياه الصرف الصحي البلدية أو الصناعية. ب- الحمأة المتبقية من خزانات الصرف الصحي وأي تجهيزات أخرى مشابهة لمعالجة الصرف الصحي. ج- غير ذلك من أنواع الحمأة المتبقية من محطات معالجة الصرف الصحي أو خزانات الصرف الصحي أو أي تجهيزات أخرى مشابهة لمعالجة الصرف الصحي.
المعيار	مقياس يتم من خلاله الحكم على دقة جودة الآخرين أو درجة التميز، أو نموذج يُحتذى به. (لا تُستخدم بالمعنى النظامي).
المياه السطحية	المياه (عادة ما تكون مياه الأمطار) التي تتدفق عبر سطح الأرض باتجاه معين، ومن خلال قنوات تصريف المياه الطبيعية أو بفعل الإنسان مثل القنوات والأنهار، والجداول، والبحيرات، والبرك.
التصميم الفني	يعتمد التصميم الفنّي على التصميم النظري. ويتضمن المواصفات التفصيلية للمواد والقياسات والإجراءات، بالإضافة إلى المخططات التفصيلية.
النقل	نقل النفايات بوسائط النقل المُعتمدة إلى المحطات الانتقالية، أو منشآت المعالجة، أو الفرز، أو المرادم المعتمدة.

المعالجة	استخدام الوسائل الفيزيائية، أو البيولوجية، أو الكيميائية، أو مزيج من هذه الوسائل، أو غيرها، لإحداث تغيير في خصائص النفايات، من أجل تقليل حجمها، أو تسهيل عمليات التعامل معها عند إعادة استخدامها أو تدويرها، أو استخلاص بعض المنتجات منها أو لإزالة الملوثات العضوية وغيرها، من أجل التخفيض أو الاستفادة من بعض مكونات النفايات أو القضاء على احتمال تسببها بالأذى للبشر أو البيئة.
منطقة غير مستقرة	المواقع المعرضة للأحداث والعوامل الطبيعية أو التي يتسبّب فيها الإنسان، ويمكن أن تضرّ بسلامة بعض أو كل المكونات الأساسية لمردم النفايات والمسؤولة عن منع الانبعاثات الناجمة عنه. ويمكن أن تشمل المناطق غير المستقرة المناطق ذات الأساسات الضعيفة، والمناطق المعرضة للانهيارات أو الانجرافات الكبيرة، والمناطق المعرضة لظاهرة التجويف الطبقي التحت سطحي (الكارست – المعرضة لتواجد التكهفات التحت سطحية).
النفايات	كل المواد التي تُرمى أو يُتخلص منها، وتؤثر– بطريقة مباشرة أو غير مباشرة – في الصحة العامة أو البيئة.
منتِج النفاية	كل شخص يُنتج نفايات مُصنّفة بناء على أحكام نظام إدارة النفايات.
إدارة النفايات	تنظيم أي نشاط أو ممارسة تتعلق بالنفايات من جمع النفايات ونقلها وفرزها وتخزينها ومعالجتها وتدويرها واستيرادها وتصديرها والتخلّص الآمن منها، بما في ذلك العناية اللاحقة بمواقع التخلّص الآمن من النفايات.
جسم/ كتلة النفايات	جسم أو كتلة النفايات (والغطاء) الموجودة في المردم. ونظراً لأنها تخضع للتحلّل، فلديها القدرة على إنتاج الرشيح (العصارة) والغازات، وبالتالي يجب فصله بشكل مناسب عن المياه المتدفقة.
التخلص من النفايات (الحجم)	فعل التخلّص من النفايات.
منطقة التشغيل	الجزء النشط من المردم، بحيث تُفرّغ النفايات بواسطة المركبات والشاحنات الواردة، ثم يتم توزيعها ودمكها على السطح المنحدر للخلية باستخدام معدات مدمج نفايات (Compactor). ويُحدد عرض سطح التشغيل من خلال متطلبات المناورة للمركبات والشاحنات الواردة إلى منطقة خلية التشغيل.
خطة العمل	وثيقة خاصة بالموقع تصف طريقة تشغيل المردم. تبدأ بتفاصيل الإنشاء اليومي للخلايا، وصولاً إلى التطوير والحفر وطرق الوصول والتصريف خلال مرحلة معيّنة من خطة تشغيل الردم.

١- الهدف والنطاق والاستثناءات

١-١ الهدف

تهدف الوثيقة الحالية إلى إعداد إطار تشغيلي وفنّي محدّد للتخلص الآمن من النفايات في المملكة العربية السعودية؛ للحدّ من التأثيرات السّلبية الناتجة عن التخلص من النفايات على البيئة المحيطة وصحّة الإنسان قدر الإمكان، وذلك طوال فترة تشغيل المردم، وفقاً لأحكام نظام إدارة النفايات ولائحته التنفيذية.

تهدف الوثيقة إلى تقديم الضوابط والأدلة الفنية لجميع المشاركين في تصميم وإنشاء وتشغيل مرادم النفايات في المملكة العربية السعودية، من أجل ما يلي:

- تنفيذ متطلبات أفضل الممارسات فيما يتعلّق بالتصميم، والإنشاء، والتشغيل، والمراقبة، والإغلاق، والعناية اللاحقة بمرادم النفايات.
- معرفة وتحديد كل متطلبات إنشاء مرادم نفايات جديدة من فئات مختلفة ولأنواع مختلفة من النفايات، وفقاً لأفضل الممارسات الدولية وأحدث التقنيات المتاحة.
- تقديم خطة مستدامة للإغلاق والعناية اللاحقة عند الانتهاء من العمليات التشغيلية في مردم النفايات.

١-٢ النطاق

تنطبق إرشادات وتوجيهات الوثيقة الحالية على جميع مرادم النفايات التي سيتم تصميمها و/ أو التي تُصمم حالياً. وتحدد الضوابط والأدلة الفنية لمعايير قبول النفايات (WAC) أنواع النفايات التي يمكن التخلّص منها في المرادم. ومع ذلك، يجب على المشغّلين الحاليين للمرادم القائمة تنفيذ جميع المتطلبات ذات الصلة الواردة في هذه الوثيقة قدر المستطاع.

تُوجه إرشادات وتوجيهات الوثيقة الحالية إلى جميع الأطراف المعنية في تصميم وإنشاء وتشغيل ومراقبة وترخيص مرادم النفايات وهي:

- المركز الوطني لإدارة النفايات.
- المؤسسات المختصة بحماية البيئة.
- الجهات الحكومية ذات الصلة.
- شركات التصميم والإنشاءات العاملة في مرادم النفايات.
- مشغّلو المردم.
- المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي

١-٣ الاستثناءات

لا تنطبق الضوابط والأدلة الفنية بالوثيقة الحالية على ما يلي:

- نفايات المواد المشعة.
- النفايات السائلة (باستثناء الرشيح أو العصارة) الناتجة عن مرادم النفايات.
- الحمأة، بما في ذلك الحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي، والحمأة الناتجة عن عمليات التجريف؛ بهدف التسميد أو تحسين التربة.
- تأهيل المرادم الحالية/ المطامر، المكبات المفتوحة.

قد تطبّق الضوابط والأدلة الفنية الوثيقة الحالية استثناءات محددة تُحدّد من قبل المركز الوطني لإدارة النفايات.

٢- المتطلبات التنظيمية

تُعدّ الضوابط والأدلة الفنية لحرق النفايات امتداداً للمعلومات المنصوص عليها في نظام إدارة النفايات (WML) ولائحته التنفيذية (IR)؛ وذلك للوصول إلى أفضل التقنيات والممارسات المتاحة؛ وفقاً للسياق الاقتصادي والبيئي والاجتماعي المحلي بالمملكة.

وضمن هذا الإطار، يُنصح مستخدمو هذه الإرشادات والتوجيهات الرجوع إلى نظام إدارة النفايات[١] ولائحته التنفيذية[٢].

الشكل ٢-١: نظرة عامة على أحكام اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات ذات الصلة.

[١] (نظام إدارة النفايات، المملكة العربية السعودية، ٢٠٢١).
[٢] (اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات، ٢٠٢١).

٣- الأدوار والمسؤوليات

٣-١ الأدوار والمسؤوليات

المركز الوطني لإدارة النفايات (MWAN)

يهدف المركز إلى تنظيم أنشطة إدارة النفايات والإشراف عليها، وتحفيز الاستثمار فيها، وتحسين جودتها على أساس مبدأ الاقتصاد الدائري في إدارة النفايات؛ لتحقيق أهداف التنمية المستدامة. وإصدار التراخيص والتصاريح وفقاً للنماذج المعتمدة بعد استيفاء الشروط والمتطلبات وفقاً للآلية المحدّدة في اللّوائح ذات الصلة، والمتطلبات المحدّدة، والضوابط الفنية الصادرة عن المركز الوطني لإدارة النفايات.

يحظر ممارسة أي نشاط يتعلّق بإدارة النفايات، من جمعها ونقلها وفرزها وتخزينها ومعالجتها وتدويرها واستيرادها وتصديرها والتخلّص الآمن منها، بما في ذلك العناية اللاحقة بمواقع التخلّص، إلا بعد الحصول على الرخصة المناسبة أو التصريح المناسب لذلك بحسب التراخيص والتصاريح المنصوص عليها في اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات.

الجهة المختّصة بحماية البيئة:

تُشرف وتراقب الجهة المختصة بالتعاون مع المركز على مشغّل المردم ويمكنهم ما يلي:

١- دخول الموقع لإجراء أي تحقيق.
٢- إجراء عمليات التفتيش وجمع القياسات وإجراء الاختبارات في المواقع التي يتم دخولها أو تفتيش المستندات أو السجلات الموجودة في أي من هذه المواقع، وجمع عينات من النفايات أو المواد.
٣- الطلب من أي طرف ذي صلة تزويدهم– في أي وقت– بنسخ من السجلات أو أجزاء منها، وذلك من أجل إثبات الامتثال لمعايير تصميم مردم النفايات.

مشغّل المردم:

يُعد مشغّل المردم مسؤولاً عن التشغيل والصيانة والإشراف والمراقبة والتحكم بعد إغلاق موقع المردم وفقاً للرخصة ذات الصلة و/ أو التصاريح الأخرى التي تتطلّبها التشريعات والأنظمة في المملكة العربية السعودية.

يجب على مشغّل المردم تنفيذ إجراءات المراقبة على المردم بعد إغلاقه لفترة تُحدد من قِبل المركز الوطني لإدارة النفايات، ويمكن تمديد هذه الفترة إذا ثبت من خلال برنامج مراقبة ما بعد الإغلاق أنّ المردم ليس ثابتاً بعد، ويُشكّل مخاطر بيئية محتملة و/ أو مخاطر تهدد الصّحة والسّلامة العامة.

يجب على مشغّل المردم إخطار الجهة المختصّة بحماية البيئة على الفور بالآثار السلبية الكبيرة على البيئة والامتثال لقرار الجهة المختصة بحماية البيئة بشأن التدابير العلاجية المفروضة في فترة ما بعد الإغلاق.

يحدّد المركز الوطني لإدارة النفايات الضمانات المالية التي يجب على مشغّل المردم توفيرها لضمان الوفاء بالتزاماته.

- الجهات الحكومية ذات الصلة.
- شركات التصميم والإنشاءات العاملة في مرادم النفايات.
- المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي

٤- تصنيف المرادم

٤-١ فئات المرادم

يعتمد تصنيف مرادم النفايات على نوع النفايات المسموح بقبولها. وتختلف المتطلبات المتعلّقة بنوع النفايات الواردة بحسب احتمالية تشكيل خطر على البيئة المحيطة وصحّة الإنسان.

وتُصنف المرادم حسب الفئات التالية:

- **مرادم النفايات من الفئة ١- مرادم النفايات الخطرة.**
  - التي تقبل فقط النفايات الخطرة التي تلبّي المعايير والاشتراطات الخاصة بالموقع.
- **مرادم النفايات من الفئة ٢- مرادم النفايات غير الخطرة.**
  - التي قد تقبل أي نفايات غير خطرة بما في ذلك النفايات البلدية الصلبة والنفايات الصناعية غير الخطرة وغيرها كما هو موضّح من خلال الدراسات الأولية المناسبة وتقييم المخاطر.

تُقبل نفايات الحمأة للتخلّص منها فقط في مرادم النفايات من الفئة ٢، وذلك في حال تمَّ استيفاء المتطلبات التالية:

- التخلّص من النفايات غير الخطرة - بخلاف النفايات السكنية - مثل نفايات الحمأة، في مرادم النفايات من الفئة ٢ فقط.
- التخلّص من نفايات الحمأة بعد خلطها مع النفايات السكنية بنسبة ١٠:١ (كل جزء من نفايات الحمأة يقابله ١٠ أجزاء من النفايات السكنية).
- يمكن أن تصل نسبة الرطوبة في نفايات الحمأة إلى ٦٥٪ كحد أقصى.

- **مرادم النفايات من الفئة ٣- مرادم النفايات الخاملة.**
  - التي تقبل فقط النفايات المعروفة بأنها خاملة.

ينبغي أن يتماشى نوع النفايات التي سيُتخلص منها في فئات المرادم المذكورة أعلاه، مع **الضوابط والأدلة الفنية لمعايير قبول النفايات (WAC)** التي أعدها المركز الوطني لإدارة النفايات. ولا بدّ من استيفاء كل أنواع النفايات الواردة، المعايير المنصوص عليها في الضوابط والأدلة الفنية لمعايير قبول النفايات.

٥- المتطلبات العامة لجميع فئات المرادم

٥-١ المقدمة

توضّح الفقرات التالية المتطلبات الرئيسية لتصميم مردم نفايات - من أيّ فئة - بما في ذلك المتطلبات المحدّدة لتصميم الخلية، وبطانات المردم، ونظام إدارة مياه الرشيح، ونظام إدارة الغازات الناتجة من المردم، والتغطية، والثبات، والمراقبة البيئية، وضمان جودة الإنشاءات.(CQA)

يتعين عند تصميم مرادم النفايات، مراعاة المواد من ١٥٣ إلى ١٦٧ من القسم التاسع: مواقع التخلص من النفايات، من اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات، وأن تُوفّر المتطلبات الخاصة لكل فئة من فئات المرادم، ومتطلبات البنية التحتية للموقع، والتشغيل، وحفظ السجلات، وإغلاق الموقع والعناية اللاحقة.

يجب أن يتضمّن تصميم المردم المعلومات التالية كحد أدنى:

- طبيعة ومصدر وكميات النفايات التي سيتم التخلص منها.
- نتائج الدراسات ذات الصلة (على النحو الذي يحدده المركز الوطني لإدارة النفايات حسب تقديره).
- الطريقة المستخدمة لعزل قاعدة المردم بما في ذلك حماية نظام التبطين وطريقة تصريف الرشيح (العصارة) وجمعها ومعالجتها والتخلص منها.
- نظام لجمع وتخزين واسترداد الغازات المنبعثة من المردم، حسب الاقتضاء، أو نظام حرق الغازات المنبعثة من عملية الاحتباس.
- الجوانب الفنّية لمردم النفايات والمرافق (على سبيل المثال، عدد الخلايا والمبنى الإداري وقاعة الاستقبال ومواقف السيارات والميزان ومنطقة غسيل الإطارات وطرق الوصول الرئيسية والثانوية وما إلى ذلك).
- البنية التحتية (مثل: شبكات الطرق والمرافق... إلخ).
- نظام التحكّم والمراقبة للمردم.

تُعتبر المتطلبات التالية عامة لجميع فئات المرادم. وبالتالي فإنّ أيّة توسعة مستقبلية لمرادم النفايات القائمة من أي فئة كانت، ينبغي أن تُلبّي المتطلبات والإجراءات المحددة في هذا الدليل.

كما يجب أن تتبع أعمال توسعة مرادم النفايات القائمة، نفس المتطلبات والمعايير والإجراءات المحدّدة لمرادم النفايات الجديدة، ووفقاً لمحتوى هذا الدليل.

وفي حال أوضحت تقارير تقييم المخاطر والدراسات الاستقصائية الأولية أن هناك حاجة إلى متطلبات أقل، على سبيل المثال لمردم نفايات من فئة ٣ (مرادم النفايات الخاملة)، عندها يُنظر في المبرّرات أثناء إجراءات الترخيص.

٥-٢ اعتبارات اختيار الموقع

عند تحديد موقع مردم النفايات، لا بدّ من الأخذ في الاعتبار المعايير التالية:

(ملاحظة: قد يقدّم المركز استثناءً من بعض هذه الشروط، وذلك بحسب طبيعة المشروع)

(١) المعايير الجيولوجية والهيدرولوجية والاجتماعية والاقتصادية:

أ- خصائص التتابع الطبقي الجيولوجي التحت سطحي.

ب- مخاطر الفيضانات و/ أو الانزلاق الأرضي و/ أو الانهيارات الأرضية في الموقع المقترح.
ج- البنية الهيدرولوجية وعمق واتجاه سريان المياه الجوفية.
د- استخدامات الأراضي الحالية والمستقبلية وقيمتها الاقتصادية، والمالية، والاجتماعية لسكان المنطقة المحيطة بالموقع المقترح.
هـ- تجنب المواقع ذات المنحدرات الطبوغرافية الشديدة.
و- ينبغي أن تكون التربة المستخدمة في أعمال التغطية اليومية مناسبة، ويمكن الحصول عليها من مواقع قريبة لاستخدامها كمواد تغطية أو إذا كانت مناسبة لاستخدامها كطبقة تبطين.

(٢) المعايير المناخية:

أ- الاتجاه السائد للرياح بالنسبة للتجمعات العمرانية المحيطة أو المستقبلات الحساسة الأخرى (المدارس، المستشفيات....).
ب- كميات الأمطار المتوقعة.

(٣) المعايير الاقتصادية:

أ- يجب أن يتّسع الموقع المقترح للسعة المستقبلية المتوقعة للمرفق.
ب- المسافة من مصدر انتاج / جمع النفايات والموقع المقترح للمردم.
ج- البنية التحتية المتوفرة في الموقع المقترح للمردم (طرق الوصول، المرافق، .....).

(٤) المعايير البيئية:

أ- البُعد عن المناطق ذات الأهمية البيئية.
ج- تجنّب مواقع المستقبلات الحساسة (المدارس، المستشفيات، .....).
ب- البعد عن أنواع وتجمع النباتات والحيوانات النادرة (طبقاً للمواقع المعتمدة من المركز الوطني لتنمية الحياة الفطرية).
ج- مخاطر فقدان مواقع التنوع البيولوجي نتيجة تنفيذ الموقع المقترح للمردم.
د- تجنب الأودية والشعاب ومسارات السيول والشواطئ والمسطحات المائية ومصادر المياه الساحلية.
هـ- الابتعاد عن المواقع ذات المنسوب الضحل للمياه.
و- تجنب مواقع السبخات الساحلية.

(٥) معايير أخرى:

أ- مراعاة المسافة من حدود الموقع المقترح للمردم والتجمعات السكنية والترفيهية والمسطحات المائية، وغيرها من المواقع الزراعية أو الحضرية.
ب- مدى إمكانية حجب الموقع المقترح للمردم.
ج- القبول المجتمعي العام.
د- طبوغرافية الموقع المقترح للمردم.
هـ- البُعد عن المرافق والبنية التحتية، وخطوط الكهرباء، والسكك الحديدية، والمطارات، وخطوط أنابيب المنشآت العسكرية، والطرق السريعة.
و- مدى توافر البنية التحتية والطرق للموقع المقترح للمردم، وتأثير المرفق حال تشغيله على حركة المرور في المنطقة المحيطة.
ز- مراعاة المسافة بين الموقع المقترح للمردم والمواقع ذات الأهمية التاريخية والمحميات الطبيعية من جهة أخرى.
ح- الالتزام بأي ضوابط أو متطلبات أخرى يصدرها المركز.

الجدول ٥-١: المسافات الرئيسة المُوصى بها من حدود الموقع المقترح للمردم (من الفئات ١ إلى ٣).

الفئة	المسافة
مدارج (مسارات اقلاع وهبوط) الطيران	3,5 ≤ كم لا يقل عن ٣,٥ كم
المستقبلات الحساسة مثل المناطق الترفيهية، التجمعات السكنية، (المدارس والمستشفيات وغيرها)	1,0 ≤ كم لا يقل عن ١,٠ كم
الشواطئ، وموارد المياه الساحلية	1,0 ≤ كم لا يقل عن ١,٠ كم
المناطق الزراعية	100 ≤ م لا يقل عن ١٠٠,٠ م
خطوط الأنابيب، والطرق السريعة	30 ≤ م لا يقل عن ٣٠,٠ م
المياه السطحية (الأنهار والجداول وغيرها)	100 ≤ م لا يقل عن ١٠٠,٠ م
التجمعات السكنية	500 ≤ م لا يقل عن ٥٠٠,٠ م

لا ينبغي إنشاء مرادم النفايات في المواقع التالية:

أ- المواقع المجاورة للأراضي المخططة مستقبلياً لأغراض تنموية، مثل: مناطق التوسع الحضري والتجاري والزراعي.
ب- المناطق الواقعة في الأودية والشواطيء الساحلية مخرات السيول؛ حيث قد تؤدي معالجة النفايات والتخلص منها إلى تعرض مياه الأمطار للتلوث.
ج- المواقع ذات المنسوب الضحل للمياه الجوفية و/ أو التتابع الطبقي الجيولوجي التحت سطحي الذي لا يمنع الملوثات السائلة مثل الرشيح (العصارة) من اختراقها للطبقة الحاملة للمياه الجوفية، خاصة في المواقع التي تُستخدم فيها المياه للزراعة أو الشرب أو تُعتبر مناطق محمية.
د- المواقع شديدة الانحدار.
هـ- المواقع ذات الأهمية التاريخية أو الطبيعية أو المحميات البيئية.
و- المواقع المجاورة للمطارات والخاضعة لشروط تصنيف الهيئة العامة للطيران المدني.
ز- المواقع الموجودة في السهول الفيضية أو الأراضي الرطبة، أو المواقع المحيطة بالصدوع الجيولوجية، أو المواقع ذات التاريخ الزلزالي، أو المناطق غير المستقرة جيولوجياً.
ح- أي منطقة أخرى تعتبرها الجهات المختصة غير صالحة لإنشاء مرفق لمعالجة النفايات والتخلّص الآمن منها.

وعند اختيار مواقع إنشاء مرادم النفايات الجديدة، يجب مراعاة معايير الموقع المبينة في المواد من ٩٥ إلى ٩٨ من اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات.

لا تتم الموافقة على موقع المردم الجديد من قِبل المركز الوطني لإدارة النفايات إلا إذا كانت خصائص الموقع متوافقة مع المتطلبات المذكورة أعلاه، أو تم اتخاذ الاجراءات التصحيحية اللازمة لضمان عدم تشكيل المردم الجديد مخاطر بيئية جسيمة متوقعة. ويُشترط إجراء دراسة اختيار الموقع (جزء من دراسة تقييم الأثر البيئي) بهدف اختيار أفضل موقع لمردم نفايات جديد، مع مراعاة كافة المعايير المذكورة أعلاه.

٥-٣ اعتبارات تصميم الموقع

يجب تصميم جميع مواقع المرادم الجديدة (من كل الفئات) بأقل تأثير ممكن على البيئة المحيطة، وحيثما أمكن يقتضي أن تنسجم مع ظروف البيئة المحيطة.

تشمل عوامل تصميم المردم المقترح (على سبيل المثال) ما يلي:

- الوضع الطبوغرافي للموقع المقترح.
- مساحة وحدود الموقع المقترح.
- العوامل الجيولوجية والهيدروجيولوجية.
- استخدامات الأراضي المحيطة.
- توافر الرسوبيات المستخدمة للتغطية اليومية لخلايا المردم المقترح.
- الظروف البيئية المحيطة.
- الاعتبارات الخاصة بالتاريخ الزلزالي للموقع المقترح.
- سهولة الوصول إلى الموقع المقترح للمردم.
- توافر بنية تحتية عامة (كهرباء، مياه شرب، شبكة صرف صحي، طرق... إلخ).

٥-٤ اعتبارات تخطيط الموقع

يتطلب تصميم المردم والبنى التحتية المرتبطة بها ما يلي:

- التقليل من التأثيرات البيئية المُحتملة.
- التقليل من مخاطر الصّحة والسلامة على العاملين في المردم والسكان التجمعات السكنية المحيطة.
- الامتثال لجميع الأنظمة واللوائح ذات الصلة طوال فترة تشغيل المردم.
- استخدام الموارد في الموقع بكفاءة.

ينبغي تقديم خطة تفصيلية لتخطيط الموقع إلى المركز الوطني لإدارة النفايات، كجزء من خطة العمل قبل إنشاء المردم؛ لضمان تلبية المعايير والمتطلبات المحددة إلى جانب الاعتبارات المذكورة أعلاه.

يُثبت مخطط الموقع التفصيلي أن المخاوف الرئيسة قد حُدِّدت وعُولِجَت، قبل البدء في أعمال الإنشاءات. تتضمن بعض الاعتبارات الخاصة بتخطيط الموقع ما يلي (مع مزيد من التفاصيل الواردة في القسم ٦):

- يتعين إنشاء غرفة حراسة بجوار الميزان ومرفق غسيل الإطارات عند مدخل الموقع، بهدف التحكم في عمليات دخول وخروج مركبات وشاحنات النفايات إلى المردم.
- يجب وضع منطقة انتظار بالقرب من مدخل المردم لتجنّب الازدحام المروري.
- يجب توفير منطقة لجمع العينات بالقرب من مدخل الموقع؛ من أجل التحقق من نوعيات النفايات الواردة إلى المردم، وبالتالي إمكانية حظر دخول النفايات التي لا تتوافق مع متطلبات واشتراطات قبول النفايات في المردم.

٥-٥ حماية التربة والمياه الجوفية

يجب أن تلبّي المرادم عند تصميمها الشروط اللازمة لمنع تلوث التربة والمياه الجوفية، وضمان توفير حماية فعّالة من الرشيح (العصارة) المنتجة.

تتحقّق سبل حماية التربة والمياه الجوفية من خلال تنفيذ نظام التبطين الأساسي المناسب للمردم والتغطية قبل البدء بالتشغيل وبعد الإغلاق على التوالي (على النحو المحدّد في القسم ٧).

٥-٦ إدارة المياه السطحية والرشيح

يجب اتخاذ تدابير كافية تتعلق بخصائص المردم والظروف المناخية المحيطة، بهدف:

- التقليل من، والتحكم في مياه الأمطار التي يمكن أن تخترق طبقات المردم.
- إدارة مياه الأمطار بشكل مستدام وفعّال؛ كي لا تشكّل مخاطر محتملة على المردم (مثل الحوادث المتعلقة بالفيضانات والسيول).
- منع دخول المياه الملوثة (الناتجة من مرور مياه الأمطار بجسم المردم) إلى نظام تصريف المياه السطحية.
- جمع المياه الملوثة (الناتجة من مرور مياه الأمطار بجسم المردم).
- نقل الرشيح (العصارة) المجمّع إلى مرفق خاص لتخزينه ومعالجته اللاحقة.
- المعالجة (عن طريق التبخير أو أي تقنية مناسبة أخرى) للمياه الملوثة والرشيح (العصارة) من المردم إلى الحدّ المناسب للتصريف النهائي أو نقل الرشيح (العصارة) المجمّع إلى مرفق مرخّص للمعالجة بعد موافقة الجهة المختصة.

يُمنع تصريف الرشيح (العصارة) أو المياه الملوثة إلى أي مستقبِل ما لم تُستوفَ المعايير المحددة للتصريف، ويُثبت ذلك بالتحاليل المخبرية من خلال مختبر معتمد مرخّص، من الجهة المختصة.

سيتم إعداد آلية محدّدة لمراقبة المياه الجوفية والسطحية والرشيح (العصارة) لزيادة تدابير التحكّم لمواجهة المخاطر المحتملة.

٥-٧ التحكّم في الغازات المنبعثة من المرادم

لا بدّ من اتخاذ التدابير المناسبة للتحكّم في انبعاث الغازات الناتجة من المرادم، وتحديدًا في تلك التي ينتج عنها غازات (هذه من متطلبات الفئة ٢ من مرادم النفايات البلدية الصلبة، أما بالنسبة لباقي فئات المرادم فتخضع لمتطلبات المشروع المحدّدة).

يجب استخراج الغازات المنبعثة من المرادم إمّا عن طريق نظام الاستخراج السلبي أو النشط، ثم معالجتها واستخدامها إذا كان ذلك ممكناً. وإذا كان من غير الممكن استخدام كمية ونوعية الغازات المُجمّعة لإنتاج الطاقة، فيجب حينئذٍ إحراقه في شعلة حرق مثبّتة في الموقع. ويُسمح بالتنفيس السلبي (استخراج الغازات الحيوية) فقط في حالة اعتبار مخاطر انبعاثات الغازات منخفضة من خلال دراسة تقييم مخاطر مناسبة.

يتعين أن يتم استخراج وجمع ومعالجة واستخدام الغازات المنبعثة من المرادم، بطريقة تقلّل من المخاطر والأخطار على البيئة المحيطة والصحة العامة. يُوفّر القسم ٧-٤ المزيد من التفاصيل حول التحكّم في الغازات.

٥-٨ مصادر الأضرار والمخاطر

لا بد من اتخاذ تدابير لتقليل مصادر الأضرار والمخاطر الناتجة عن إنشاء وتشغيل المردم مثل:

- انبعاث الروائح والغبار.
- تطاير النفايات وانتشارها بفعل الرياح.

- الضوضاء والازدحام المروري.
- الطيور والهوام والحشرات.
- تكوين الهباء الجوي.
- الحرائق والانفجارات والانهيارات الأرضية.

يجب أثناء الإنشاء والتشغيل، اتخاذ تدابير التحكّم، حتى لا تتم تعرية النفايات الناتجة عن الموقع وبعثرتها على الطرق العامة والأراضي المحيطة.

٥-٩ الثبات الأرضي

يقتضي إجراء تحليل معمّق لمستوى الثبات والاستقرار، عند تصميم وإنشاء خلية نفايات في المردم، وتصميم وإنشاء حواجز وسواتر لدعم البنية التحتية والطرق، مع تقييم معدل الثبات والإستقرار رياضياً من خلال التقرير الجيوتقني، الذي يجب أن يُصاحب دراسة التصميم. بالإضافة إلى ذلك، يجب تحليل ثبات كتلة النفايات وطبقات التبطين بشكل مناسب. ذُكِرَت تفاصيل هذا التحليل في القسم ٧-٦.

٥-١٠ تقييم المخاطر

بالنسبة لكل فئات مرادم النفايات، يمكن إجراء دراسات تقييم المخاطر في المراحل كافة، مثل التصميم والإنشاء والتشغيل، وكذلك في مراحل الإغلاق والعناية اللاحقة، مع الأخذ في الاعتبار الجوانب الهندسية في الموقع، ونظام التبطين، وأنظمة إدارة الرشيح (العصارة) والغازات المنبعثة من المرادم (إن وُجِدَت)، والتغطية، والثبات ونُظُم المراقبة والتأكد من استيفاء المعايير القصيرة المدى (الإنشاء والتشغيل) والطويلة المدى (الإغلاق والعناية اللاحقة). يتطلب أن تحدد دراسة تقييم المخاطر كل المخاطر وتقييمها من خلال قياس التأثيرات واحتمالية حدوثها. ويجب تنفيذ تدابير واستراتيجيات التخفيف لتقليل هذه المخاطر ومعالجتها.

ينبغي أن تحدد نتائج دراسات تقييم المخاطر، بعد تنفيذ تدابير التخفيف المناسبة، ما يلي:

- تقليل التسربات إلى المياه الجوفية والمياه السطحية والبيئة المحيطة إلى مستوى مقبول.
- نظم حماية البيئة مثل طبقات التبطين، وإدارة الرشيح، وإدارة الغازات المنبعثة من المرادم، والتغطية والمراقبة والمعالجة في الموقع لتكون مناسبة وكافية لتحقيق الهدف منها.
- التحقق من ثبات المردم وكافة الوحدات الهيكلية داخل الموقع.
- عدم وجود مخاطر على البيئة المحيطة والصحة العامة.

يمكن للجهات المختصة أن تطلب دراسات تقييم المخاطر في أي مرحلة، وفي حالة وجود أي مخاوف محتملة أو مجهولة تتعلق ببعض أو كل العناصر المذكورة أعلاه.

٦- متطلبات البنية التحتية لجميع فئات المرادم

٦-١ طرق الوصول والطرق الداخلية

٦-١-١ شبكة طرق الوصول

يجب أن تحافظ البنية التحتية للطرق المحلية على تشغيل مردم النفايات بكفاءة، أو يجب تحديثها وفقاً لذلك؛ لتلبية كامل متطلبات السلامة للمستخدمين. ويتطلب تشغيل مردم النفايات، نقل النفايات عبر أنواع مختلفة من المركبات والشاحنات المخصصة لهذه العملية؛ مما يؤدي إلى زيادة الازدحام المروري.

ويتعين معاينة القدرة الاستيعابية لشبكة الطرق بدقة، وذلك لكل من طرق الوصول الرئيسة والثانوية؛ لتتماشى مع متطلبات سلامة الطرق، وتقليل الإزعاج أثناء ساعات تشغيل المردم على التجمعات السكنية المحيطة بالمردم.

لا بد لمسار النقل المُقترح للنفايات من مصادر انتاجها المختلفة إلى المردم أو من مرافق المعالجة الأخرى، لا بد له أن يراعي تقليل نقل النفايات عبر التجمعات السكنية وغيرها من المناطق الحساسة.

لضمان وصول آمن وفعال إلى المردم، يجب أن يكون الطريق الرئيسي المؤدي إليه مُسفلتًا ذا مسارين (اتجاهين)، مُطابقًا للمتطلبات التنظيمية المحلية، ومُهيّأً لاستيعاب فئة المركبات والشاحنات المُستخدمة في نقل النفايات.

خلال مرحلتي التصميم والإنشاء، يجب وضع لافتات وعلامات الطرق، لتأمين سلامة العاملين في الموقع والزوار.

٦-١-٢ شبكة الطرق الداخلية

يجب إنشاء شبكة طرق داخلية لتوفير الوصول إلى جميع المرافق والبنية التحتية داخل الموقع. كما يجب تصميم شبكة الطرق الداخلية مع مراعاة ظروف الموقع، مثل:

- حجم حركة المرور (مرتفع أو منخفض).
- حالة شبكة الطرق القائمة (طرق مسفلتة أو غير مسفلتة).
- فئة مردم النفايات (الفئة ٣ - قد يتطلب مردم النفايات الخاملة طرقاً غير مسفلتة).

قد تكون شبكة الطرق الداخلية إمّا مسفلتة أو غير مسفلتة، وبمسار واحد أو اثنين، وقد تشمل طريقاً رئيساً للوصول وطريقاً محيطاً بخلية النفايات، وطرقاً مؤقتة داخل خلية النفايات ومسارات منحدرة توصل لأسفلها. ويجب تصميم جميع الطرق وفقاً للمتطلبات التنظيمية المحلية، مع مراعاة فئة المركبات والشاحنات القادمة للمردم ونوع الطريق (على سبيل المثال، طريق مؤقت أو دائم، طريق رئيس للوصول أو طريق للصيانة، إلخ).

ستكون هناك حاجة إلى طُرق مؤقتة؛ حيث يتغير موقع التشغيل داخل خلية النفايات لأسباب تشغيلية. أثناء إنشاء الطرق المؤقتة في مردم النفايات، يجب استخدام الرسوبيات الموجودة بالموقع ومحيطه لتحسين قوة الدفع، على سبيل المثال التربة المضغوطة (مثل رسوبيات التغطية اليومية) أو الحصى أو الصخور المفتتة، أو النفايات الخاملة المفتتة من أنشطة البناء والهدم، إذا كانت متوفرة في الموقع.

يمكن تحسين حالة الطريق من خلال إضافة الإسمنت أو مثبتات أسفلتية عند الحاجة.

ينبغي في بداية العمليات التشغيلية - داخل حوض خلية النفايات - تصميم مسار داخلي يوفر الوصول إلى منطقة التشغيل؛ حيث تتم عمليات التخلّص. ويجب إنشاء المسار الداخلي وفقاً لخطة ردم النفايات واتباع الشكل الهندسي للحوض. يتعين أن يكون الحد الأدنى لسمك المسار الداخلي المؤقت ٠,٥٠ م (بعد الضغط) والحد الأدنى المُقترح للعرض يجب أن يكون ٤,٠ م.

تُضمّن مسارات منحدرة في شبكة الطرق المؤقتة، توفر إمكانية الوصول إلى أحواض الخلايا والطرق الداخلية. ولا بد، ألّا يزيد الحد الأقصى للانحدار الطولي للمنحدرات عن ٨,٠٪.

يجب أن تشمل الطرق الداخلية لافتات إرشادية لرفع مستوى السلامة للعاملين في الموقع وللزوار.

٦-٢ تصريف مياه الأمطار

تُعدّ إدارة مياه الأمطار في مردم النفايات عنصراً أساسياً؛ فالمياه الناتجة عن هطول الأمطار قد تشكّل عاملا خطرًا رئيسيًا، له آثار سلبية مباشرة على العمليات التشغيلية في المردم من خلال:

- التأثير المباشر على العمليات التشغيلية الجارية في الموقع (حوادث الفيضانات والسيول).
- المساهمة في زيادة معدل انتاج الرشيح.

يقتضي جمع مياه الأمطار وتصريفها من خلال إنشاء شبكة تصريف مياه السيول والأمطار في الموقع. ومن ثم تُصنَّف المياه داخل موقع مردم النفايات إلى ثلاث فئات رئيسة:

- المياه السطحية (لا تلامس النفايات).
- المياه السطحية الملوثة (الملامسة جزئياً للنفايات، مثلاً مياه الصرف الناتجة من غسيل الشاحنات، إلخ).
- الرشيح (العصارة) (المتسرّبة من تراكم النفايات، والمجمعة بواسطة شبكة تجميع الرشيح).

يجب منع أي احتكاك مباشر لمياه الأمطار المراد جمعها وتصريفها، مع النفايات أو جسم المردم، في أي مرحلة من مراحل عملية الجمع، بهدف ضمان عودة مياه الأمطار المجمعة إلى مسارها الطبيعي.

يجب مراعاة ذلك، عند تصميم نظام تصريف مياه السيول والأمطار خلال مرحلة ما قبل الإنشاء، للمساعدة في الاستفادة المثلى من مياه الأمطار، وتقليل تأثيرات جمع أي مصادر مياه أخرى بشكل عشوائي.

يمكن تحديد موقع خلية النفايات قيد التشغيل من خلال دراسة المخطط الداخلي لوحدات المردم وأحواض تجمع مياه الأمطار.

فيما يلي الأهداف الرئيسية لتصميم وإنشاء نظام تصريف مياه الأمطار:

- منع تدفق مياه الأمطار إلى خلايا المردم، وبالتالي تقليل انتاج الرشيح.
- تحويل مسار تدفق مياه الأمطار إلى خارج المردم، وبالتالي حماية ثباته الهيكلي.
- مراعاة حماية البُنى التحتية والطرق الداخلية للموقع من الانجراف المائي.
- توفير ظروف قيادة آمنة لجميع المستخدمين.
- تقليل التأثيرات على شبكات إدارة المياه السطحية.
- تخفيض الملوثات المحتملة في مياه الأمطار بهدف حماية جودة المياه الجوفية.

قد يتكون نظام تصريف مياه الأمطار (على سبيل المثال) مما يلي:

- طبقة تصريف (طبيعية أو جيوكومبوزيت) لتغطية مردم النفايات.
- مسار حفر تطويقي بمحيط خلية المردم.
- حُفر أو خنادق في السدود والحواجز داخل خلية ردم النفايات.
- حُفر أو خنادق ومزاريب على الطرق الداخلية.
- قنوات تصريف لربط الحُفر أو الخنادق وتحويل المياه المجمّعة.
- الآبار الخرسانية والمناهل.
- أنابيب (خرسانية أو يُفضّل البولي إيثيلين عالي الكثافة).
- حواجز من الخرسانة المسلحة عند تقاطعات الطرق.
- القنوات الخرسانية أو المركّبة (شبه منحرفة).
- المنحدرات السفلية في طبقة التغطية (مؤقتة أو نهائية).
- التهيئة المناسبة للأرض حول خلية المردم.

ولحماية خلية النفايات من مياه السيول والأمطار الواردة من المناطق المحيطة، يتم إنشاء مسار حفر تطويقي حول محيط خلية النفايات لتصريف مياه الأمطار ومنعها من زيادة معدل تولد الرشيح. بالإضافة الى تجنّب التحميل الزائد لموقع التخلّص أثناء عمليات الردم، مع سقوط مياه الأمطار في الخلية قيد التشغيل.

ونظراً لانخفاض كميات مياه الأمطار المتوقعة في مناطق كثيرة، يمكن إنشاء إدارة كافية لمياه السيول والأمطار من خلال تنفيذ تشكيل مناسب للسطح وسدود/ حواجز في محيط مردم النفايات.

إنّ أحد العناصر الأساسية في نظام تجميع وتصريف مياه الأمطار أن تكون كل الأسطح منحدرة نحو أقرب وحدة لتصريف المياه (حفرة، خندق، قناة، إلخ)، ومنع احتباس المياه في تجاويف الأرض التي يمكن أن يؤثر على ثبات الخلية.

يوصى لتحسين العمليات وتقليل إنتاج الرشيح، تطبيق تشكيل مناسب لطبقة التغطية اليومية المؤقتة للخلية اليومية، بحيث يمكن تحويل مياه الأمطار بعيداً عن خلية المردم قيد التشغيل. ويوصى بأن يكون للسطح العلوي للردم المؤقت للخلايا منحدر لا يقل عن ٢٪-٣٪، لمساعدة الجريان السطحي.

ينبغي جمع مياه الأمطار التي تلامس النفايات بشكل مباشر في الموقع، ثم تحويلها إلى شبكة تجميع الرشيح (العصارة) أو غيرها من الوحدات المناسبة للتخزين وذات السعة الكافية، بحيث يمكن القيام بالمعالجة اللاحقة أو التبخير أو أي طريقة أخرى حسب الحاجة.

يلزم تصميم مرفق تخزين الرشيح، وغيرها من البُنى التحتية لنظام تصريف مياه السيول والأمطار؛ للاحتواء والتحكّم في جريان مياه الأمطار لمرة كل ٥٠ عاماً لجميع فئات مرادم النفايات.

٣-٦ البنية التحتية والمرافق

يتعين تجهيز المرافق والبنية التحتية والشبكات، مثل: الكهرباء، وإمدادات المياه، وشبكة الصرف الصحي، والاتصالات، والحماية من الحرائق، والإضاءة، والحماية من الصواعق في كافة مواقع مردم النفايات؛ ممّا يزيد من تدابير السلامة لجميع الموظفين في الموقع، ويوفّر كل ما هو مطلوب للعمليات التشغيلية في المردم.

وفيما يلي الحد الأدنى من المكونات المطلوبة لجميع مرادم النفايات:

- البوابة والسياج.

- الميزان.
- قاعة الاستقبال.
- منطقة انتظار مركبات وشاحنات النفايات القادمة.
- منطقة لجمع عينات النفايات ومنطقة تشوين حمولة النفايات غير المقبولة بالمردم.
- مبنى إداري.
- موقف السيارات.
- مبنى الصيانة.
- مرفق غسيل الاطارات.
- إمدادات المياه وتوزيعها.
- محطة وقود.
- مناطق التخزين.
- توزيع الطاقة والإضاءة الخارجية.
- مرفق لتخزين/ معالجة الرشيح (العصارة) (مرادم النفايات من الفئة ١ و٢ فقط).
- الطرقات الداخلية.
- شبكة مكافحة الحرائق.

٦-٣-١ المدخل الرئيس/ بوابة الخروج

لا بد أن يكون المردم مسوّراً بالكامل، ويجب إنشاء مدخل رئيسي وبوابة واحدة للخروج.

يجب أن تكون بوابة الدخول بنفس ارتفاع السور (لا يقل عن ٢,٠ م)، ومجهزة إمّا بنظام إغلاق آلي أو يدوي وألا يقل طول البوابة عن ٧,٠ م. وأن تكون بوابة المدخل/ المخرج الرئيسية بالقرب من مبنى غرفة الحراسة/ الميزان.

يقتضي عند البوابة الرئيسية، وضع لافتة إرشادية بالمعلومات الأساسية للمردم (مشغل المردم، فئة المردم، ساعات العمل، بيانات التواصل في حالات الطوارئ، إلخ).

٦-٣-٢ السياج

يجب وضع سور (أو حواجز ترابية مرتفعة في حالة المناطق النائية، التي يصعب الوصول إليها) حول محيط مردم النفايات من أجل:

- عدم الدخول لغير المصرح لهم.
- الحدّ من دخول الحيوانات المختلفة إلى موقع المردم.
- تعيين حدود الموقع.
- الحدّ من تطاير النفايات بفعل الهواء.
- الحماية من التخلّص العشوائي للنفايات.

ينبغي ألا يقل ارتفاع السور عن ٢,٠ متر في محيط الموقع بالكامل.

قد تكون هناك حاجة إلى زيادة ارتفاع السور على حدود الموقع القائمة في اتجاه هبوب الريح، للحد من تطاير المبعثرات من الموقع، خاصةً عندما تكون هناك استخدامات حساسة للأراضي الواقعة بمحيط المردم ضمن اتجاه هبوب الريح. أو بدلاً من ذلك، وضْع أسوار متنقلة بارتفاع لا يقل عن ٣,٠ متر بالقرب من منطقة التشغيل المفتوحة، وفي اتجاه هبوب الريح للتحكّم بالمبعثرات المتطايرة بفعل الرياح والحد منها.

٦-٣-٣ منطقة انتظار مركبات وشاحنات النفايات

يجب توفير منطقة انتظار داخل المردم وبالقرب من غرفة الحراسة/ الميزان، لجميع شاحنات ومركبات النفايات؛ لتجنب الازدحام المروري أثناء عملية وزنها.

تعتمد المنطقة المطلوبة وعدد أماكن وقوف السيارات على حجم حركة المرور المتوقعة، ويجب تصميمها وفقاً لذلك.

٦-٣-٤ مرفق الميزان

يتعين إنشاء مرفق الميزان بالقرب من بوابة الدخول وبجوار مبنى غرفة الحراسة/ مبنى الميزان؛ حيث تُركّب أجهزة التسجيل للميزان إلكترونياً.

يجب معايرة الميزان سنوياً على الأقل، وفقاً لمواصفات الشركة المصنّعة، والتأكد من دقة السجلات. كما يجب تنفيذ أعمال الصيانة الدورية. ويقتضي أن يحتفظ مشغّل المردم بسجل لعمليات التفتيش وشهادات المعايرة الخاصة بالميزان، وأن يكون متوفراً عند الطلب.

يجب تركيب ميزان واحد أو اثنين، حسب الطاقة الاستيعابية للمردم وحجم حركة المرور الواردة من النفايات، للتحكم في المركبات الداخلة والخارجة ومراقبتها.

في حالة تركيب ميزانين، يتطلب أن يكون أحدهما عند مدخل المردم والآخر عند مخرج المردم. وفي حالة تركيب ميزان واحد يوضع في مكان مناسب، مع الالتزام بمتطلبات اللائحة التنفيذية لنظام المرور ذات الصلة، للتّمكن من وزن مركبات وشاحنات النفايات عند الدخول إلى الموقع والخروج منه.

يجب ألا تقل سعة الميزان عن ٦٠ طناً والأبعاد عن ١٥,٠ متراً (طولاً) × ٣,٠ متراً (عرضاً). وقد يكون الميزان متنقلاً أو قابلاً للإزالة إذا تم الامتثال لجميع المعايير والمواصفات.

٦-٣-٥ مبنى غرفة الحراسة/ الميزان

يجب إنشاء مبنى غرفة الحراسة/ الميزان بالقرب من بوابة الدخول/ بوابة الخروج الرئيسة لمردم النفايات، وبجانب مرفق الميزان.

يتعين أن يكون للمبنى ثلاث نوافذ كبيرة على الأقل من أصل أربعة جوانب؛ للسماح بالإشراف الكافي على منطقة الدخول/ الخروج.

ويُقترح لأسباب تشغيلية، رفع المبنى عن مستوى الأرض، مما يتيح لمشغّل الميزان وسائقي شاحنات النفايات تبادل جميع الوثائق الضرورية، دون الحاجة إلى الخروج من مركبتهم، وبالتالي زيادة السلامة وتسريع عملية الوزن.

لا بد أن يشتمل مبنى غرفة الحراسة/ الميزان على الغرف/ المساحات التالية:

- غرفة التحكّم؛ حيث يُركَّب جهاز الميزان الخارجي لتسجيل جميع البيانات والمعلومات الضرورية.

- دورة مياه للموظفين.
- غرفة تخزين؛ حيث تُخزَّن معدّات السلامة ومكافحة الحرائق.

بالإضافة إلى ذلك، لتفتيش المركبات والشاحنات القادمة، يُقترح أن يشتمل مبنى غرفة الحراسة/ الميزان على ما يلي:

- منصة عرض للسماح برؤية محتويات المركبات والشاحنات النفايات.
- مرايا معلّقة أو كاميرات الدوائر التلفزيونية المغلقة التي يمكن استخدامها للتدقيق بالمركبات والشاحنات.

٦-٣-٦ منطقة جمع العينات ومنطقة تخزين النفايات غير المقبولة

يجب إنشاء منطقة لجمع العينات ومنطقة تخزين النفايات غير المقبولة لتفتيش النفايات الواردة إلى المردم.

وتقتضي تسوير المنطقة، وتغطية السطح بطبقة خرسانية إسفلتية لا تمتص السوائل ومقاومة للتآكل؛ لتجنب أي تسرّب/ تلوث أثناء عملية جمع العينات.

كما يجب إنشاء قنوات خرسانية لتجميع أي تصريف للرشيح أثناء عملية جمع العينات ومن خلال شبكة الجمع هذه إلى خزان التجميع أو بركة/ حوض تجميع الرشيح.

وفي حال وجود حمولة نفايات غير مقبولة، فعندئذ يكون مشغّل المردم مسؤولاً عن منع إدخالها إلى مردم النفايات، وتوجيه الحمولة إلى خارج الموقع.

٦-٣-٧ المبنى الإداري

من المتوقع أن يغطّي المبنى الإداري الاحتياجات الإدارية لمرفق المردم. بشكل توضيحي، قد تتكون من المساحات التالية:

- مكاتب.
- غرفة اجتماعات.
- حجرة إسعافات أولية.
- مُختَبر.
- منطقة المرافق - المولّد (إذا كان الموقع غير متّصل بشبكة الكهرباء العامة).
- مستودع.
- غرف تبديل الملابس، دورات مياه للموظفين.
- دورات مياه مراحيض للزوار.
- مطبخ/ منطقة استراحة للموظفين.

يجب أن يقع المبنى المذكور أعلاه بالقرب من منطقة المدخل. علماً بأن حجم المبنى الإداري وعدد الغرف/ المرافق المتضّمنة يختلف من موقع لآخر، ويعتمد على عدد الموظفين.

٦-٣-٨ موقف مركبات وشاحنات النفايات العاملة في المردم

تصطف مركبات النفايات العاملة في المردم إمّا في مواقف مغطاة على مسافة قريبة من خلية ردم النفايات أو بجانب/ داخل مبنى الصيانة، إذا كان هناك مساحة متوفرة.

يُقترح لتجنب حدوث أي أضرار للطرق المسفلتة، اصطفاف المعدات الثقيلة في موقف منفصل، إمّا في مكان متّسع عند محيط خلية ردم النفايات أو على طريق مؤقت.

٦-٣-٩ موقف سيارات الموظفين والزوار

تصطف سيارات الموظفين والزوار في موقع المردم إما في مواقف مغطاة أو مفتوحة، على مقربة من مبنى الإدارة والصيانة.

٦-٣-١٠ مبنى الصيانة

يجب أن يُغطّي مبنى الصيانة معظم احتياجات الصيانة الطارئة في المردم، لمنع أي تعليق أو توقف للعمليات التشغيلية. وبشكل توضيحي، قد يتكون من المناطق التالية:

- منطقة الصيانة الرئيسة.
- منطقة غسيل المركبات والمعدات في الموقع.
- منطقة تخزين.
- مراحيض دورات مياه للموظفين.

يمكن إنشاء المبنى إما بهيكل معدني أو خرسانة مسلحة، ويجب أن يكون مجهزاً بأرضيات صناعية شديدة التحمّل، ولا تمتص السوائل، ومقاومة للحمولات الثقيلة، ومقاومة للتآكل نتيجة الزيوت ومواد التشحيم الكيميائية الأخرى.

وفي المبنى لا بدّ من إنشاء خندق يتكون من درج للدخول؛ لفحص وصيانة وإصلاح المركبات العاملة، ويجب وضع آلية رفع بسعة ٣,٠ طن على الأقل فوق الخندق وبارتفاع مناسب.

كما يجب توفير مساحة تخزين لقطع الغيار والمواد الاستهلاكية الأخرى، التي تُعتبر ضرورية للتشغيل الآمن للمرفق دورات مياه للموظفين داخل المبنى.

يجب علاوة على ذلك، تضمين مساحة مخصّصة لغسيل جميع المركبات والآليات العاملة في موقع المردم. وتكون لهذه المنطقة شبكة تجميع منفصلة مع قنوات في المحيط، لتجميع الصرف الصحي المنتج، وتوجيهه بعد ذلك إلى خزان تجميع منفصل، أو توصيله بنظام تجميع الرشيح.

يُسمح بالدخول إلى المبنى من خلال نظام جرار صناعي، يعمل إلكترونياً أو يدوياً، وبأبعاد إرشادية لدخول كل أنواع مركبات النفايات العاملة في المردم.

ولضمان الإضاءة الطبيعية الكافية للغرف، يجب تركيب نوافذ على كافة جوانب المبنى. وأن يكون حجم مبنى الصيانة مناسباً للمركبات والشاحنات والمعدات العاملة في الموقع.

٦-٣-١١ نظام غسيل الاطارات

لا بد من تجهيز مرادم النفايات بنظام غسيل الاطارات لكل مركبات النفايات الخارجة من الموقع. وغسل الاطارات هو غسل كفرات وإطارات مركبات جمع النفايات من أيّة ملوّثات في المردم. ويُقترح إنشاء موقع غسيل الاطارات عند توسعة للطريق الداخلي لمردم النفايات، بالقرب من منطقة المدخل في اتجاه طريق الخروج.

تتطلب هذه المنطقة إمداداً ثابتاً بالمياه، ويجب أن تتكون من نظامين فرعيين:

- نظام فرعي للغسيل مزود بـ:
  - نظام مراقبة الحركة الذي يبدأ تشغيل النظام.
  - فتحات مياه مخصصة للغسيل.
  - فتحة تصريف شديدة التحمّل لتجميع مياه الصرف.
  - مضخة تغذية للماء.
  - مرشح.
  - أنابيب مع الصمامات اللازمة.
- نظام فرعي لتدوير المياه وإزالة الحمأة مزوّد بما يلي:
  - فصل المواد الصلبة - خزان ماء نظيف.
  - تدفق المياه النظيفة إلى خزان المياه النظيفة.
  - أنابيب إزالة الحمأة الزائدة مع صمام عزل ومعدات هيدروليكية.

يُقترح أن يكون نظام غسيل الاطارات مزوداً بفتحات مياه مخصصة؛ ليكون رشاش ضغط مائي بضغط مناسب لغسل والإطارات. وينبغي جمع مياه الصرف الصحي المنتجة من منطقة غسيل الاطارات في خزان منفصل أو تحويلها مباشرة إلى وحدة معالجة/ تخزين الرشيح (العصارة) في الموقع، ولا ينبغي تصريفها في نظام تصريف المياه السطحية.

٦-٣-١٢ خزان المياه

فيما يتعلق بالحجم والفئة والاحتياجات المائية لكل مردم نفايات، يلزم تركيب خزان مياه واحد أو أكثر لتغطية الاحتياجات التالية:

- مكافحة الحرائق.
- إمدادات المياه.

يتعين أن تكون سعة خزان/ خزانات المياه كافية، لتغطية احتياجات مكافحة الحرائق وإمدادات المياه، ويُقترح استخدام خزانات مياه مختلفة لتلبية احتياجات مكافحة الحرائق وإمدادات المياه أو استخدام غرف مختلفة لخزان المياه نفسه، بحيث تتوفر باستمرار المياه لمكافحة الحرائق. يجب أن تكون هناك مساحة متوفرة بجوار خزان المياه لجميع التركيبات والمعدات المطلوبة.

في حالة وجود شبكة إمدادات المياه بالقرب من المردم، يجب فحص مدى إمكانية الاتصال المباشر بها.

يُوصى في حالة مرادم النفايات الواقعة بالقرب من المناطق البيئية أو ذات الأهمية التاريخية المحمية أو في المناطق الحساسة بشكل عام، بتوصيل خزان المياه بشبكة مكافحة الحرائق (صنابير إطفاء الحرائق) التي يجب أن تمتد عبر الموقع المقترح بأكمله.

٦-٣-١٣ محطة الوقود

قد تتوفر محطة وقود لتزويد جميع مركبات النفايات العاملة والآليات الموجودة في الموقع المقترح.

لا بد أن تكون محطة الوقود في منطقة لا يوجد فيها خطر مباشر في حالة حدوث تسرّب وقود، ويجب أن تكون على مسافة آمنة من منطقة العمليات التشغيلية للمردم. ويقتضي أن يكون الوصول إليها سهلاً، وإذا أمكن أن تكون بالقرب من المدخل.

يجب أن يكون خزان محطة الوقود كافية لتزويد جميع الآليات والمركبات العاملة في المردم بالوقود، وذلك لضمان استمرارية الأعمال التشغيلية في المردم، ومنع أي انقطاع أو توقف.

تكون لخزان الوقود ومضخة الوقود الكهربائية الخصائص الرئيسة (الإرشادية) التالية:

- الحجم التقريبي ٥,٠٠٠ لتر (الحدّ الأدنى).
- خزان مزدوج الجدار.
- مضخة وقود كهربائية.
- فوهة لتزويد الوقود مع غطاء آمن للفتحة.

٦-٣-١٤ مناطق التجميع

يتطلب تخصيص منطقة تجميع واحدة أو أكثر في المردم؛ من أجل توفير رسوبيات تغطية مؤقتة يومية واستخدامها كإجراء لمكافحة الحرائق في حالة الطوارئ.

ينبغي أن تكون مناطق التجميع سهلة الوصول وقريبة من العمليات التشغيلية القائمة في خلية المردم. ويجب التأكّد من توفر رسوبيات التغطية بشكل دائم لأسباب تشغيلية وأسباب تتعلق بالسّلامة.

٦-٣-١٥ شبكة الإضاءة

يجب إنشاء شبكة إضاءة فقط في مرادم النفايات الكبيرة (التي تخدم التجمعات السكانية الرئيسة التي يزيد عدد سكانها عن ٥٠٠,٠٠٠ شخص)؛ حيث يُتوقع وجود حركة مرور مرتفعة لمركبات وآليات النفايات، وتمتد ساعات العمل حتى بعد غروب الشمس. ويتعين تثبيت إضاءة مناسبة على طول طريق الوصول الداخلي إلى خلية المردم والبنية التحتية، لتوفير الرؤية والسلامة للسائقين.

ولا بد أن تتضمن شبكة الإضاءة في مرادم النفايات الأخرى، إضاءة للمرافق ومنطقة المدخل فقط لأسباب تشغيلية وأمنية. وقد تُوفّر إضاءة أخرى وفقاً لمتطلبات الموقع/ التشغيل.

٦-٣-١٦ منطقة الحماية من الحرائق وشبكة مكافحة الحرائق

يجب أن تُحيط بجميع مرادم النفايات الواقعة بالقرب من المناطق البيئية أو ذات الأهمية التاريخية المحمية أو المناطق الصناعية أو أي مناطق حساسة أخرى منطقة عازلة للحماية من الحرائق، بعرض لا يقل عن ٨ أمتار، إذا سمحت طبوغرافية الموقع بذلك.

لا ينبغي تنمية أي غطاء نباتي أو إنشاء بنية تحتية داخل هذه المنطقة، وذلك لتجنّب انتشار حريق محتمل داخل الموقع، وتوفير منطقة دخول وطرق لشاحنات الإطفاء.

في حالة مرادم النفايات الكبيرة فقط (التي تخدم التجمعات السكانية الرئيسة التي يزيد عدد سكانها عن ٥٠٠,٠٠٠ شخص) في المناطق الحساسة، يتعين تطوير شبكة مكافحة الحرائق (بما في ذلك صنابير إطفاء الحرائق) لتغطية الموقع بأكمله والمرافق. وتوصيل شبكة مكافحة الحرائق بخزان المياه، الذي يجب مراقبته ليكون ممتلئاً بالمياه بشكل دائم في حال حدوث طوارئ.

٧- إرشادات تصميم مرادم النفايات

٧-١ تصميم الخلية

تُنشأ جميع مرادم النفايات على شكل سلسلة من خلايا النفايات. خلية النفايات هي الوحدة الهيكلية الأساسية لبناء مردم النفايات وهي منطقة محددة بوضوح للتخلص النهائي من النفايات المستقبلة، والحدّ من تأثيراتها السلبية على البيئة المحيطة وصحّة الإنسان.

تتشكل خلايا النفايات عن طريق توزيع النفايات الواردة في طبقات، ودمكها داخل منطقة محدّدة يومياً. ويجب دمك خلايا النفايات اليومية مع إنشاء مردم النفايات واتباع خطة الردم باستمرار لزيادة السّعة.

لا بد أن يتضمن تصميم خلية نفايات المردم ما يلي:

- تكوين منحدرات مناسبة تضمن من ناحية الثبات المطلوب للخلية وتركيب/ بقاء التبطين ونظم التغطية المستخدمة، وتضمن من ناحية أخرى سعة المردم.
- تكوين الحفريات بحيث تخدم حوض الخلية لتشغيل شبكة جمع الرشيح.
- تكوين السطح النهائي الذي سيظهر بعد كل الحفريات المطلوبة وسيكون أساس طبقات التبطين (طبقة مانعة للتسرّب وطبقة تصريف)، وذلك قبل البدء بأعمال تبطين المردم.

القيمة القصوى الموصى بها للمنحدرات الداخلية لخلية مرادم النفايات هي: ١(عمودياً): ٣(أفقياً) (عمودي: أفقي)، على الرغم من أنّ المنحدرات ذات التدرج الأقل تُعتبر أفضل من حيث تحقيق أقصى ضغط عندما تكون زاوية سطح التشغيل قريبة من المستوى الأفقي. وينبغي أن تحتوي المنحدرات الخارجية لخلية المردم التي تمتد إلى الأرض القائمة على الحد الأقصى من المنحدرات الموصى بها وهي: ١ (عمودياً): ٣ (أفقياً).

واعتماداً على عوامل مثل التشكلات الأرضية المحلية، والمساحة المتاحة، وشكل الموقع، والسعة المطلوبة، والقرب من المناطق الحساسة (مثال المسطحات المائية)، تخضع المنحدرات المقترحة والمذكورة أعلاه للتغيير طبقاً للتقرير الجيوتقني (بما في ذلك تحليل الثبات) الحاجة لاختيار المنحدرات شديدة الانحدار والثبات (لكل من الهيكل، وكتلة النفايات، وطبقات التبطين، والتغطية).

في المناطق النشطة زلزالياً، يجب أن يكون الحد الأقصى للمنحدرات النهائية ١(عمودياً): ٣(أفقياً). ويجب أن يكون التصميم النهائي لخلية المردم مصحوباً بتقرير جيوتقني (حساب تحليل الثبات لكل من الحواجز الترابية طبقات التبطين ومواد ورسوبيات التغطية) مع أخذ التأثيرات الزلزالية بالاعتبار.

تشمل العوامل المهمة الأخرى التي يجب أخذها في الاعتبار عند تصميم خلية مردم النفايات ما يلي:

- تحقيق التوازن في أعمال الحفر والردم (earthworks balance).
- منسوب المياه الجوفية في الموقع.
- حوض للخلية يسهّل عملية جمع الرشيح.
- توفير إمكانية الدخول إلى خلية المردم قيد التشغيل.
- وجود شبكات عامة (مثل الكهرباء وخطوط الأنابيب).

تختلف مقاسات خلية النفايات اليومية، وتُحدّد على التوالي في كل مرة لتناسب كمية النفايات المستقبلة يومياً، وتناسب العمليات التشغيلية في الموقع. ويتعين أن يكون انحدار منطقة التشغيل لا يزيد عن ١(عمودياً): ٣(أفقياً) بينما لا بد أن يكون السطح العلوي منحدراً لتوجيه مياه الأمطار في الاتجاه المعاكس، بحد أدنى من التدرج يبلغ ١,٥٠٪.

تشكّل سلسلة من خلايا النفايات المتلاصقة ذات الارتفاع الموحد، التي تُنشَأ في مردم النفايات "طبقة الردم" ويتراوح عمقها عادة بين ٢ متر إلى ٤ أمتار. في نهاية كل يوم عمل، يجب دمك النفايات التي يتم التخلص منها وتغطيتها بطبقة من الرسوبيات بسمك لا يقل ٠,١٥ متر تقريباً (يجب تضمين حدود منطقة التشغيل داخل هذه الطبقة).

تتأثر مقاسات الخلية اليومية بالمعايير التالية:

- كمية النفايات اليومية المقبولة.
- متطلبات التغطية اليومية.
- ثبات المنحدر.
- نسبة الدمك.
- شكل خلية المردم.

تصميم الخلية، هو الجزء الأهم في مردم النفايات، ويجب مراعاة كل الاعتبارات المذكورة أعلاه في المراحل الأولى من التصميم العام لتجنب المشكلات التي قد تحدث في المستقبل.

تتطلب مرادم النفايات من الفئة ١ (مرادم النفايات الخطرة)، عناية خاصة في التصميم، وخاصة فيما يتعلّق بتجانس النفايات التي يتم التخلص منها في الخلية نفسها. يجب فحص نوع النفايات التي سيتم التخلص منها بدقّة قبل الردم؛ لأنه في حالة وجود نفايات غير متجانسة، قد تكون التأثيرات شديدة على البيئة وصحّة الإنسان وقد يمتد التأثير الى ثبات الخلية.

لا بد أن تشتمل مرادم النفايات من الفئة ١ على تصميم وإنشاء/ تشغيل خلايا مختلفة وفقاً لتجانس النفايات التي يُتخلّص منها.

٧-٢ نظام التبطين لقاعدة مردم النفايات

٧-٢-١ المقدمة

يجب تصميم وإنشاء نظام التبطين لمردم النفايات بالطريقة التالية:

أ- تقليل ومنع- إلى أقصى حد ممكن- تسرّب الرشيح، وكذلك تسرّب الغاز و/ أو "الانتقال" من داخل الخلية والمنحدرات الجانبية.

ب- ضمان الإدارة الفعالة الرشيح (العصارة) والغازات المنبعثة من خلال نظام إدارة خاص بكل منها.

يجب أن يحمي نظام التبطين للمردم كلاً من البيئة المحيطة والصحة العامة، عن طريق منع أي تسرّب مُحتمل للملوثات الناتجة (الرشيح (العصارة) والغازات المنبعثة) داخل خلية المردم، مع إنشاء طبقة عازلة ذات نفاذية منخفضة، تتكوّن من مكونات طبيعية (مثل طبقة طينية) وصناعية (مثل المواد الجيو- صناعية).

يتعين على مصمّمي مرادم النفايات التأكد من أن نظام التبطين المُقترح لخلية مردم النفايات يمتثل لجميع الأنظمة واللوائح البيئية، مع ضمان ثبات كل من مكونات التبطين والمكونات العامة، من خلال تقرير جيوتقني، يتضمّن تحليلاً للثبات، وجميع المعادلات الحسابية ذات الصلة والتصاميم.

تتحقق الحماية الفعالة للتربة والمياه الجوفية والمياه السطحية من خلال الجمع بين العوامل التالية:

أ- طبقة جيولوجية عازلة ذات نفاذية منخفضة موجودة طبيعياً (في بعض الحالات).
ب- طبقة حاجز جيولوجي طبيعي أو صناعي من الطين.
ج- طبقة غشاء أرضي.
د- طبقة تصريف مدمجة مع نظام لتجميع الرشيح.

تؤخذ العوامل المذكورة أعلاه في الاعتبار، بالإضافة إلى الخصائص الجيولوجية والهيدروجيولوجية والجيوتقنية لطبيعة الموقع وفئة مردم النفايات.

لا بد أن تتكون قاعدة المردم نظام التبطين للمنحدرات الجانبية من طبقة قد تكون طبيعية أو صناعية، ويجب أن تفي بمتطلبات معامل النفاذية (k) السِّمك (من حيث المعادلة) مع تأثير مشترك من حيث حماية التربة والمياه الجوفية والمياه السطحية، ما يعادل على الأقل في الأداء ذلك الناتج عن المتطلبات التالية:

- **مرادم النفايات من الفئة ١** - مرادم النفايات الخطرة: معامل النفاذية ≤ 1.0 × ١٠$^{-٩}$ متر/ ثانية، السمك ≥ ٥,٠ متر
- **مرادم النفايات من الفئة ٢** - مرادم النفايات غير الخطرة: معامل النفاذية ≤ 1.0 × ١٠$^{-٩}$ متر/ ثانية، السمك ≥ ١,٠ متر
- **مرادم النفايات من الفئة ٣** - مرادم للنفايات الخاملة: معامل النفاذية ≤ 1.0 × ١٠$^{-٧}$ متر/ ثانية، السمك ≥ ١,٠ متر

م/ ث: متر/ ثانية.

إن السماكات المذكورة أعلاه مرتبطة بمكافئ الأداء المخبري لمعامل النفاذية. أي أن سمك طبقة الحاجز قد تختلف عندما يتم تحقيق مكافئ الأداء من خلال الجمع بين طبقة التبطين الطينية الصناعية (GCL) وطبقة من التربة المدموكة بسمك لا تقل عن ٠,٥٠ متر.

يشير الحد الأدنى لسمك الحاجز الجيولوجي ٠,٥٠ متر إلى نفاذية مكافئة مماثلة.

وفي جميع الأحوال، يجب ألّا يقل سمك أي طبقة حاجزة جيولوجية طبيعية أو صناعية عن ٠,٥٠ متر، التي قد تشمل الأرض الطبيعية، بشرط أن تكون لها خصائص مناسبة.

عندما لا يفي حاجز طبقة التبطين الطينية بشكل طبيعي بالمتطلبات المحددة أعلاه، يمكن إكماله بشكل صناعي وتعزيزه بوسائل أخرى توفّر حماية مماثلة (مثل البنتونيت).

يقتضي كحد أدنى، أن تكون قاعدة تبطين مردم النفايات على ارتفاع لا يقل عن ٢ متر فوق الحد الأقصى لمنسوب المياه الجوفية في الموقع، كما هو محدد من خلال الدراسات الهيدروجيولوجية.

٧-٢-٢ دراسة تقييم مخاطر نظام تبطين المردم

قد يلزم في ظروف معينة، ووفقاً لطلب الجهة المختصة؛ إجراء تقييم للمخاطر لإثبات أداء أي نظام مقترح لتبطين مردم النفايات؛ لمنع الآثار السلبية على البيئة المحيطة وصحّة الإنسان بشكل مناسب.

تشمل اعتبارات تقييم المخاطر ما يلي:

أ- تنفيذ منهجيات الإنشاءات ومستوى ضمان جودة الإنشاءات ومعدلات التسرّب المتوقعة المرتبطة بها.
ب- مراحل التشغيل وأداء ما بعد الإغلاق.

ج- تعطل المكونات وتدهورها، مثل طبقات التبطين ونظام جمع الرشيح (العصارة) ونظم التحكم التشغيلية/ الإدارية،
د- تغير تركيز الرشيح (العصارة) مع مرور الوقت.
هـ- تحليل ثبات العناصر مع ثبات مناطق التداخل.
و- هبوط متفاوت أو كامل.
ز- دور طبقات التبطين المُقترح للتحكم في الرشيح (العصارة) والغازات الناتجة عن المردم.
ح- توفر المواد المُقترحة.

لا بد أن تغذي نتائج تقييم المخاطر معايير التصميم النهائية لنظام التبطين للمردم على أساس خاص بالموقع، مع مراعاة ما يلي:

أ- طبيعة أنواع النفايات.
ب- الخصائص الجيولوجية والهيدروجيولوجية والجيوتقنية للموقع.
ج- الظروف المناخية.
د- المستقبلات الحساسة.

يجب تصميم طبقات تبطين مردم النفايات المقترحة وفقاً لتقييم المخاطر ذات الصلة، لتأكيد الأداء والحماية المناسبين. ومن المهم ملاحظة أن مرادم النفايات قد يكون لها تطبيقات لأنظمة تبطين مختلفة؛ لأن عدة عوامل يمكن أن تؤثر على اختيار كل من المواد والطبقات.

٧-٢-٣ طبقات تبطين قاعدة مردم النفايات

قد يختلف اختيار طبقات تبطين لقاعدة مردم النفايات مع مراعاة الأسباب التالية:

أ- المتطلبات المحدّدة لكل فئة من مرادم النفايات.
ب- نوعية النفايات بالمردم.
ج- توافر الرسوبيات بالقرب من الموقع.
د- تصميم خلية مردم النفايات (على سبيل المثال: استخدام المواد الجيو- صناعية بدلاً من المواد الطبيعية على المنحدرات الشديدة، إلخ).

يقتضي تصميم طبقات تبطين مردم النفايات (من الأسفل إلى الأعلى) وفقاً للجدول ١-٧.

الجدول ٧-١: هيكلية طبقات تبطين لقاعدة مردم النفايات حسب فئات المردم.

الفئة ١ (مردم النفايات الخطرة)	الفئة ٢- (مردم النفايات غير الخطرة)	الفئة ٣ (مردم النفايات الخاملة)
١. طبقة الرسوبيات السمك: لا تقل عن ٠,٣٠ متر	**١. طبقة الرسوبيات** السمك: لا تقل عن ٠,٣٠ متر	**١. طبقة الرسوبيات** السمك: لا تقل عن ٠,٣٠ متر
٢. طبقة الحاجز الطيني طبيعية أو اصطناعية صناعية، ويجب أن تستوفي كلا المعيارين: ١. معامل النفاذية ≤ ١,٠ × ١٠-٩ متر/ ثانية، السمك [١] ≤ ٥,٠ متر (أو البطانة	**٢. طبقة الحاجز الطيني** طبيعية أو صناعية، ويلزم أن تستوفي كلا المعيارين: ١. معامل النفاذية ≤ ١,٠ × ١٠-٩ متر/ ثانية، السمك [١] ≤ ١,٠ متر (أو البطانة	**٢. طبقة الحاجز الطيني** طبيعية أو صناعية، ولا بد أن تستوفي كلا المعيارين: ١. معامل النفاذية ≤ ١,٠ × ١٠-٧ متر/ ثانية، السمك [١] ≤ ١,٠ متر 2. السمك [٢]: لا تقل عن ٠,٥٠ متر

الفئة ١ (مردم النفايات الخطرة)	الفئة ٢- (مردم النفايات غير الخطرة)	الفئة ٣ (مردم النفايات الخاملة)
الطينية الصناعية GCL ذات أداء مماثل) 2. السمك [٢]: لا تقل عن ٠,٥٠ متر	الطينية الصناعية GCL ذات أداء مماثل) 2. السمك [٢]: لا تقل عن ٠,٥٠ متر	
[1] بالنسبة لقيمة معامل النفاذية السمك المرتبطة بها، يُرجى الرجوع إلى التعليق في القسم ٧,٢,١. [2] يمكن الأخذ بالاعتبار الحد الأدنى من السمك مع طبقة القاعدة الترابية* ملاحظة: يُحدَّد الحاجز الجيولوجي من خلال الظروف الجيولوجية والهيدروجيولوجية المذكورة أدناه، وفي محيط موقع مردم النفايات؛ ممّا يوفر قدرة تخفيف كافية لمنع المخاطر المُحتملة على التربة والمياه الجوفية.		
٣. طبقة الغشاء الأرضي تتكون من: ١. الحد الأدنى لسمك الغشاء الأرضي: ٢,٥ مم. **أو** (بديل نظام كشف التسرّب **): ١. غشاء أرضي بسمك ٢,٠ مم ٢. طبقة تصريف جيوكومبوزيت ٣. غشاء أرضي بسمك ٢,٠ مم	**٣. طبقة الغشاء الأرضي** تتكون من: ١. الحد الأدنى للسمك: ١,٥ مم.	**٣. طبقة الغشاء الأرضي وطبقة تصريف** غير مطلوبة (حسب طبقات التبطين المُستخدمة).
٤. طبقة الحماية تتكون من: ١. التكسية الأرضية، و/ أو ٢. طبقة من الرمل الناعم. (تُحدَّد فئة التكسية الأرضية و/ أو سمك طبقة الرمل عن طريق التحليل/ الاختبار المناسب)	**٤. طبقة الحماية** تتكون من: ١. التكسية الأرضية، و/ أو ٢. طبقة من الرمل الناعم. (تُحدَّد فئة التكسية الأرضية و/ أو سمك طبقة الرمل عن طريق التحليل/ الاختبار المناسب)	
٥. طبقة التصريف ونظام لجمع الرشيح تتكون من: ١.مواد رسوبيات الرمل الخشنة مع توصيل هيدروليكي ≥ ١٠-٣ متر/ الثانية بسمك لا تقل عن ٠,٣٠ متر أو مادة تصريف جيو-صناعية ذات أداء مماثل وتوفر حماية مناسبة لطبقات التبطين ~~للبطانة~~.	**5. طبقة التصريف ونظام لجمع الرشيح** تتكون من: ١.مواد الركام الخشنة مع توصيل هيدروليكي ≥ ١٠-٣ متر/ الثانية بسمك لا تقل عن ٠,٣٠ متر أو مادة تصريف جيو-صناعية ذات أداء مماثل وتوفر حماية مناسبة لطبقات التبطين.	

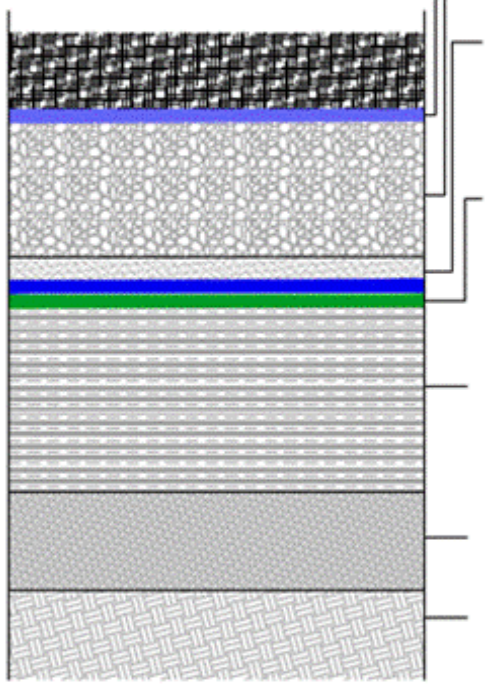
الفئة ١ (مردم النفايات الخطرة)	الفئة -٢ (مردم النفايات غير الخطرة)	الفئة ٣ (مردم النفايات الخاملة)
٢. أنابيب التجميع: • الحد الأدنى للقطر ٢٠٠ مم • الحد الأقصى للمسافة ٢٥ متراً • الحد الأدنى للتدرج ٢-٣٪	٢. أنابيب التجميع: • الحد الأدنى للقطر ٢٠٠ مم • الحد الأقصى للمسافة ٢٥ متراً • الحد الأدنى للتدرج ٢-٣٪	
٦. **طبقة التكسية الأرضية للفصل** ١. التكسية الأرضية للفصل (تُحدَّد فئة التكسية الأرضية عن طريق التحليل/ الاختبار المناسب)	٦. **طبقة التكسية الأرضية للفصل** ١. التكسية الأرضية للفصل (تُحدَّد فئة التكسية الأرضية عن طريق التحليل/ الاختبار المناسب)	٦. **طبقة التكسية الأرضية للفصل** غير مطلوب.

* إذا كانت الطبقة الأساسية مناسبة أو يمكن وضعها وضغطها وفقاً للمتطلبات والمعايير والمواصفات، فيمكن اعتبار طبقة القاعدة الترابية جزءاً من طبقة الحاجز الطيني؛ لتحقيق مكافئ لمعامل النفاذية والحد الأدنى لمعايير السّمك.

** يُنصح بشدّة بإنشاء نظام لاكتشاف التسربّ في مرادم النفايات المصنّفة ضمن الفئة ١، ومع ذلك، يخضع ذلك لاعتبارات خاصة بالموقع و/أو المشروع، ويمكن تحليله بشكل أكبر من خلال دراسة تقييم المخاطر.

ينبغي أن تتماشى جميع طبقات تبطين النفايات المُقترحة مع الهيكلية والمتطلبات المقترحة أعلاه، وأن تخضع أي منحدرات تُطبَّق طبقات التبطين عليها وتتكون من طبقات مادة التغطية (مثل تجميع الرشيح أو تربة التغطية) لتحليل ثبات القشرة؛ وذلك لضمان التصميم المناسب لتفادي الانزلاق. وقد تكون هناك حاجة إلى تعزيز شبكة الجيوصناعية لضمان الثبات في سيناريوهات المنحدرات الشديدة.

القسم النموذجي
نظام التبطين من الفئة رقم (١)



٦- طبقة فصل التكسية الأرضية

أ- التكسية الأرضية لطبقة الفصل.

[تُحدد فئة التكسية الأرضية عن طريق التحليل/ الاختبار المناسب]

٥- مكونات طبقة الصرف ونظام جمع السوائل المرتشحة

أ- مادة المركام الخشنة ذات موصلية هيدروليكية ≤ ١٠$^{-٢}$م/ث وسمك بحد أدنى قدرها ٠,٣٠ م أو مادة تصريف صناعية أرضية ذات أداء مكافئ وتوفر حماية مناسبة لنظام التبطين.

ب- أنابيب التجميع

- الحد الأدنى للقطر ٢٠٠ ملم
- التباعد الأقصى ٢٥ م
- الحد الأدنى للتدرج من ٢-٣٪

٤- مكونات طبقة الحماية

أ- التكسية الأرضية.

ب- طبقة الرمل الناعم.

[تُحدد فئة التكسية الأرضية عن طريق التحليل/ الاختبار المناسب].

٣-مكونات طبقة الغشاء الأرضي

أ- غشاء أرضي مع الحد الأدنى للسمك: ٢,٥ ملم.

أو [بديل نظام الكشف عن التسرب:

أ- غشاء أرضي بسمك ٢,٠ مم.

ب- طبقة تصريف من الوكبات الأرضية.

ج- غشاء أرضي بسمك ٢,٠ مم.

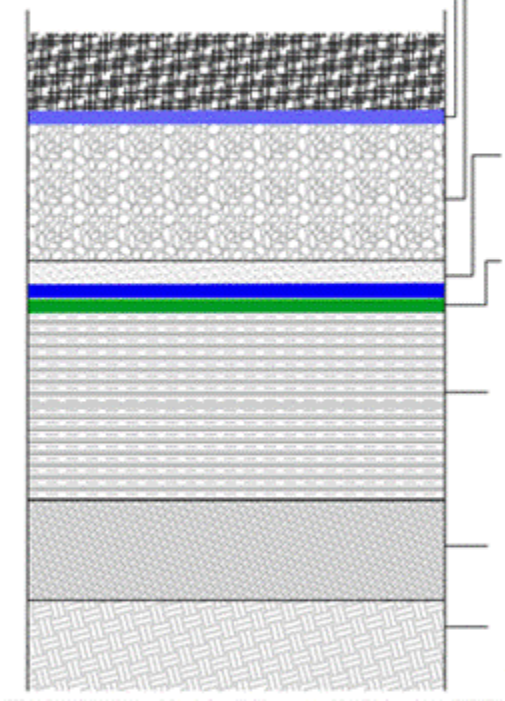
٢- طبقة حاجز الطين

طبيعية أو اصطناعية ويجب أن تفي بكلا المعيارين:

أ- الموصلية الحرارية

الشكل ٧-١: نموذج مقطعي لنظام التبطين لمرادم الفئة ١.

القسم النموذجي
نظام التبطين من الفئة رقم (٢)



٦- طبقة فصل التكسية الأرضية

أ- تكسية أرضية للفصل

[تُحدد فئة التكسية الأرضية عن طريق التحليل/ الاختبار المناسب]

٥- مكونات طبقة الصرف ونظام جمع السوائل المرتشحة

أ- مادة الركام الخشنة ذات موصلية هيدروليكية ≥ ١٠-٣ م/ث وسمك بحد أدنى قدرها ٠,٣٠ م أو مادة تصريف صناعية أرضية ذات أداء مكافئ، وتوفر حماية مناسبة لنظام التبطين.

ب- أنابيب التجميع

- الحد الأدنى للقطر ٢٠٠ ملم.
- الحد الأقصى التباعد الأقصى ٢٥ م.
- الحد الأدنى للتدرج من ٢-٣ %.

٤- مكونات طبقة الحماية

أ- التكسية الأرضية.

ب- طبقة رملية ناعمة.

[تُحدد فئة التكسية الأرضية عن طريق التحليل/الاختبار المناسب].

٣- مكونات طبقة الغشاء الأرضي

أ- غشاء أرضي مع الحد الأدنى للسمك: ١,٥ ملم.

٢- طبقة حاجز الطين

طبيعية أو اصطناعية ويجب أن تفي بكلا المعيارين:

أ- الموصلية الحرارية ≤ ١,٠×١٠-٩ م/ ث: السمك (١) ≥ ١,٠ م [أو طبقة غشاء أرضية بأداء مكافئ]

ب- السمك (٢): لا يقل عن ٠,٥٠ م.

(1) بالنسبة لقيمة الموصلية الحرارية والسمك المرتبط بها، يلزم الرجوع إلى التعليق المبين في القسم ٧-٢-١.

(2) يمكن النظر في الحد الأدنى من السمك بالاقتران مع طبقة الطبقة السفلية.

ملاحظة: يُحدد الحاجز الجيولوجي من خلال الظروف الجيولوجية والهيدروجيولوجية أسفل موقع دفن النفايات وبالقرب منه مما يوفر قدرة توهين كافية لمنع الخطر المحتمل على التربة والمياه الجوفية.

١- طبقة أرضية الأَسَاس التحتية

السمك: لا تقل عن ٠,٣٠ م.

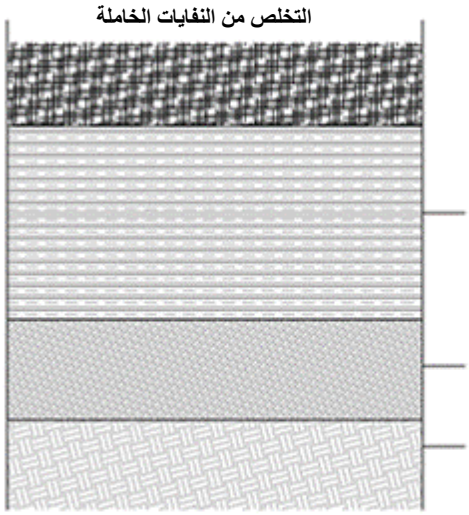
الأرض الطبيعية.

ملاحظات:

إذا كانت الطبقة الأساسية مناسبة أو يمكن تعديلها ودمكها وفقًا للمتطلبات والمعايير والمواصفات. ثم يمكن اعتبار طبقة أرضية الأَسَاس التحتية جزءًا من طبقة حاجز الطين للوصول إلى عامل الموصولية الحرارية والحد الأدنى للسمك.

الشكل ٧-٢: نموذج مقطعي لنظام التبطين لمرادم الفئة ٢.

القسم النموذجي
نظام التبطين من الفئة رقم (٣)



٢- **طبقة حاجز الطين**
طبيعية أو اصطناعية ويجب أن تفي بكلا المعيارين
أ- الموصلية الحرارية ≤ ١,٠×١٠$^{-٧}$ م/ ث: السمك (١) ١,٠ م.
ب- السمك (٢): لا تقل عن ٠,٥٠ م.
(1) بالنسبة لقيمة الموصلية الحرارية والسمك المرتبط بها، يلزم الرجوع إلى التعليق المبين في القسم ٧,٢,١.
(2) يمكن النظر في الحد الأدنى من السمك بالاقتران مع طبقة الطبقة السفلية.

ملاحظة: يُحدد الحاجز الجيولوجي من خلال الظروف الجيولوجية والهيدروجيولوجية أسفل موقع دفن النفايات وبالقرب منه؛ مما يوفر قدرة توهين كافية لمنع الخطر المحتمل على التربة والمياه الجوفية.

١- **طبقة أرضية الْأَسَاسِ التحتية**
السمك: لا يقل عن ٠,٣٠ م.

الأرض الطبيعية.

ملاحظات:
إذا كانت الطبقة الأساسية مناسبة أو يمكن تعديلها ودمكها وفقًا للمتطلبات والمعايير والمواصفات. ويمكن اعتبار طبقة أرضية الْأَسَاسِ التحتية جزءًا من طبقة حاجز الطين للوصول إلى عامل الموصولية الحرارية والحد الأدنى للسمك.

الشكل ٧-٣: نموذج مقطعي لنظام التبطين لمرادم الفئة ٣.

٧-٢-٣-١ المتطلبات الأساسية

ينبغي قبل تركيب بطانة مردم النفايات، التأكّد من أن يكون السطح- بعد الانتهاء من أعمال الحفر- جاهزاً وأملس، وذلك لتسهيل تركيب نظام التبطين المحدّد دون التسبّب في أي ضرر. ويلزم التأكد من أن السطح مستوٍ وخالٍ من الغطاء النباتي أو الأحجار أو أي نوع من مواد البناء، ويتعين تسوية الطبقة ودكها بمعدات مناسبة.

يهدف تكوين السطح إلى:

أ- منع تلف نظام التبطين العلوي.
ب- تحقيق اتصال كافٍ بين السطح نظام التبطين.
ج- تجنب حدوث هبوط متفاوت أو كامل.
د- إنشاء "حاجز" إضافي مقابل الحركة العمودية للملوثات (الرشيح).

يمكن تركيب البطانة بمجرد تهيئة السطح الأولي، وفقاً للمبادئ المذكورة أعلاه..

٧-٢-٣-٢ طبقة القاعدة الترابية

تتكون طبقة القاعدة الترابية أو الطبقة تحت الأساس عادةً من الطبقة الأساسية الجيولوجية الطبيعية في الموقع، ويجب تطبيقها في جميع فئات **مرادم النفايات (١ و٢ و٣).** ويتمثل دور طبقة القاعدة الترابية في توفير قاعدة مناسبة للبطانة عن طريق الحد من حدوث هبوط متفاوت، الذي يمكن أن يسبب مشكلات في الثبات وتوفير سطح أملس ومدموك جيداً؛ لتسهيل طبقة الحاجز الطيني.

وتتكوّن الطبقة من مادة تربة مدموكة بسمك لا تقل عن ٠,٣٠ متر. وفي حالة النتوءات الصخرية، يقتضي تسوية هذه النتوءات وتغطيتها بما لا يقل عن ٠,٣٠ متر من مادة التربة المدموكة. وحيثما تُصنَّف المواد الأساسية على أنها تربة، يجب دمك مواد التربة الموجودة بشكل صحيح.

يتطلب التحقق من جميع المخططات والوثائق ذات الصلة بإنشاء طبقة القاعدة الترابية والموافقة عليها من قِبل مهندس جيوتقني مؤهل.

لا بد لضمان جودة طبقة القاعدة الترابية، تضمينها في خطة ضمان جودة الإنشاءات المرفقة مع وثائق تصميم المردم، ومن ثم التحقق من ملاءمتها للهدف المقصود.

٧-٢-٣-٣ طبقة الحاجز الطيني

تعتبر التربة الطينية مادة مناسبة لبناء طبقة حاجزة منخفضة النفاذية لجميع فئات مرادم النفايات، التي تقلل مخاطر التسرّب على الطبقة الحاملة للمياه الجوفية أو السطحية.

ينبغي وضع طبقة الحاجز الطيني في **جميع فئات المرادم (١ و٢ و٣)** ويمكن أن تكون إما طبقة طبيعية أو صناعية (أو الاثنين معاً) وفقاً لمتطلبات هذا الدليل.

يلزم أن تكون متطلبات النفاذية لطبقة الحاجز الطيني لكل من الحوض والمنحدرات الجانبية لخلية النفايات وفقاً للحدود التالية:

- **مرادم النفايات من الفئة ١** - مرادم النفايات الخطرة: معامل النفاذية ≤ 1.0 × ١٠$^{-٩}$ متر/ ثانية، السمك ≤ ٥,٠ متر.
- **مرادم النفايات من الفئة ٢** - مرادم النفايات غير الخطرة: معامل النفاذية ≤1.0 × ١٠$^{-٩}$ متر/ ثانية، السمك ≤ ١,٠ متر.
- **مرادم النفايات من الفئة ٣** - مرادم للنفايات الخاملة: معامل النفاذية ≤ 1.0 × ١٠$^{-٧}$ متر/ ثانية، السمك ≤ ١,٠ متر.

م/ ث: متر/ ثانية.

قبل إنشاء **طبقة الحاجز الطيني،** يتعين تقديم عينات من التربة الطينية المُراد استخدامها إلى مختبر مُعتمد، لتحديد الخصائص الجيولوجية والجيوتقنية للطبقة. وستؤدي النتائج إلى إعداد منحنيات الضغط والتوصيل الهيدروليكي التي يجب استخدامها؛ لتحديد مدى ملاءمة التربة الطينية كحاجز منخفض النفاذية.

وستُشكَّل وتُوضَع طبقة الحاجز الطيني بطبقات متتالية لما يقارب ٠,١٥ - ٠,٢٠ متر، على طبقة الأساس المشكّلة، ولا بد أن يكون سمكها على الأقل ٠,٥٠ متر.

يجب أن يكون السطح النهائي لطبقة الحاجز الطيني أملساً مع الحفاظ على المنحدرات وشكل التصميم. وبعد ضغطها يجب ألا يقل السمك النهائي للطبقة عن ٠,٥٠ م. ولا بد أن تكون الطبقة ملساء تماماً دون وجود تشققات أو اختراقات في السطح النهائي، بحيث تُوضَع طبقة الغشاء الأرضي عليها بأمان ودون خطر حدوث أي ضرر.

إذا كانت الكمّية المطلوبة من المواد لإنشاء طبقة الحاجز الطيني لا يمكن الحصول عليها من ضمن نطاق موقع المشروع أو كانت تكلفة استيراد مواد التربة الطينية إلى موقع الإنشاء غير مجدية اقتصاديا، فينبغي التدقيق في الحلول الأخرى، مثل: إضافة البنتونيت أو غيرها من المضافات منخفضة النفاذية في التربة.

في كل البدائل، يقتضي تحديد النسبة المئوية المطلوبة من البنتونيت في التربة أو أي خليط آخر عن طريق الاختبارات المعملية في المختبرات المرخّصة لتأكيد التكافؤ.

يجب أن تكون **طبقة الحاجز الطيني الصناعية** عبارة عن مزيج من طبقة التبطين الطينية الصناعية وطبقة تربة مدموكة. يتطلب اختيار تركيب طبقة عازلة صناعية في الحالات التالية:

- عندما تكون الكميات المطلوبة من المواصفات المناسبة لمواد التربة الطينية غير متوفرة للحصول عليها من مكان قريب من الموقع.
- عندما تكون كميات البنتونيت أو الإضافات الأخرى المطلوبة لتحقيق خصائص التوصيل الهيدروليكي كبيرة جداً وتكلفتها مرتفعة، وتحتاج وقتاً ولها تأثيرات محتملة على مراقبة الجودة مقارنة باستخدام البطانة الطينية الصناعية.

يمكن بناءً على ما سبق، اقتراح طبقة التبطين الطينية الصناعية (GCL) كطبقة حاجز طيني صناعي، مما يضمن نتائج مماثلة مع الطبقة الحاجزة كما هو محدّد في الجدول ١-٧، البند ٢.

ينبغي أن تتكون طبقة التبطين الطينية الصناعية (GCL) من طبقة من البنتونيت مغلّفة بين اثنين من التكسيات الأرضية (تكسية أرضية غير منسوجة وتكسية أرضية منسوجة من البولي بروبيلين أو كلاهما تكسية أرضية غير منسوجة من البولي بروبيلين) ومخرم بالإبرة. ويلزم أن تتوافق الخصائص الفيزيائية لطبقات التبطين الطينية الصناعية، إلى جنب متطلبات الاختبار والتركيب مع خطة ضمان جودة الإنشاءات المعتمدة، التي يجب أن تتضمّن كحد أدنى الموضوعات التالية:

- تفاصيل التصنيع، بما في ذلك مواصفات جميع مكونات المواد النهائية، إضافة إلى جميع متطلبات الخصائص الفيزيائية والميكانيكية.
- متطلبات التوريد، والتسليم، والتخزين، والمناولة.
- متطلبات اختبار المطابقة (بطرق تتوافق مع المعايير الدولية مثل الجمعية الأمريكية لاختبار المواد أو المنظمة الدولية للتوحيد القياسي).
- إجراءات التركيب والصيانة.

قبل تركيب طبقة التبطين الطينية الصناعية (GCL)، لا بد أن تمتثل أعمال الحفر/ تحضير سطح القاعدة الترابية لمتطلبات القسم ٧-٢-٣-١.

يتعين التحقق من كل المخططات والوثائق ذات الصلة بإنشاء طبقة الحاجز الطيني والموافقة عليها من قِبل مهندس مؤهل. ولضمان جودة طبقة الحاجز الطيني، من الضروري تضمينها في خطة ضمان جودة الإنشاءات المرفقة مع مخططات تصميم المردم، وبالتالي التحقق من ملاءمتها للهدف المقصود.

٧-٢-٣-٤ طبقة الغشاء الأرضي

تتكون طبقة الغشاء الأرضي من مادة البولي إيثيلين عالي الكثافة التي يمكن أن تكون ذات سطح محكم أو أملس، اعتماداً على المتطلبات الخاصة بالمشروع وتُطبق فقط في مرادم النفايات من **الفئتين ١ و ٢.** ويجب أن يكون للأغشية الأرضية نفاذية منخفضة، وقوة فيزيائية قادرة على تحمل الضغط والجهد الميكانيكي، وأن تكون متوافقة كيميائياً مع النفايات التي يحتويها التبطين. ويجب أن يتوافق سمك الغشاء الأرضي كحد أدنى مع متطلبات الجدول ١-٧، أو يخضع للتغيير بناءً على نتائج دراسة تقييم المخاطر.

يجب على مصممّي مرادم النفايات بذل الجهود الممكنة للتأكد من أن الأغشية الأرضية التي ستُستخدم هي الأنسب في ظل الظروف، وأنها تلبي المتطلبات الفيزيائية والميكانيكية. ولا بد أن تتوافق الخصائص الفيزيائية للأغشية الأرضية مع خطة ضمان جودة الإنشاءات المعتمدة، التي يجب أن تتضمن كحد أدنى الموضوعات التالية:

- تفاصيل التصنيع، بما في ذلك مواصفات جميع مكونات المواد النهائية، إضافة إلى متطلبات الخصائص الفيزيائية والميكانيكية.

- متطلبات التوريد، والتسليم، والتخزين، والمناولة.
- متطلبات اختبار المطابقة (بطرق تتوافق مع المعايير الدولية مثل الجمعية الأمريكية لاختبار المواد أو المنظمة الدولية للتوحيد القياسي).
- فرد الغشاء الأرضي.
- ربط الغشاء الأرضي (اللحام)، لتغطية كل من الطبقات التجريبية والطبقات الميدانية.
- متطلبات جمع العينات والاختبار (الاختبار غير المدمر والاختبار المدمر).
- إجراءات التصليح والترميم.
- الحماية والردم.

يمكن إجراء **مسح لتحديد موقع التسرّب (LLS)** في الغشاء الأرضي عند الانتهاء من تركيب الغشاء الأرضي، وردم طبقات التغطية التالية (يُرجى مراجعة القسم ٧-٢-٥).

يقتضي التحقق من جميع المخططات والوثائق ذات الصلة بتركيب طبقة الغشاء الأرضي والموافقة عليها من قِبل مهندس مؤهل. ولا بد لضمان جودة الغشاء الأرضي، تضمينها في خطة ضمان جودة الإنشاءات المرفقة مع مخططات تصميم المردم، وبالتالي التحقق من ملاءمتها للهدف المقصود.

٧-٢-٣-٥ طبقة الحماية

تُطبَّق طبقة الحماية فقط في **مردم النفايات من فئتي ١ و٢** بهدف حماية طبقة الغشاء الأرضي الأساسية، وقد تتكون من طبقتين فرعيتين:

- التكسية الأرضية.
- طبقة من الرمل الناعم بسمك ٠,١٠ متر.

تكون التكسية الأرضية عادة غير منسوجة، ومخرمة بالإبرة، ومصنّعة من ألياف البولي بروبلين، مع إضافة مثبتات الأشعة فوق البنفسجية. تُثبَّت طبقة التكسية الأرضية على كامل مساحة خلية النفايات (الحوض والمنحدرات الجانبية) لحماية الغشاء الأرضي من الأجسام الحادة أثناء الإنشاء والعمليات التشغيلية التي قد تُسبب ضرراً.

لا تهدف التكسية الأرضية إلى حماية الغشاء الأرضي من التلف فحسب، بل توفر تعزيزاً إضافياً للثبات من خلال قوة القص المحسنة مع المساهمة في زيادة قدرة التصريف.

يجب أن تلائم خصائص التكسية الأرضية طبيعة الطبقات العلوية والضغط الكلي المُحتمل المُراد تطبيقه (يُحدَّد من خلال ارتفاع كتلة النفايات وكذلك حمولة المركبة والتغطية). ويمكن تحديد تأكيد ملاءمة خصائص التكسية الأرضية من خلال تنفيذ اختبار الأسطوانة باستخدام عينات من المواد التي ستُستخدم مع الضغط المسموح به بنسبة ٠,٢٥٪، أو من خلال اختبار بديل مُعتمد.

لا بد أن تتلاءم الخصائص الفيزيائية لمواد التكسية الأرضية الوقائية مع خطة ضمان جودة الإنشاءات المعتمدة، التي يجب أن تتضمن الموضوعات التالية كحد أدنى:

- تفاصيل التصنيع، بما في ذلك مواصفات جميع مكونات المواد النهائية، بالإضافة إلى جميع متطلبات الخصائص الفيزيائية والميكانيكية.
- متطلبات التوريد، والتسليم، والتخزين، والمناولة.

- متطلبات اختبار المطابقة (بطرق تتوافق مع المعايير الدولية مثل الجمعية الأمريكية لاختبار المواد أو المنظمة الدولية للتوحيد القياسي).
- تركيب التكسية الأرضية.

يمكن تعزيز حماية الغشاء الأرضي بإضافة طبقة رملية ناعمة، بسمك لا تقل عن ٠,١٠ متر. وينبغي وضع المادة في طبقة واحدة وضغطها باستخدام آليات للضغط الأرضي المنخفض.

لا بدّ من التحقق من جميع المخططات والوثائق ذات الصلة بإنشاء طبقة حماية الغشاء الأرضي وتركيبها والموافقة عليها من قِبل مهندس مؤهل. ولضمان جودة الغشاء الأرضي، تضمينها في خطة ضمان جودة الإنشاءات المرفقة مع مخططات تصميم المردم، وبالتالي التحقق من ملاءمتها للهدف المقصود.

٦-٣-٢-٧ طبقة تصريف الرشيح

تُنشأ طبقة تصريف الرشيح (العصارة) فوق طبقة الحماية لغشاء الأرضية. ويتم تفعيل شبكة تجميع الرشيح (العصارة) في هذه الطبقة التي تُعد مكوناً لا يتجزأ من بطانة مردم النفايات بشكل عام. ويجب وضع طبقة تصريف في **مردم النفايات من فئتي ١ و٢.**

تمتّد طبقة التصريف على كامل مساحة المردم، ولا بد ألا يقل سمكها عن ٠,٣٠ متر.

في بعض الظروف، وبالاستناد إلى تبريرات علمية مناسبة وبعد الحصول على موافقة خاصة، يمكن استبدال طبقة التصريف بطبقة رملية ذات نفاذية عالية، مع وضع ركام التصريف حول شبكة الأنابيب فقط.

يُنظر في هذا السيناريو فقط في ظروف تولد الرشيح (العصارة) بكميات قليلة، مع مراعاة تقديم التبريرات العلمية الملائمة في التصميم.

تُعتبر طبقة التصريف طبقة متوسطة عالية المسامية، وتوفّر مسار تدفق تفضيلي لنظام جمع الرشيح، ويتعين اختياره لتعظيم تصريف الرشيح (العصارة) المتولدة على المدى الطويل. وتتكون الطبقة من ركام خشن نظيف مع الخصائص التالية الموصى بها، وهي:

- ٨٥٪ من المادة لا تقل عن ٤٠,٠ مم.
- ١٠٪ من المادة لا تقل عن ٢٠,٠ مم.
- معامل تماثل حبيبات الطبقة الجيولوجية أقل من ٢,٠.
- محتوى حبيبات التربة الناعمة (fines) أقل من ١,٠٪ حسب الوزن.
- مادة كلسية منخفضة (محتوى كربونات الكالسيوم< ٢٠٪) من شأنها أن تكون عرضة للتآكل الكيميائي.

لا بد أن يكون التوصيل الهيدروليكي للطبقة أكبر من ١ x ١٠$^{-٣}$ متر/ الثانية.

يمكن استبدال طبقة التصريف المجمّعة بطبقة تصريف جيو- صناعية (GDL) بأداء مماثل من حيث التوصيل الهيدروليكي عندما يتطلب ذلك أسباب موجبة، مثل: التوفير في السعة أو صعوبة الحصول على كميات المواد المطلوبة ضمن النطاق الواسع للمنطقة. ويجب استخدام هذا الاستبدال كبديل فقط للمنحدرات الجانبية لخلية نفايات المردم وليس للحوض، ويقتضي تطبيق الحماية المناسبة للبطانة في هذه المناطق.

يتم داخل طبقة التصريف، تركيب شبكة أنابيب لتجميع الرشيح (العصارة) وتحويلها إلى حوض تجميع الرشيح. يتم توفير مزيد من التفاصيل حول هذا في القسم ٧-٣.

لا بد أن تُركَّب طبقة التصريف بعناية فائقة لمنع تلف طبقات البطانة السفلية. ويقتضي تغطية جميع متطلبات الاختبار والتركيب المطلوبة لطبقة التصريف في خطة ضمان جودة الإنشاءات.

ويجب التحقّق من جميع المخططات والوثائق ذات الصلة بإنشاء وتركيب طبقة التصريف والموافقة عليها من قِبل مهندس مؤهل. ويتطلب لضمان جودة إنشاء طبقة التصريف، تضمينها في خطة ضمان جودة الإنشاءات المرفقة مع وثائق تصميم المردم، وبالتالي التحقق من ملاءمتها للهدف المقصود.

٧-٢-٣-٧ طبقة من التكسية الأرضية للفصل/ التصفية

ينبغي تطبيق طبقة من التكسية الأرضية للفصل/ التصفية في جميع مرادم النفايات مع طبقة تصريف مبنية بغض النظر عن فئة المردم.

ستُفصل طبقة التصريف عن كتلة النفايات عن طريق التكسية الأرضية للفصل/ التصفية ذات قوة ونفاذية مناسبة؛ لمنع دخول المواد الدقيقة الناتجة عن عملية التخلّص من النفايات إلى طبقة التصريف؛ مما يتسبب في انسداد كل من الطبقة وأنابيب مياه الرشيح. يجب التحقق من خصائص التكسية الأرضية من خلال المعادلات الحسابية لضمان منع الانسداد. علماً أن تركيب هذه الطبقة قد يحتاج إلى أن يشكل جزءاً من المرحلة التشغيلية لمردم النفايات من أجل تجنب مخاطر التعرض طويل المدى والتحميل الإضافي.

٧-٢-٣-٨ خندق تثبيت المواد الجيو-صناعية

يجب تثبيت كل المواد الجيو- صناعية (طبقة التبطين الطينية الصناعية (GCL))، والأغشية الأرضية، والتكسيات الأرضية، وطبقة تصريف جيو- صناعية، وما إلى ذلك) بشكل مناسب عند قمة الحاجز الترابي المحيط للخلية، وفي الحواجز الوسيطة (إذا لزم الأمر) في خنادق التثبيت. ويمنع تثبيت هذه المواد التسرّب الذي قد ينتج عن عوامل متنوعة، مثل: الضغط من الطبقات العلوية والنفايات وانكماش المواد وتمددها والرياح.

تُثبَّت المواد الجيو-صناعية لطبقات تبطين المردم في خندق بأبعاد لا تقل عن ٠,٧٠ م × ٠,٧٠ م (العرض × العمق) مع حد أدنى من التصريف (المسافة من حافة المنحدر إلى خندق المُثبت) ١,٠م، أو الخاضعة للتثبيت. ويتعين أن تكون منحدرات الخندق ناعمة/ مستديرة لتجنب إحداث أي ضرر للمواد الجيو-صناعية. بعد تركيب المواد الجيو- صناعية، يجب ردم الخندق المثبّت بمواد الحفريات، التي يجب ضغطها في طبقات.

٧-٢-٤ نظام كشف التسرّب

يمكن مراقبة الأداء العام لنظام تبطين المردم للتحقق من افتراضات التصميم الأولية والأداء العام للنظام. وتتطلب هذه العملية تركيب نظام كشف التسرّب داخل نظام تبطين مزدوجة، يتكون من طبقة تصريف (أو شبكة الأرضية) تقع بين نظامي التبطين. تُجمع السوائل المتسربة من خلال نظام التبطين الأولي (العلوية) في طبقة الكشف عن التسرّب وتوجيهه إلى حوض كشف التسرّب. تعطي كميات الرشيح (العصارة) المجمعة في حوض الكشف عن التسرّب مؤشراً على وجود تسرب في نظام التبطين الأولية، وقد يشير إلى فشل في النظام.

يخضع اشتراط توفير مثل هذا النظام إلى دراسة تقييم المخاطر، ويُوصى به فقط لاحتواء النفايات الخطرة (الفئة ١) وخلايا جمع الرشيح.

ينبغي مراقبة نظام الكشف عن التسرّب بانتظام. ويتطلب التسرّب المفرط أو الزيادات الملحوظة في معدلات التسرّب تحقيقاً في الأسباب المحتملة وتدابير التخفيف، في حالة وجود أي تأثير على جودة المياه الجوفية.

٧-٢-٥ مسح لتحديد موقع التسرّب (LLS)

على الرغم من أنه ليس مطلباً إلزامياً، فإن تنفيذ مسح لتحديد موقع التسرّب (LLS) أو كشفه التسرّب، يسمح بالتحقق من عدم وجود أضرار كبيرة في الأغشية الأرضية المثبتة، التي قد تكون حدثت أثناء عملية الإنشاء وقبل بدء العمليات التشغيلية.

قد تُفرض متطلبات مسح لتحديد موقع التسرّب (LLS) من قبل مالك المرفق أو الجهات المختصة، في حالة المواقع عالية الخطورة، أو لتوفير مزيد من الضمانة بأن التركيبات قد نُفِّذَت وفقاً للتصميم والمواصفات المطلوبة.

٧-٣ نظام التعامل مع الرشيح

٧-٣-١ تجميع الرشيح

يعتمد إنتاج الرشيح (العصارة) في مرادم النفايات أساساً على حجم الترسيب الذي يسقط مباشرة في كتلة النفايات، إضافة إلى محتوى الرطوبة في النفايات.

تعتمد نوعية الرشيح (العصارة) الناتجة، على المكونات الكيميائية والبيولوجية أثناء ترشيح مياه الأمطار عبر كتلة النفايات. إنّ العناصر التي تحدد تكوين الرشيح (العصارة) هي: نوع ومكونات النفايات التي يتم التخلّص منها، والفترة الزمنية ودرجة دمك النفايات.

صُمِّم نظام جمع الرشيح (العصارة) لتجميع الأحجام الناتجة من الرشيح (العصارة) من خلال شبكة من الأنابيب المثقوبة والمتصلة بأنابيب نقل رئيسة غير مثقوبة وصولا إلى بئر التصريف. ويتم بحسب التصميم، استخلاصها من خلية النفايات إما عن طريق الجاذبية أو الضخ. ويتكون نظام تجميع الرشيح (العصارة) أساساً من:

- أنابيب تجميع مثقوبة (أنابيب ثانوية).
- أنابيب نقل مثقوبة أو غير مثقوبة (أنابيب رئيسة).
- بئر تصريف يُنشَأ عند النقطة المنخفضة للخلية.
- أنابيب التنظيف (إذا لزم الأمر).
- محطة ضخ الرشيح (العصارة) مع نظام رفع (عندما لا يكون هناك استخراج بالجاذبية).
- مناهل للتفتيش (المستخدمة للاستخراج بواسطة الجاذبية).

لا يُوصى باستخدام نظام لتجميع الرشيح (العصارة) من خلال الاعتماد على الجاذبية. وفي حالة استخدام طريقة استخراج الرشيح (العصارة) من خلال الاعتماد على الجاذبية، يخترق أنبوب النقل الرئيس (أو الأنابيب) الحواجز وأنظمة التبطين، ومن ثم يمكن أن يتصل مع آبار التفتيش/ المناهل قبل الاتصال بأنبوب نقل آخر، لينتهي عند مرفق تخزين الرشيح (العصارة) أو ينتهي مباشرة في مرفق تخزين الرشيح. علماً أنه عند تطبيق استخراج الرشيح (العصارة) بالاعتماد على الجاذبية، يُنصح بشدة توفير مزيد من المراقبة لنقاط التلحيم مع الأنبوب في منطقة اختراق الحاجز الترابي.

في حالة اتباع الطريقة الموصى بها لاستخراج الرشيح (العصارة) عبر محطة الضخ، ينتهي أنبوب النقل الرئيسي (أو الأنابيب) في بئر التصريف الذي يُنشَأ في أدنى نقطة بالخلية، ومن هناك تقوم مضخة عمودية موضوعة داخل الأنبوب بنقل الرشيح (العصارة) المجمعة خارج خلية النفايات إلى مرفق تخزين الرشيح.

يجب اعطاء عناية خاصة لنظام الأنبوب الصاعد، والتأكد من أنه يمكن الوصول إلى المضخة بسهولة في حالة حدوث ضرر، وتوفر مضخة احتياطية في الموقع دائماً.

تُستخرج كل الرشيح (العصارة) الناتجة من خلية النفايات إلى مرفق تخزين الرشيح، مثل: خزان التجميع أو البركة، أو البحيرة قبل إجراء المعالجة اللاحقة.

أما فيما يتعلق بطرق استخراج الرشيح (العصارة) (الجاذبية أو المضخة)، فيجب مراعاة ما يلي:

- ارتفاع منسوب المياه.
- التضاريس المحليّة.
- المنطقة المتاحة.
- احتياجات السعة.
- القيود البيئية (أي الحد الأقصى للارتفاع أو العلو).
- الطبقات الجيولوجية الأساسية.

يجب تصميم شبكة تجميع الرشيح (العصارة) لاستيعاب حدوث عاصفة مطر واحدة كل ٥٠ عاماً. وألا يقل قطر الأنابيب عن ٢٠٠ مم، بينما يجب أن تحتوي الأنابيب المثقوبة على ثقوب تغطي ٣/٢ من سطح الأنبوب. ويجب أن تحظى الأنابيب بخصائص مناسبة للقوة والصلابة، لضمان الثبات ضد التكسير أو الالتواء.

الحد الأقصى لمنسوب الرشيح (العصارة) المسموح به على طبقة التصريف، كما تم قياسه عند أدنى نقطة في الطبقة هو ٠,٣٠ م. ولا يقل التدرج الطولي لأنابيب تجميع ونقل الرشيح (العصارة) عن ٢٪ - ٣٪.

يجب عدم تباعد أنابيب تجميع ونقل الرشيح (العصارة) بأكثر من ٢٥ متراً، وقد تختلف المسافة المقترحة اعتماداً على حالة الموقع ومع وجود تبرير مناسب.

يجب أن تكون كل الأنابيب من البولي إيثيلين عالي الكثافة بسبب مقاومتها الكيميائية العالية. ويجب تقديم تبريرات ملائمة في حال استخدام المواد الأخرى.

لتقليل مخاطر الأعطال الميكانيكية لأنابيب تجميع ونقل الرشيح، لا بدّ من مراعاة ما يلي:

- أن تكون مرنة وليست صلبة.
- أن توضع داخل الخنادق أو الأماكن المجهزة.
- أن توضع على مواد طبقة الأساس مستوية.
- أن تكون محمية ببرنامج للتحكم في حركة مرور الآليات والمركبات، ما يقلل من حركة المركبات والآليات الثقيلة عبرها وفوقها، وذلك لتجنب إحداث أي ثقب قبل ردم كميات كافية من النفايات فوق طبقة التصريف.

يجب وضع أنابيب التجميع والنقل فوق طبقة الأساس، ومن ثم ردم الأنابيب بنفس المادة المستخدمة في طبقة التصريف. يجب ألا يكون الحد الأعلى للأنبوب على بعد مسافة أقل من قطر الأنبوب من النفايات التي يُتخلّص منها.

صُمِّم نظام تجميع الرشيح (العصارة) وتحديد أبعادها وفقاً لتقديرات إنتاج مياه الرشيح. ويجب حساب كمية الرشيح (العصارة) لجميع مراحل التشغيل، لتحديد القيم الحرجة المطلوبة لتحديد الحجم والسعة.

٢-٣-٧ معالجة الرشيح

اعتماداً على الظروف المحليّة المحددة وخصائص الرشيح (العصارة) والمستقبل الذي يتم تصريفها فيه . يمكن إجراء معالجة الرشيح (العصارة) من خلال وسائل متعددة، وهي:

- مرفق معالجة في الموقع، الذي يسمح بتصريف الرشيح (العصارة) مباشرة في المستقبل الطبيعي بحسب التشريعات ذات الصلة، الخاصة بقيمة مؤشرات جودة مياه الصرف.
- مرفق معالجة مسبقة للرشيح في الموقع قبل تصريفه إلى محطة معالجة مياه الصرف الصحي، بما يتوافق مع قيم مؤشرات جودة مياه الصرف.

- تعتبر خلايا تبخير الرشيح (العصارة) طريقة صالحة لاحتواء/ معالجة الرشيح، نظراً لمعدلات التبخر العالية وغالباً في المواقع النائية للبنية التحتية لمرادم النفايات في المملكة العربية السعودية

يجب أن تكون وحدات تخزين الرشيح (العصارة) إما مبطنة بشكل صحيح أو مبنية بمواد مقاومة للمواد الكيميائية، مثل: البولي اثيلين عالي الكثافة (HDPE).

يمكن إعادة ضخ الرشيح، ولكن فقط عندما تُعتَبر جزءاً من نظام إدارة الغازات الناتجة (تحسين وتنشيط عمليات التفاعل البيولوجي). لا يسمح بإعادة ضخ الرشيح (العصارة) كخيار للتخلّص منها. ولا يجوز إعادة ضخ جزء محدود من الرشيح (العصارة) الناتجة إلا في حالات الطوارئ، ولا يمكن بدء إجراءات إعادة الضخ إلا بعد تركيب نظام استخراج الغازات المنبعثة بحيث يمكن تجميع الغاز الإضافي ومعالجته بشكل مناسب.

٧-٤ إدارة الغازات المنبعثة من المردم

٧-٤-١ تجميع الغازات المنبعثة من المردم

تعرف الغازات المنبعثة عن المردم على أنها خليط من الغازات الناتجة أثناء التحلل الحيوي للنفايات داخل الخلية، مع المكونين الرئيسن الميثان وثاني أكسيد الكربون. يبدأ تحلل النفايات فور التخلّص منها داخل الخلية. وتجب مراعاة أن مكونات الغازات المنبعثة عن المرادم قد تكون قابلة للاشتعال، وقد تسبب الاختناق.

تُنتَج الغازات فقط في مرادم النفايات التي تستقبل نفايات قابلة للتحلل (الفئتان ١ و٢). لا تنتج مرادم النفايات من الفئة ٣ (مرادم النفايات الخاملة) الغازات بسبب طبيعة النفايات التي يتم التخلّص منها.

يجب التعامل مع الغازات المنبعثة في المردم طوال فترة التشغيل وأثناء الإغلاق، وفي مرحلة العناية اللاحقة.

تتمثل أهداف نظام إدارة الغازات الناتجة في المردم، فيما يلي:

- تقليل أي تأثيرات مُحتملة على جودة الهواء.
- تقليل مخاطر انتقال الغازات إلى البنى التحتية المجاورة.
- تجنب دخول الهواء غير الضروري إلى المردم لتقليل مخاطر إندلاع الحرائق.
- السماح بالتحكم الفعّال في انبعاثات الغازات للمعالجة أو استعادة الطاقة.

اعتماداً على أنواع النفايات التي سيتم التخلّص منها، وكميات الغازات المتوقع انبعاثها، يجب أن تكون العناصر التالية موجودة في مرادم النفايات المصنفة في الفئتين، الفئة ١ (مرادم النفايات الخطرة) والفئة ٢ (مرادم النفايات غير الخطرة):

- نظام تبطين للخلية يعمل بكامل طاقته لمنع انتقال الغازات إلى طبقات الأساس والطبقة الحاملة للمياه الجوفية.
- نظام التغطية يعمل بكامل طاقته (في وقت إغلاق الخلية) لتقليل انبعاثات الغازات في الهواء.
- نظام استخراج الغازات النشط لزيادة كفاءة الجمع أو التنفيس السلبي (استخراج الغازات الحيوية) للغاز، شريطة أن تتحقق دراسة تقييم المخاطر من أن انبعاثات الغازات الناتجة المتوقعة ضئيلة ولا تشكل خطراً على البيئة وصحة الإنسان.
- نظام احتراق أو طريقة أخرى مقترحة لمعالجة الغاز فقط عند الاقتضاء، ووفقاً للكميات المتوقعة لانتاج الغازات.

يعتمد تصميم وتخطيط نظام إدارة الغازات الناتجة على احتساب الحد الأقصى المتوقع للكمية الناتجة، التي تُحدَّد من خلال نموذج التوقع لتولّد الغازات في مرادم النفايات، ويمكن تعزيزها بشكل أكبر من خلال تنفيذ تجارب ميدانية للضخ.

يجب تصميم شبكة جمع الغازات واستخراجها، بحيث لا تؤدي إلى أيّة تأثيرات سلبية على نظام تبطين المردم ونظم التغطية.

يجب أن تكون مواد شبكة جمع الغازات الناتجة مقاومة للعوامل التي تسببها، مثل:

- ارتفاع درجة الحرارة داخل كتلة النفايات (حتى ٧٠ درجة مئوية).
- الحمولة الناتجة عن كتلة النفايات، ونظام التغطية، وحركة مرور أو تحركات الآليات (آليات الدمك، الشاحنات، إلخ).
- الكائنات الحية الدقيقة.

يجب أن تتحمل مواد أنابيب نظام إدارة الغازات الناتجة، أي جهد فيزيائي وكيميائي وبيولوجي متوقع. وأن تكون الأنابيب محددة بشكل مناسب لضمان ثباتها على المدى الطويل، وتلبية متطلبات نظام استخراج الغازات المنبعثة.

تتكون شبكة جمع الغازات المنبعثة من المردم ومعالجتها مما يلي:

- آبار التجميع العمودية (الآبار) للتنفيس السلبي أو الاستخراج النشط مع رؤوس الآبار المناسبة والتجهيزات المرتبطة بها.
- شبكة أنابيب التجميع الأفقية.
- شبكة أنابيب النقل الأفقية (لمحطات التجميع الفرعية).
- محطات تجميع الغازات/ الأنابيب المتفرغة.
- أجهزة للفصل/ مصائد السوائل المكثفة.
- أنابيب تصريف الغازات (من محطات التجميع إلى الشعلة).
- شعلة حرق أو محطة حرق الغازات خاضعة للمراقبة/ محطة لاستعادة الغازات.

تتضمن الطريقة المناسبة لجمع الغازات المنبعثة واستخراجها استخدام شبكة عمودية و/ أو أفقية.

آبار التجميع العمودية (الآبار)

يجب وضع آبار التجميع بشكل متماثل قدر الإمكان وعلى مسافة متساوية من بعضها البعض (المسافة الموصى بها حوالي ٥٠ م). ويجب أن تكون الآبار قريبة قدر الإمكان من الحواجز والطرق المرورية.

يجب أن تكون آبار الغاز مانعة لتسرّب الماء، لمنع دخول الهواء، وأن تتحمل الحمولة الزائدة وأن يسهل إصلاحها والتحكم فيها. يتكون بئر الغاز من طبقة التصفية العمودية مبنية من الحصى، وموضوعة داخل كتلة النفايات، إلى جانب أنبوب للتصفية مثقوب في الجزء السفلي وغير مثقوب في الجزء العلوي.

يضمن هذا الترتيب لعناصر بئر التجميع استخراجاً موحداً للغازات الناتجة داخل كتلة النفايات.

أنابيب تجميع الغاز الأفقية: أنابيب مثقوبة، تُركّب في خنادق مملوءة بالحصى ذات نفاذية عالية، وتقع تحت طبقات التغطية النهائية لمردم النفايات و/ أو على أعماق متفاوتة إذا تم تركيبها أثناء التشغيل. يتم تحديد قطر الأنابيب من خلال حسابات التصميم المناسبة.

أنابيب نقل الغاز الأفقية: أنابيب غير مثقوبة، يتم تركيبها في خندق الردم، وتقع داخل طبقات التغطية النهائية لمردم النفايات و/ أو على أعماق متفاوتة إذا تم تركيبها أثناء التشغيل. يُحدَّد قطر الأنابيب من خلال حسابات التصميم المناسبة.

محطة تجميع الغازات: المنشأة تُجمّع فيها كل الغازات المنبثعة قبل إرسالها إلى شعلة الحرق أو نظام الاحتراق. وتُجمّع الغازات المنبعثة مبدئياً بواسطة شبكة تجميع الغازات، وتُنقل إلى محطة تجميع الغازات عبر أنابيب النقل ومن ثم الأنبوب الرئيس لنقل الغازات، ومنها إما إلى شعلة الحرق أو نظام احتراق حسب الحل المقترح.

تُنشأ محطات تجميع الغازات فقط في نظام استخراج الغاز النشط. ويُحدَّد عدد محطات التجميع وفقاً لكميات الغازات المتوقعة والناتجة عن التخلص النهائي من النفايات.

فاصل السوائل المكثفة/ مصيدة السوائل المكثفة: خزان مصنوع من مواد مقاومة للتآكل مثبت في مناطق منخفضة، حيث يمكن الوصول إليها بسهولة أثناء التفريغ. نظراً لأن الغازات المنبعثة مشبعة بأبخرة الماء، فقد يؤدي إلى تكوين مكثفات في شبكة خطوط الأنابيب. وتُركّب فواصل/ مصائد السوائل المكثفة فقط في نظام استخراج الغازات النشط.

يجب خلال تصميم نظام الغازات، تضمين دراسة الإنتقال الديناميكية المُحتملة للغازات خارج موقع مردم النفايات، إضافة إلى التدابير الفنية لمنع الإنتقال. ويشكل إنتقال الغازات المنبعثة من المردم خطراً بيئياً جسيماً.

تشمل المسارات الرئيسية التي يمكن أن تنتقل الغازات الناتجة من خلالها، ما يلي:

- طبقات عالية النفاذية على طول الطبقات الأساسية لموقع المردم.
- من خلال الفراغات داخل جسم النفايات.
- الشقوق إما على طبقة التغطية النهائية أو على محيط الموقع.
- من خلال المسارات التي تتسبب بها جذور الأشجار.
- من خلال آبار مراقبة الغاز أو الرشيح.
- من خلال التشققات الكبيرة في الطبقات الأرضية إلى الفضاء أو المباني المجاورة.
- بواسطة شبكات المرافق تحت الأرض.

يجب إجراء دراسة لتقييم المخاطر، في حالة اقتراح نظام التنفيس السلبي (استخراج الغازات الحيوية)، وللتأكيد على أنه من غير المتوقع أن يشكل انتقال الغازات أي مخاطر كبيرة. ويجب مراعاة العناصر مثل: موقع المردم ونوع النفايات التي يُتخلّص منها والسعة وطبقة التربة.

٧-٤-١-١ نظام استخراج الغازات النشط

يُصمَّم نظام استخراج الغازات النشط وإنشاؤه لزيادة كفاءة التجميع إلى أقصى حد عندما تكون الغازات المنبعثة المتوقعة كافية إما لإشعاله في شعلة الحرق أو إرساله إلى منشأة لاسترداد الغاز. ويجب تأكيد تصميم نظام استخراج الغازات النشط المقترح إلى جانب إنتاج الغازات المتوقع من خلال الحسابات وإذا لزم الأمر من خلال دراسة تقييم المخاطر.

يتكون استخراج الغازات النشط من المكونات التالية:

- بئر استخراج الغازات.
- خطوط أنابيب الغازات.
- محطات تجميع الغازات.
- أنابيب العادم والأنابيب الرئيسة لنقل الغازات.
- فاصل/ مصيدة للسوائل المكثفة.
- وحدة احتراق الغازات المتحكم بها (شعلة الحرق) / وحدة استرداد الغازات.

٧-٤-١-٢ نظام التنفيس السلبي (استخراج الغازات الحيوية)

بالنسبة لعمليات التخلّص من النفايات وبعد اكتمال المرحلة النشطة من تكوين الغازات، ولم يعد من الممكن استرداده أو حرقه بشكل يمكن التحكم فيه، فيجب تنفيسها/ تفريغها بشكل سلبي، لمنع تراكم الغازات خلال عمليات التخلّص من النفايات.

يمكن تحويل الغازات الناتجة من خلال طبقة التغطية، عندما يكون تركيز محتوى الميثان أقل من ٢٠٪، أو عندما تكون كمية الغازات المجمّعة أقل من ١٠٠ م^{٣}/ ساعة، ويجب أن تكون الغازات الناتجة من المردم قادرة على التدفق داخل طبقة تصريف الغازات ويجب ان تخرج إلى الفضاء الخارجي من خلال شبكة من الأنابيب المثقوبة والآبار.

يجب تصميم نظام تنفيس الغازات بحيث لا يتجاوز قيمة ٢ لتر من الغاز/ الساعة × م ٢. ويجب ألا يدخل الترسيب من طبقة تصريف المياه إلى الأنابيب المثقوبة أو شبكة آبار الغاز.

لا يُسمح بالتنفيس السلبي (استخراج الغازات الحيوية) لغازات المردم إلا عند إنتاج كميات صغيرة من الغازات، لا تشكل ضررا على البيئة أو الصحة العامة، ويجب إجراء دراسة لتقييم المخاطر للتحقق من ذلك.

يعتمد تحديد حجم نظام التنفيس السلبي (استخراج الغازات الحيوية) على تقديرات إنتاج الغازات المخزنة. بالنسبة للمرادم الحالية، من الضروري إجراء اختبارات، بحيث تُربط نتائج الاختبارات مع التقديرات النظرية، بالقدر الذي يمكن تحقيق ذلك. يجب إنشاء نظام التنفيس السلبي (استخراج الغازات الحيوية) لضمان سلامة جميع البنى التحتية والمرافق والعاملين والبيئة المحيطة.

يجب أن يكون نظام تجميع الغازات بالكامل مانعا للماء، ويجب عزله عن طبقة جمع مياه التصريف أو أي تأثير خارجي آخر، مثل مياه الأمطار. ويجب ألا يؤثر وضع عناصر نظام تجميع الغازات على تشغيل أي معدات أو آليات أخرى أو طبقات التبطين في قاعدة الخلية.

٢-٤-٧ معالجة الغازات الناتجة من المردم

يجب تجميع الغازات المنبعثة عن تحلل النفايات ومعالجتها بطريقة تقلل من الآثار السلبية التي قد تحدثها على البيئة المحيطة، وتقلل من المخاطر المُحتملة للميثان المكوّن الرئيس (خطر الانفجار) وثاني أكسيد الكربون (خطر الاختناق). تُعالج الغازات المنبعثة اعتماداً على تقنية الاستخراج المستخدمة - النشطة أو السلبية. وتُختَار تقنيات معالجة الغازات المنبعثة واستردادها وفقاً لتركيز الميثان، ويجب أن تكون سعة نظام معالجة الغازات كافية لإدارة حجم الغازات الناتجة داخل المردم.

إن معالجة الغازات المنبعثة قبل أو بعد الاحتراق مسألة خاصة بالموقع بناءً على مكونات الغازات وتركيباتها، والتحقق منها من خلال القياسات والحسابات ذات الصلة.

تُحدد كمية الغازات التي يمكن استخراجها لفترة معينة، وكذلك محتوى الميثان، وفقاً لتوقعات تولّد الغازات والنتائج التجريبية. ويُحدد نوع معالجة الغازات الناتجة بناءً على النتائج.

يجب أن يحتوي نظام استخراج الغازات على نظام تحكم للاحتراق مثل شعلة الحرق، لضمان احتراق الغازات في حالة حدوث عطل في نظام الاستخراج. وفي هذه الحالة، تُحدد أبعاد وحدة الاحتراق المتحكم فيه بنسبة ٦٠٪ من كمية الغاز المستخرجة من النفايات.

يحتوي الغاز، إضافة إلى المكونات الرئيسة الميثان والأكسجين على آثار من المركبات المهلجنة، والكبريت، والفوسفور، وما إلى ذلك. ويمكن أن تضر بأنظمة استخراج الغازات ومعالجته. كما أنها تؤثر على جودة الانبعاثات، ويمكن إزالة هذه العناصر من خلال المرشحات البيولوجية أو الكربون النشط، على التوالي، عن طريق الغسيل أو الأكسدة التحفيزية للغازات.

يجب تصميم جميع وحدات حرق الغازات أو محرك الاحتراق المستخدمة في الموقع لإدارة الغازات المنبعثة لتلبية المتطلبات التالية:

- يجب أن يكون المخرج مستقيماً ولا يعيقه أي جسم آخر.
- يجب تركيب فتحات محددة الغلق لجمع العينات لتسهيل عملية المراقبة.
- يجب التحكم في انبعاثات علبة المرافق للمحرك لتقليل الانبعاثات إلى البيئة المحيطة.
- يجب مراقبة وتقييم الميثان ومعدل تدفق الغاز الداخلي بشكل مستمر.
- يجب جمع العينات بعد انتهاء الاحتراق (في اتجاه مجرى الشعلة)؟
- يجب أن تشتمل تصميمات شعلة الحرق على غطاء مناسب لإحاطة اللهب دائماً.

٧-٥ نظام التغطية للمردم

يجب تصميم وإنشاء نظام تغطية للمردم للتحكم في الآثار السلبية المُحتملة للمردم على البيئة والصحة العامة والحدّ منها، مثل:

- إنتاج الرشيح.
- تولّد الغازات.
- انبعاثات الروائح.
- تواجد الطيور والآفات والحشرات.
- تطاير المبعثرات بفعل الرياح.

يلزم وجود نظام تغليف مناسب لتقليل الآثار السلبية المُحتملة على البيئة والصحة العامة، نظراً لاستمرار تولّد الرشيح (العصارة) والغازات لسنوات عديدة بعد انتهاء عمليات التشغيل في مردم النفايات..

تنقسم الأهداف الرئيسية عند تصميم نظام التغطية إلى:

- تحديد نظام التغطية المطلوب الذي يحد من المخاطر البيئية.
- ضمان ثبات نظام التغطية.
- تقليل تسرّب مياه الأمطار إلى جسم النفايات.
- الاتصال بنظام تصريف المياه السطحية الموجود في الموقع.
- التحكم في انبعاثات الغازات وانتقالها.
- توفير فصل مناسب بين كتلة النفايات والبيئة المحيطة.
- تلبية متطلبات الإغلاق النهائي واستخدامات العناية اللاحقة/ المراقبة/ الصيانة.

يجب تصميم نظام التغطية لمرادم النفايات بطريقة يمكن من خلالها التعرّف على أي أعطال خلال فترة العناية اللاحقة وإصلاحها بسهولة وأمان.

يجب ألا يتجاوز الارتفاع النهائي للمردم الحدّ المسموح بحسب متطلبات الترخيص والتصميم والإنشاء، والتحقق منه بالقياسات. ويجب بعد الاستقرار أن يتراوح مَيل سطح تغطية المردم بين ٤٪-٥٪.

يجب تصميم نظام التغطية (من الأسفل إلى الأعلى) وفقاً للجدول ٧-٢.

الجدول ٧-٢: نظام تغطية مردم النفايات وفقاً لفئات المردم.

الفئة ١ (مرادم النفايات الخطرة)	الفئة ٢ (مرادم النفايات غير الخطرة)	الفئة ٣ (مرادم النفايات الخاملة)
١. ***طبقة التسوية*** ١. السمك: لا يقل عن ٠,٣٠ م. (يمكن اعتبار الغطاء المؤقت/ طبقة التغطية كطبقة تسوية).	١. ***طبقة التسوية*** ١. السمك: لا يقل عن ٠,٣٠ م. (يمكن اعتبار الغطاء المؤقت/ طبقة التغطية كطبقة تسوية).	١. ***طبقة التسوية*** ١. السمك: لا يقل عن ٠,٣٠ م. (يمكن اعتبار الغطاء المؤقت/ طبقة التغطية كطبقة تسوية).

الفئة ١ (مرادم النفايات الخطرة)	الفئة ٢ (مرادم النفايات غير الخطرة)	الفئة ٣ (مرادم النفايات الخاملة)
٢. طبقة تصريف الغازات تتكون من: ١. مواد الركام الخشنة ذات التوصيل الهيدروليكي ≥ ١٠$^{-٣}$ متر بالثانية بسمك لا يقل عن ٠,٣٠ متر أو مادة جيو-صناعية لتصريف الغازات بأداء مكافئ. ٢. تكسية أرضية للفصل (يُثبَّت فقط عندما تتكون طبقة تصريف الغازات من مواد الركام). يمكن إزالة الطبقة إذا كان نوع النفايات لا ينتج كميات كبيرة من الغازات (تخضع للتبرير الفني).	***٢. طبقة تصريف الغازات*** تتكون من: ١. مواد الركام الخشنة ذات التوصيل الهيدروليكي ≥ ١٠$^{-٣}$ متر بالثانية بسمك لا يقل عن ٠,٣٠ متر أو مادة جيو-صناعية لتصريف الغازات بأداء مكافئ. ٢. تكسية أرضية للفصل (يُثبَّت فقط عندما تتكون طبقة تصريف الغازات من مواد الركام). يمكن إزالة الطبقة إذا كان نوع النفايات لا ينتج كميات كبيرة من الغازات (تخضع للتبرير الفني).	***٢. طبقة تصريف الغازات*** غير مطلوب.
٣. طبقة الحاجز الطيني الطبقة إما طبيعية أو صناعية ويجب أن تستوفي التالي: معامل النفاذية ≥ ١,٠ × ١٠$^{-٩}$ متر بالثانية، بسمك ≥ ٠,٦ متر (أو طبقة التبطين الطينية الصناعية بأداء مكافئ). يجب توفير تكسية أرضية للفصل تحت التربة الطينية الطبيعية إذا كانت الطبقة الأساسية عبارة عن ركام خشن.	***٣. طبقة الحاجز الطيني*** الطبقة إما طبيعية أو صناعية ويجب أن تستوفي التالي: معامل النفاذية ≥ ١,٠ × ١٠$^{-٩}$ متر بالثانية، بسمك ≥ ٠,٦ متر (أو طبقة التبطين الطينية الصناعية بأداء مكافئ) يجب توفير تكسية أرضية للفصل تحت التربة الطينية الطبيعية إذا كانت الطبقة الأساسية عبارة عن ركام خشن. ملاحظة: يمكن إزالة طبقة الحاجز الطيني إذا ضُمِّنَت طبقة الغشاء الأرضي في نظام التغطية من الفئة ٢، أي أن طبقة الحاجز الطيني أو طبقة الغشاء الأرضي مطلوبة فقط.	***٣. طبقة الحاجز الطيني*** غير مطلوب.
٤. طبقة الغشاء الأرضي ١. الحد الأدنى للسمك: ١,٥ مم.	***٤. طبقة الغشاء الأرضي*** ١. الحد الأدنى للسمك: ١,٥ مم. ملاحظة: يمكن إزالة طبقة الغشاء الأرضي إذا ضُمِّنَت طبقة الحاجز الطيني في نظام التغطية من الفئة ٢، أي أن طبقة الحاجز الطيني أو طبقة الغشاء الأرضي مطلوبة فقط.	***٤. طبقة الغشاء الأرضي*** غير مطلوب.

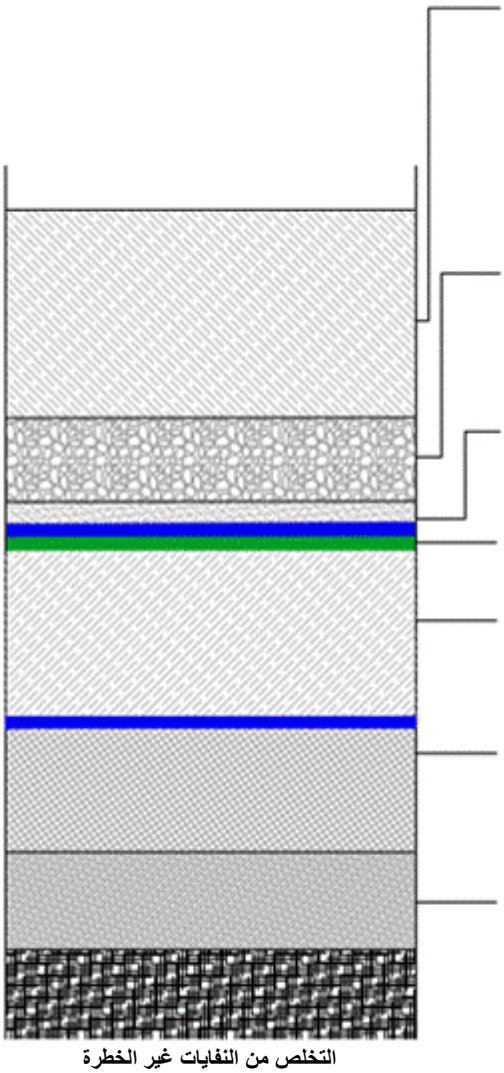
الفئة ١ (مرادم النفايات الخطرة)	الفئة ٢ (مرادم النفايات غير الخطرة)	الفئة ٣ (مرادم النفايات الخاملة)
٥. طبقة الحماية تتكون من: التكسية الأرضية و/ أو طبقة من الرمل الناعم، بسمك لا يقل عن ٠,١٠ متر. (تُحدَّد فئة التكسية الأرضية و/ أو سمك الطبقة الرملية عن طريق التحليل/ الاختبار المناسب).	***٥. طبقة الحماية*** تتكون من: التكسية الأرضية و/ أو طبقة من الرمل الناعم، بسمك لا يقل عن ٠,١٠ متر. (تُحدَّد فئة التكسية الأرضية و/ أو سمك الطبقة الرملية عن طريق التحليل/ الاختبار المناسب).	***٥. طبقة الحماية*** غير مطلوب
٦. طبقة التصريف تتكون من: مواد الركام الخشنة ذات التوصيل الهيدروليكي ١٠$^{-٣}$ متر بالثانية بسمك لا يقل عن ٠,٣٠ متر أو مادة التصريف الجيو-صناعية بأداء مكافئ. التكسية الأرضية للفصل (يُثبَّت فقط عندما تتكون طبقة تصريف الغازات من مواد الركام الخشنة). يمكن إزالة الطبقة وفقاً لتبريرات التصميم.	***٦. طبقة التصريف*** تتكون من: مواد الركام الخشنة ذات التوصيل الهيدروليكي ١٠$^{-٣}$ متر بالثانية بسمك لا يقل عن ٠,٣٠ متر أو مادة التصريف الجيو-صناعية بأداء مكافئ. التكسية الأرضية للفصل (يُثبَّت فقط عندما تتكون طبقة تصريف الغازات من مواد الركام الخشنة). يمكن إزالة الطبقة وفقاً لتبريرات التصميم.	***٦. طبقة التصريف*** غير مطلوب.
٧. طبقة التغطية النهائية يجب أن تتضمن طبقة التغطية النهائية ما يلي: ١. تربة تغطية مضغوطة بسمك لا يقل عن ١,٠ متر. أو ١. تربة تغطية مضغوطة بسمك لا يقل عن ٠,٣٠ متر. ٢. طبقة حماية الحجر من التآكل بسمك لا يقل عن ٠,٢٠ متر. (يخضع اختيار المواد والسمك لتوافر الحصول عليها وتقديم مبررات تصميم مناسبة للحماية من التآكل، مع مراعاة عوامل الموقع والظروف المناخية). يمكن تطبيق التربة السطحية والغطاء النباتي حيثما أمكن ذلك.	***٧. طبقة التغطية النهائية*** يجب أن تتضمن طبقة التغطية النهائية ما يلي: ١. تربة تغطية مضغوطة بسمك لا يقل عن ١,٠ متر. أو ١. تربة تغطية مضغوطة بسمك لا يقل عن ٠,٣٠ متر. ٢. طبقة حماية الحجر من التآكل بسمك لا يقل عن ٠,٢٠ متر. (يخضع اختيار المواد والسمك لتوافر الحصول عليها وتقديم مبررات تصميم مناسبة للحماية من التآكل، مع مراعاة عوامل الموقع والظروف المناخية). يمكن تطبيق التربة السطحية والغطاء النباتي حيثما أمكن ذلك.	***٧. طبقة التغطية النهائية*** يجب أن تتضمن طبقة التغطية النهائية ما يلي: ١. تربة تغطية مضغوطة بسمك لا يقل عن ١,٠ متر. أو ١. تربة تغطية مضغوطة بسمك لا يقل عن ٠,٣٠ متر. ٢. طبقة حماية الحجر من التآكل بسمك لا تقل عن ٠,٢٠ متر. (يخضع اختيار المواد والسمك لتوافر الحصول عليها وتقديم مبررات تصميم مناسبة للحماية من التآكل، مع مراعاة عوامل الموقع والظروف المناخية). يمكن تطبيق التربة السطحية والغطاء النباتي حيثما أمكن ذلك.

يجب أن تتماشى جميع نظم التغطية المقترحة مع الهيكلية والمتطلبات المقترحة أعلاه، وأن تخضع أي منحدرات تُطبَّق نظم التبطين عليها، وتتكون من طبقات مادة التغطية (مثل: ركام التصريف أو تربة التغطية) لتحليل ثبات القشرة، لضمان التصميم

المناسب لتفادي الانزلاق. وقد تكون هناك حاجة إلى تعزيز شبكة الجيوجريد لضمان الثبات في سيناريوهات المنحدرات الشديدة.

من المهم ملاحظة أن تغطية مرادم النفايات/ المكبات المفتوحة التي لا تحتوي على نظام تبطين أساسي متوافق مع هذا الدليل الإرشادي، قد تخضع لتدابير أكثر صرامة للتغطية، ويجب تصميمها باستخدام نهج قائم على المخاطر.

القسم النموذجي
نظام التغطية من الفئة رقم (١)



7- طبقة التغطية.
يجب أن تتضمن طبقة التغطية النهائية ما يلي:
أ- تربة مغطاة مدمكة ذات سمك ١,٠ م بحد أدنى.
أو
ب- تربة مغطاة مدمكة ذات سمك ٣,٠ م بحد أدنى.
ج- طبقة الحماية من التآكل ذات سمك ٠,٢٠ م بحد أدنى.
يخضع اختيار المواد والسمك للتوافر، وتوفير مبرر تصميم مناسب للحماية من التآكل مع اعتبار الموقع والظروف المناخية).
يمكن تنفيذ طبقة التربة العلوية والغطاء النباتي حيثما أمكن ذلك.

6- مكونات طبقة الصرف
أ- مادة الركام الخشنة ذات موصلية هيدروليكية ≤ ١٠$^{-٣}$ م/ث ومادة تصريف صناعية أرضية بسمك بالحدّ الأدنى قدره ٠,٣٠ م مع أداء مكافئ.
ب- التكسية الأرضية لطبقة الفصل (تُثبت أعمال التكسية الأرضية فقط عندما تتكون طبقة تصريف الغاز من موادركام خشنة).
يمكن إزالة الطبقة مع مراعاة مبررات التصميم.

5- مكونات طبقة الحماية
أ- التكسية الأرضية.
ب- الطبقة الأرضية الناعمة بسمك بحد أدنى ٠,١٠ م.
[تُحدد فئة التكسية الأرضية عن طريق التحليل/الاختبار المناسب].

4- طبقة الغشاء الأرضي
أ- الحد الأدنى من السمك: ١,٥ ملم.

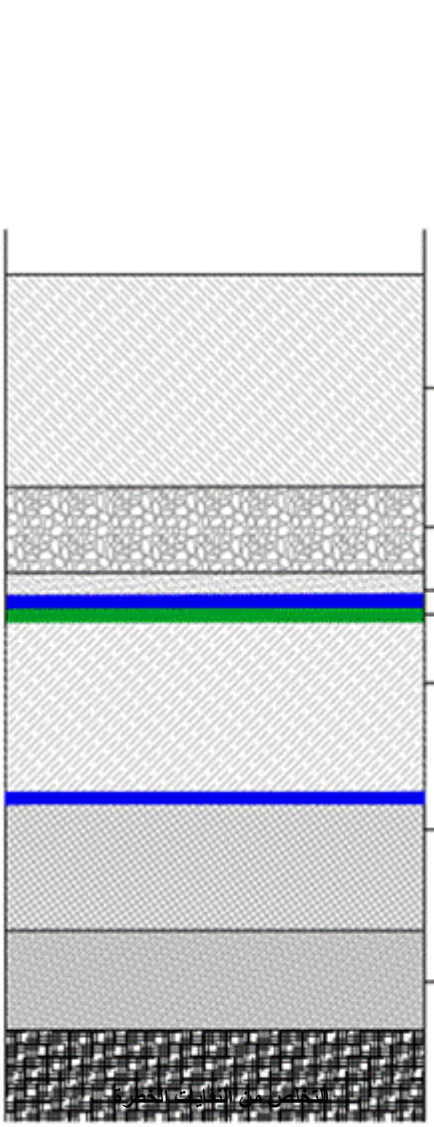
3- طبقة حاجز الطين
الطبقة إما طبيعية أو اصطناعية ويجب أن تفي بالمعايير التالية:
أ- الموصلية الحرارية ≤ ١,٠× ١٠$^{-٩}$ م/ ث: السمك (٠,٦) م [أو طبقة غشاء أرضية بأداء مكافئ].
يلزم التكسية الأرضية لطبقة الفصل تحت الطين الطبيعي إذا كانت الطبقات الأساسية من المواد الخشنة.

2- طبقة صرف الغاز
المكونات:
أ- مادة الركام الخشنة ذات موصلية هيدروليكية ≤ ١٠$^{-٣}$ م/ث ومادة تصريف صناعية أرضية للغاز بسمك قدره ٠,٣٠ م في الحدّ الأدنى مع أداء مكافئ.
ب- التكسية الأرضية لطبقة الفصل (تُثبت أعمال التكسية الأرضية فقط عندما تتكون طبقة تصريف الغاز من موادركام).
يمكن إزالة الطبقة إذا لم ينتج نوع النفايات كميات غاز كبيرة (مع مراعاة المبررات الفنية).

1- طبقة التسوية
أ- السمك: لا تقل عن ٠,٣٠ م.
(يمكن اعتبار الغطاء/ طبقة التغطية المؤقتة كطبقة تسوية).

الشكل ٧-٤: رسم مقطعي نموذجي لنظام التغطية لمرادم الفئة -١.

القسم النموذجي
نظام التغطية من الفئة رقم (٢)



التخلص من النفايات غير الخطرة

7- طبقة التغطية.

يجب أن تتضمن طبقة التغطية النهائية ما يلي:

أ- تربة مغطاة مدمكة ذات سمك ١,٠ م بحد أدنى.

أو

ب- تربة مغطاة مدمكة ذات سمك ٣,٠ م بحد أدنى.

ج- طبقة الحماية من التآكل ذات سمك ٠,٢٠ م بحد أدنى.

يخضع اختيار المواد والسمك للتوافر وتوفير مبرر تصميم مناسب للحماية من التآكل مع اعتبار الموقع والظروف المناخية).

يمكن تنفيذ طبقة التربة العلوية والغطاء النباتي حيثما أمكن ذلك.

6- مكونات طبقة الصرف

أ- مادة الركام الخشنة ذات موصلية هيدروليكية ≤ ١٠$^{-٣}$ م/ث ومادة تصريف صناعية أرضية بسمك ذات حد أدنى قدرها ٠,٣٠ م مع أداء مكافئ.

ب- التكسية الأرضية لطبقة الفصل (يتم تركيبها فقط عندما تتكون طبقة تصريف الغاز من مواد ركام خشنة).

يمكن إزالة الطبقة مع مراعاة مبررات التصميم.

5- مكونات طبقة الحماية:

أ- التكسية الأرضية، و/أو

ب- طبقة رملية ناعمة بسمك ١٠,٠ م بحد أدنى.

[تُحدد فئة التكسية الأرضية عن طريق التحليل/الاختبار المناسب].

4- طبقة الغشاء الأرضي

أ- الحد الأدنى من السمك: ١,٥ ملم.

ملحوظة: يمكن إزالة طبقة الغشاء الأرضي إذا تم تضمين طبقة الحاجز الطيني في نظام التغطية من الفئة ٢، مطلوب فقط وضع طبقة حاجز طيني أو طبقة غشاء أرضي.

3- طبقة حاجز الطين

طبيعية أو اصطناعية ويجب أن تفي بالمعايير التالية:

أ- الموصلية الحرارية ≤ ١,٠ × ١٠$^{-٩}$ م/ ث وسمك ≤ ٠,٦ م (أو طبقة غشاء أرضية بأداء مكافئ).

يلزم التكسية الأرضية لطبقة الفصل تحت الطين الطبيعي إذا كانت الطبقات الأساسية من المواد الخشنة

ملاحظة: يمكن إزالة طبقة حاجز الطين إذا تم تضمين طبقة الغشاء الأرضي في نظام التغطية من الفئة ٢، مطلوب فقط وضع طبقة حاجز طيني أو طبقة غشاء أرضي.

2- طبقة صرف الغاز

المكونات:

أ- مادة الركام الخشنة ذات موصلية هيدروليكية ≤ ١٠$^{-٣}$ م/ث ومادة تصريف صناعية أرضية بسمك قدره ٠,٣٠ م في الحدّ الأدنى مع أداء مكافئ.

ب- التكسية الأرضية لطبقة الفصل (تُثبت أعمال التكسية الأرضية فقط عندما تتكون طبقة تصريف الغاز من موادركام).

يمكن إزالة الطبقة إذا لم ينتج نوع النفايات كميات غاز كبيرة (مع مراعاة المبررات الفنية).

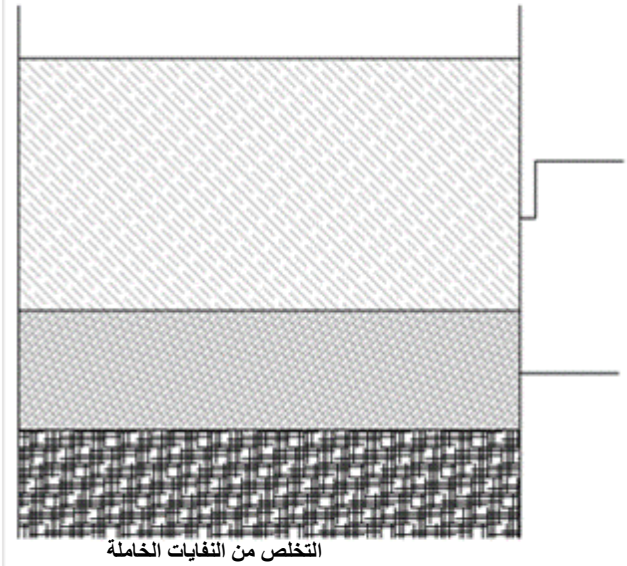
1- طبقة التسوية

السمك لا تقل عن ٠,٣٠ م

(يمكن اعتبار الغطاء/ طبقة التغطية المؤقتة كطبقة تسوية).

الشكل ٧-٥: رسم مقطعي نموذجي لنظام التغطية لمرادم الفئة -٢.

القسم النموذجي
نظام التغطية من الفئة رقم (٣)



2- طبقة التغطية.

يجب أن تتضمن طبقة التغطية النهائية ما يلي:

أ- تربة مغطاة مدمكة ذات سمك ١,٠ م بحد أدنى.
ب- تربة مغطاة مدمكة ذات سمك ٣,٠ م بحد أدنى.
ج- طبقة الحماية من التآكل ذات سمك ٠,٢٠ م بحد أدنى.

يخضع اختيار المواد والسمك للتوافر وتوفير مبرر تصميم مناسب للحماية من التآكل مع اعتبار الموقع والظروف المناخية).

يمكن تنفيذ طبقة التربة العلوية والغطاء النباتي حيثما أمكن ذلك.

1- طبقة التسوية

أ- السمك: لا تقل عن ٠,٣٠ م
(يمكن اعتبار الغطاء/ طبقة التغطية المؤقتة كطبقة تسوية).

الشكل ٧-٦: رسم مقطعي نموذجي لنظام التغطية لمرادم الفئة – ٣.

٧-٥-١ طبقات تغطية مرادم النفايات

٧-٥-١-١ طبقة التسوية

تتكون طبقة التسوية إما من طبقة تغطية/ غطاء مؤقتة أو طبقة تربة مضغوطة متوفرة في الموقع أو في مكان قريب ويجب تطبيقها على **جميع فئات المرادم (١ و٢ و٣).**

يتمثل دور طبقة التسوية في توفير قاعدة مناسبة لتغطية الطبقات عن طريق الحد من الهبوط المتفاوت التي يمكن أن تسبب مشكلات في الثبات وتوفير سطح مضغوط جيداً لتسهيل التركيبات الجيو- صناعية. يمكن استخدام طبقة الغطاء/ التغطية المؤقتة كطبقة تسوية، بشرط أن تلبي هذه المتطلبات.

تتكون الطبقة من التربة المضغوطة بسمك لا تقل عن ٠,٣٠ م.

يجب في حالة مرادم النفايات من الفئتين ١ و٢ أن تسمح طبقة التسوية بمرور الغازات، وتكون معامل النفاذية ≤ ١ × ١٠$^{-٤}$ متر بالثانية. قد تتكون طبقة التسوية من أي تربة/ مادة ذات نفاذية (رمل، نفايات الهدم، إلخ.) ولا تشكل إمكانية لإتلاف نظام التغطية العلوي.

يجب لضمان جودة إنشاء طبقة التسوية، تضمينها في خطة ضمان جودة الإنشاءات المرفقة مع وثائق تصميم المردم، وبالتالي التحقق من ملاءمتها للغرض المقصود.

٧-٥-١-٢ طبقة الحاجز الطيني

تعتبر التربة الطينية مادة مناسبة لإنشاء وتطوير طبقة حاجز منخفضة النفاذية، كما هو مطلوب فقط **لمرادم النفايات من الفئتين ١ و٢.** يتطلب نظام التغطية لمرادم النفايات من الفئة ١ نظام الحاجز الطيني، بينما يمكن إزالة نظام التغطية لمرادم النفايات من الفئة ٢، بشرط تضمين طبقة غشاء أرضي.

في حالة استخدام الحاجز الطيني (الطبيعي أو الصناعي)، يجب تطبيق نفس المتطلبات المنصوص عليها في القسم ٧,٢,٣,٣، باستثناء متطلبات التوصيل الهيدروليكي التي يجب أن تكون وفقاً للجدول ٧-٢.

٧-٥-١-٣ طبقة تصريف الغازات

يجب تركيب طبقة تصريف الغازات **فقط لمردم النفايات من الفئة ١ و ٢** التي من المتوقع أن تنتج الغازات.

تُنشأطبقة تصريف الغازات فوق طبقة التسوية، وتهدف إلى منع تراكم الغازات تحت نظام البطانة. وتساهم في التحكم في انبعاث وضخ وتدفق الغازات المنتجة إلى مرافق إدارة الغازات.

يمكن أن تكون طبقة تصريف الغازات إما مادة الركام الخشنة ذات التوصيل الهيدروليكي ١٠$^{-٣}$ متر بالثانية، بسمك لا يقل عن ٠,٣٠ متر أو مادة جيو-صناعية لتصريف الغازات بأداء مكافئ.

علماً أن طبقة تصريف الغازات وطبقة التصريف متشابهتان، والفرق الوحيد بين الطبقتين هو استخدامهما. تظل جميع المتطلبات والمواصفات والمعايير كما هي.

يجب عندما تتكون طبقة تصريف الغازات من مواد الركام الخشنة، تركيب طبقة تكسية أرضية للفصل/ الترشيح فوقها، لتجنب انسداد الطبقة. تُحدَّد خصائص التكسية الأرضية بناءً على قدرتها على منع انسداد طبقة التصريف بواسطة الحبيبات.

تتكون الطبقة من الركام الخشنة الموصى بها، بالخصائص التالية:

- ٨٥٪ من المكونات لا تقل عن ٤٠ مم.
- ١٠٪ من المكونات لا تقل عن ٢٠ مم.
- معامل تماثل حبيبات الطبقة الجيولوجية أقل من ٢,٠.
- محتوى حبيبات التربة الناعمة (fines) أقل من ١,٠٪ من الوزن.
- مواد كلسية منخفضة (محتوى كربونات الكالسيوم < ٢٠٪) التي قد تكون عرضة للتآكل الكيميائي.

يجب أن يكون التوصيل الهيدروليكي للطبقة أكبر من ١×١٠$^{-٣}$ متر/الثانية.

يمكن استبدال طبقة تصريف الركام بطبقة تصريف جيو-صناعية (GDL) بأداء مكافئ من حيث التوصيل الهيدروليكي عندما تتطلب ذلك أسباب موجبة، مثل: التوفير في السعة، أو صعوبة الحصول على كميات المواد المطلوبة ضمن النطاق الواسع للمنطقة.

٧-٥-١-٤ طبقة الغشاء الأرضي

تتكون طبقة الغشاء الأرضي من مادة البولي إيثيلين عالي الكثافة (HDPE) التي يمكن أن تكون ذات سطح محكم أو أملس، اعتماداً على المتطلبات الخاصة بالمشروع، وتُطبَّق فقط في مرادم النفايات من الفئتين ١ و٢. ويمكن إزالة متطلبات طبقة الغشاء الأرضي في حالة تضمين طبقة الحاجز الطيني في نظام تغطية مرادم النفايات من الفئة ٢.

يجب أن يكون الغشاء الأرضي ذا نفاذية منخفضة، وقوة فيزيائية قادرة على تحمل الضغط والإجهاد الميكانيكي، وأن يكون متوافقاً كيميائياً مع النفايات التي تحتويها البطانة. ويجب أن تكون سمك الغشاء الأرضي مطابقة كحد أدنى لمتطلبات الجدول ٧-٢، أو تخضع للتغيير بناءً على دراسة تقييم المخاطر. ويجب تطبيق المتطلبات عينها المنصوص عليها في القسم ٧-٢-٣-٤، في حالة استخدام غشاء أرضي في تصميم التغطية

يمكن النظر في استخدام أغشية البولي إيثيلين الخطي منخفض الكثافة (LLDPE) في تطبيقات التغطية، نظراً لمرونتها المتزايدة، التي قد تكون مفيدة في مواجهة مخاوف الهبوطات المتفاوتة.

٧-٥-١-٥ طبقة الحماية

تُثبت طبقة حماية الأغشية الأرضية فوق طبقة الغشاء الأرضي، إذا كان ذلك ممكناً. ويجب أن تتوافق طبقة الحماية مع متطلبات القسم ٧-٢-٣-٥.

٧-٥-١-٦ طبقة التصريف

تُنشأ طبقة التصريف لمرادم النفايات من فئة ١ و٢ فوق طبقة حماية الأغشية الأرضية. ويجب أن تكون طبقة التصريف مطابقة لمتطلبات القسم ٧,٥,١,٣ (طبقة تصريف الغاز).

٧-٥-١-٧ طبقة تصفية/ فصل التكسية الأرضية

يجب تركيب تكسية للأرضية، للفصل بين طبقة الغطاء وطبقة التصريف الأساسية لمرادم النفايات من الفئتين ١ و٢. ويجب أن تتوافق طبقة التكسية الأرضية مع متطلبات القسم ٧,٢,٣,٧.

٧-٥-١-٨ طبقة الغطاء

تُنشأ طبقة الغطاء للمرادم من جميع الفئات (١، ٢ و٣)، ويجب أن تتوافق مع متطلبات الجدول ٧-٢، التي تتكون من طبقات مناسبة للتغطية والحماية من التآكل.

إذا وُضِعَت تربة الغطاء فقط، فيجب أن يكون الحد الأدنى لسمك التربة المضغوطة ١,٠ متر، ويجب تقديم مبرر تصميم مناسب للحماية من التآكل. وكبديل لذلك، يتم تُغطى التربة بسمك لا يقل عن ٠,٣ متر، مع إضافة ٠,٢ - ٠,٣ متر طبقة حماية من تآكل الحجر/ الحصى.

يخضع اختيار المواد وسماكتها بالنسبة لطبقة الغطاء لتوافرها في الموقع أو بالقرب منه، مع مراعاة الموقع والظروف المناخية.

ويجب النظر في الحماية من تآكل الغطاء، مع ملاحظة أن الغطاء النباتي قد لا يكون مجدياً نظراً للظروف المناخية.

الأغراض الرئيسة لطبقات الغطاء هي:

- تسهيل التبخر.
- تقليل تغلغل المياه في كتلة النفايات.
- توفير طبقة مناسبة لدعم الغطاء النباتي (إن أمكن).
- تقليل التآكل.
- تحسين المشهد البصري لمردم النفايات.

يجب أن تكون طبقة الغطاء قادرة على توفير مجال مناسب لنمو الغطاء نباتي إذا كان ذلك ممكناً. يمكن استخدام الزراعات المحليّة مثل أنواع الأشجار ذات أنظمة التجذير القصيرة. وينبغي ملاحظة أن تنمية الغطاء النباتي تخضع للظروف المناخية المحليّة وتقييمها بشكل منفصل، لكل موقع من مواقع المردم.

يجب أن يمنع تشكيل طبقة الغطاء تراكم المياه السطحية، وتعزيز التصريف بعيداً عن المردم. ويوصى عادةً باستخدام منحدرات بحد أدنى ٥٪.

فيما يلي الخصائص الرئيسة لطبقة غلاف التربة السطحية:

- يجب أن تكون طبقة الغطاء ذات جودة كافية للمساهمة في الوظائف البيولوجية للنباتات (عند إنشاء غطاء نباتي).
- يجب أن تنشأ طبقة الغطاء من الطبقة السطحية للتربة السطحية الموجودة للمنطقة، وحفرها وتخزينها وترتيبها في أكوام قبل الانشاء. وأن توافق الجهة المختصة على مواقع مناطق الحفر المقترحة لمواد التربة المطلوبة.

- يجب خلو مواد الحفريات التي ستُستخدم من الشوائب، مثل نفايات البناء أو نفايات الهدم (الركام) أو الأحجار أو كلوريد الصوديوم أو حتى بقايا النباتات.

يجب ألا تشتمل مادة التغطية على قطع صخرية يزيد قطرها عن ٠,١٥ متر، وأن تحتوي مادة طبقة الغطاء على معامل نفاذية يتراوح من ١ × ١٠$^{-٥}$ متر بالثانية إلى ١ × ١٠$^{-٧}$ متربالثانية.

يجب أن تكون طبقة الحماية من التآكل من مادة خشنة، ولا يقل سمكها عن ٠,٣٠ متر. يمكن أن تكون الطبقة أي مادة قادرة على مقاومة التآكل.

٦-٧ ثبات المردم وطبقات التبطين

لا توصف النفايات بأنها مادة متجانسة من الناحية الجيوتقنية، وعلى هذا النحو، يجب اتخاذ الاعتبارات والتدابير الاحترازية المتعلقة بثبات كتلة النفايات وتطوّر الهبوط المُحتمل بمرور الوقت، لأنها عرضة للتحلل والاندماج والفروقات الكبيرة، مكانياً وزمانيا.

يجب تقييم ثبات واستقرار كتل النفايات، وتقييم أعمال التربة وأعمال إنشاء الخلية في المردم، والبنية التحتية للإدارة البيئية جنباً إلى جنب مع أساساتها والتفاعلات بينها والتربة، من قبل مهندس مؤهل، للتحقق من عدم وجود مخاطر لعدم الثبات. ويجب أن يصاحب عملية التحقق تقرير الثبات الجيوتقني بما في ذلك جميع التحليلات والحسابات ذات الصلة التي تثبت اتخاذ جميع الاحتياطات. ويجب إعداد التقرير الجيوتقني في مرحلة التصميم قبل أعمال الإنشاء، ووفقاً لمتطلبات الجهات المختصة.

يجب أن يراعي تقرير الثبات الجيوتقني، ما يلي:

- الهبوط أو التسرّب داخل الأساس (الطبقة الفرعية) أسفل قاعدة خلية نفايات المردم أو جوانبها.
- التسرّب داخل نظام بطانة مردم النفايات.
- التسرّب داخل النفايات أو مادة الغطاء وواجهة البطانة.
- فشل التحرّك الدائري داخل النفايات، أو من خلال المقطع العرضي بأكمله.
- فشل التسرّب في نظام التغطية أو مكوناته.
- آثار الهبوط على نظم التغطية.
- تأثير الهبوط على المرافق والبنى التحتية.
- وجود الرشيح (العصارة) داخل كتلة النفايات.
- أقصى ارتفاع كما هو مذكور في التصريح البيئي.

يجب أن يتحقق التقرير الجيوتقني في أي حال من الاختيار النهائي للمنحدرات، وأن يقدم كل التوصيات لتعزيز تحسين أنظمة البطانة لقاعدة المردم أو التغطية. ويجب تقييم احتكاك الواجهة بين كل طبقة تحت جميع ظروف الاستخدام، ثابت وديناميكي، مؤقت، أو دائم.

يجب التحقق من أن نقاط القوة في التركيبات الأرضية كافية، وتعطي عوامل آمنة مرضية عن الحدود المسموح بها، للتكوين المقترح للقاع والمنحدرات، والتداخل النهائي لخلية النفايات.

ينبغي مراعاة مسألة أخرى، تخص هبوط مردم النفايات وهي احتمال تسرّب جسم من النفايات على الطبقات الصناعية المتعاقبة.

يجب لتقليل درجة الهبوط بصرف النظر عن تحقيق نسبة ضغط عالية للنفايات التي يُتخلَّص منها. اتباع ما يلي:

- أقصى انحدار ١ (عمودياً): ٣ (أفقياً).
- منحدرات الأغطية المؤقتة بين مراحل مرادم النفايات ١ (عمودياً): ٢ (أفقياً) إلى١ (عمودياً): ٣ (أفقياً).

يجب على مصممي مرادم النفايات . لتجنب تأثيرات الهبوط . زيادة مستويات ما بعد الهبوط، والتمييز بوضوح في مخططات التصميم عن مستويات ما بعد الهبوط النهائية، ومستويات الزيادة الإضافية التي ينبغي ملء كل مرحلة من مراحل الموقع وتغطيتها واستعادتها.

مشغلو المردم مسؤولون عن مراقبة درجة الهبوط، وتحقيق نسب الضغط والمنحدرات المطلوبة، المدرجة في دراسات التصميم.

تعدّ القيم التي تتراوح بين ١٥-٢٥٪ مناسبة، من جهة السعة الفارغة والمعالم النهائية للهبوط المسبق لمردم النفايات.

يجب في حالة حدوث هبوط متفاوت، اتخاذ الترتيبات اللازمة لاستيعاب الهبوط ومستويات الضغط المرتبطة بها، والأكثر شيوعاً، من خلال:

- سمك إضافي لمواد التغطية، لاستيعاب التحركات المتفاوتة، أو للسماح بإزالة المواد إذا لم يحدث الهبوط كما هو متوقع.

يجب أن يراعي تقييم الثبات الظروف الخاصة بالموقع، وأن يستخدم العناصر الجيوتقنية المناسبة لنوع النفايات التي يتم التخلص منها.

يجب ألا تقل قدرة تحمل المواد المتماسكة عن ٥٠ كيلو باسكال، ولا تقل نسبة تحمل للنفايات غير المتماسكة في الموقع عن ٠,٥٪.

ينقسم الهبوط في مردم النفايات إلى أولي وثانوي. يحدث الهبوط الأولي في فترة قصيرة بعد عمليات التخلّص من النفايات بشكل رئيس خلال الشهرين الأولين. يكون الهبوط الأولي كبير وينتج عن الحركة المفاجئة للنفايات بسبب عمليات التخلّص على السطح. ومن المهم ملاحظة أنه عند تحقيق نسبة ضغط أكبر، قد تكون درجة الهبوط الأولي أصغر.

يتناقص حجم الهبوط مع الوقت والعمق، ومعظم حالات الهبوط تحدث في السنوات الثلاث الأولى.

الأسباب الرئيسية التي تسبب هبوط النفايات هي:

- تآكل النفايات وأكسدتها واحتراقها.
- التحلل الكيميائي الحيوي (التخمير)، والتحلل تحت الظروف الهوائية واللاهوائية.
- ضغط وإعادة تنظيم أو إعادة توجيه مكونات النفايات.
- تحرك المواد الدقيقة في فجوات كبيرة.

العوامل التي تؤثر على حجم الهبوط وتطورها هي الكثافة الأولية والإدارة (الضغط - سمك الطبقة) للنفايات التي يُتخلّص منها، وارتفاع الحاجز الترابي، ومستويات التصفية، والعوامل المناخية، وما إلى ذلك.

يمكن أن يؤدي الإنشاء الكامل وتركيب طبقات التغطية قبل الهبوط المتوقع إلى فشل لا عودة فيه للطبقات ويجب أن يحدد التقرير الجيوتقني المستند إلى البيانات من برنامج مراقبة الهبوط، الموعد الدقيق للإغلاق النهائي.

يوصى بأن يُحدَّد الحد الأقصى لارتفاع طبقة التغطية النهائية لمردم النفايات من خلال التقرير الجيوتقني والتصريح البيئي.

٧-٧ المرادم الصغيرة

بالنسبة لمرادم النفايات من الفئة ٢ التي تتميز بصغرها، فإن البنى التحتية والمرافق التي لا تعتبر حيوية للعمليات اليومية لمردم النفايات، أو بسبب الوجود المحدود للموظفين والآليات قد لا تعتبر ضرورية.

يُعد مردم النفايات صغيراً عندما يتم التخلّص من ٢٠ طن من النفايات البلدية الصلبة يومياً أو أقل، على أساس المتوسط السنوي.

البنى التحتية والمرافق التي يمكن استبعادها من مرادم النفايات الصغيرة، هي: منطقة الانتظار، أو مبنى الصيانة، أو محطة الوقود، أو أي منطقة أخرى ليس لها أي تأثير مباشر على العمليات اليومية. وتظل جميع المتطلبات الفنية والمعايير والإجراءات كما هي.

٨- المراقبة والتشغيل

٨-١ مراقبة المرادم

يتكون نظام المراقبة المقترح لمرادم النفايات المصنفة في الفئتين ١ و٢ من:

- نظام مراقبة الرشيح.
- نظام مراقبة المياه الجوفية.
- نظام مراقبة المياه السطحية.
- نظام مراقبة الغازات.
- نظام مراقبة مستوى الهبوط.

جزء من نظام المراقبة الشامل هو سلسلة من العناصر، التي لها دور مهم في تنظيم ومراقبة العمليات التشغيلية المختلفة في المردم. هذه العناصر هي:

- بيانات الأرصاد الجوية.
- حجم النفايات الواردة ومكونات النفايات.
- مراقبة كافة الأعمال المساندة وتسجيل كافة المشكلات التي تؤثر على التشغيل السليم للمرفق.

يجب الاحتفاظ بجميع البيانات التي تُجمَع من أنظمة المراقبة في الموقع، في سجلات منظمة بشكل مناسب. وتُعرض العناصر التي سيتم قياسها والمنهجية في الملحق ١.

٨-١-١ مراقبة الرشيح

يجب قياس حجم الرشيح (العصارة) الناتج بتركيب مقياس تدفق مناسب عند مخرج أنبوب النقل قبل تصريف الرشيح (العصارة) الناتج إلى وحدات، لتخزين مياه الرشيح.

ستُؤخَذ عينات الرشيح (العصارة) من وحدات تخزين الرشيح، بينما تؤخذ عينات الرشيح (العصارة) المعالجة من مرفق المعالجة، إذا كان ذلك ممكناً.

٨-١-٢ مراقبة المياه الجوفية

يخدم نظام مراقبة المياه الجوفية غرضين رئيسن، هما:

- إثبات أن المردم لا يسبب تدهوراً كبيراً في المياه الجوفية.
- تقييم خصائص وحجم ومدى تلوث المياه الجوفية في حالة تدهور مكونات المياه الجوفية.

علماً أن هناك نوعان من آبار مراقبة المياه الجوفية:

- آبار متدرجة نحو الأسفل.
- آبار متدرجة نحو الأعلى.

يعرض البئر المتدرج نحو الأعلى الحالة الموجودة مسبقاً للمياه الجوفية قبل أي تأثير لعملية ردم النفايات، ويجب تركيبها في موقع لا يتأثر بالإنشاءات أو العمليات خلال فترة تشغيل المردم. ويُستخدم كنقطة مرجعية، ويلزم وجود بئر واحد على الأقل.

تُوضع الآبار المتدرجة نحو الأسفل في أسفل المجرى، لاكتشاف أي مؤشر لتسرب الرشيح (العصارة) من الخلية، ويجب أن تتكون من بئرين على الأقل.

يجب جمع العينات في الفترة نفسها من الآبار المتدرجة نحو الأعلى والأسفل، لتوفير بيانات عن التغيرات الموسمية أو طويلة المدى الحاصلة في المياه الجوفية.

على الرغم من أن حالة المياه الجوفية قد تتغير بمرور الوقت بسبب التأثيرات الطبيعية أو تأثيرات أخرى (لا تتعلق بمردم النفايات)، فإنّ مراقبة الآبار المتدرجة نحو الأعلى والآبار المتدرجة نحو الأسفل، تُمكّن من تحديد التغييرات المتعلقة بالمردم لتجنب المزيد من التلوث.

يجب مراجعة نتائج جميع إختبارات العينات المجمعة من الآبار، وتحليلها، من خلال مختبر معتمد يمكنه تحديد ما إذا كانت هناك آثار سلبية محتملة على المياه الجوفية الأساسية، التي يمكن أن تشير إلى انهيار في طبقات التبطين بالمردم.

(ترد العناصر المراد قياسها وتكرار جمع العينات في الملحق ١).

٨-١-٣ مراقبة المياه السطحية

يتضمن نظام مراقبة المياه السطحية عمليات معاينة بصرية متكررة. وقد تشتمل الأدلة على تدهور حالة المياه السطحية علامات واضحة، مثل النباتات والحيوانات الميتة أو غير الصحية، وبرك أو تيارات الرشيح (العصارة) المرئية، ومستوى نقاوة غير طبيعي للمياه أو تغير لونها، والروائح غير العادية.

بصرف النظر عن عمليات الفحص البصرية، ينبغي فحص المياه السطحية كل ثلاثة أشهر أثناء مرحلة التشغيل، وكل ستة أشهر خلال مرحلة العناية اللاحقة. وخلال جولات جمع العينات، يجب إجراء القياسات الميدانية في مواقع ممثلة للمياه السطحية (إن وجدت)، وقياس العناصر، واستخدام المنهجية الموضحة في الملحق ١.

يتطلب وجود نقطتين لجمع العينات كحد أدنى (إن وجد). يجب أن تكون نقطة جمع العينات الأولى في أعلى نقطة من مكان تصريف مياه السيول والأمطار على كامل المحيط، بينما يجب أن تكون النقطة الثانية عند نقطة التصريف الأدنى. وبهذه الطريقة، سيُراقب تسرب/ تلوث الرشيح.

٨-١-٤ مراقبة الغازات

إن مراقبة الغازات هو إجراء يتضمن عنصرين رئيسن، هما:

- معرفة كميات الغازات الناتجة ومكوناتها.
- مراقبة الانتقال المُحتمل للغازات.

يمكن تحقيق الهدف الأول لمراقبة الغازات من خلال جهاز محمول لقياس الغازات الناتجة من مرادم النفايات (جهاز تحليل غازات المرادم). ويجب أن يكون هذا الجهاز مزوداً بمسابر غازات ومسجل بيانات (لتخزين البيانات وتحميلها على خادم أو كمبيوتر). وتُجرى القياسات في آبار الغازات في مردم النفايات، ويجب على الأقل أن تشمل الضغط ومحتوى الميثان ومحتوى ثاني أكسيد الكربون ومحتوى الأكسجين.

يمكن تسجيل كمية الغاز الناتج عن طريق الشعلة.

يتطلب انتقال غازات المردم إجراءات محددة تُوضع للتقييم. وتأتي الحاجة إلى مراقبة انتقال الغازات من قابليته للاشتعال والانفجار.

الغرض من مراقبة انتقال الغازات هو التأكد من أن الغاز لا ينتقل ويتراكم في الموقع أو خارج الموقع، في مستوى التركيز الذي يمكن أن يكون خطيراً على البشر والبيئة.

لفحص الإنتقال المُحتمل، حفر آبار مراقبة ذات عمق قليل (لا يتجاوز ٦,٠م) خارج محيط حوض خلية النفايات. ولا تتجاوز المسافة بين الآبار ٥٠ متراً.

٨-١-٤-١ التحكم في الغازات المتفجرة

يجب على مشغلي المردم في كافة وحدات فئات المرادم التأكد مما يلي:

- لا يتجاوز تركيز غاز الميثان الناتج عن المرفق ٢٥ % من الحد الأدنى للانفجار (LEL) للميثان في وحدات المرفق (باستثناء مكونات نظام التحكم في الغاز أو الاستخراج).
- لا يتجاوز تركيز غاز الميثان ١٠٠ % من الحد الأدنى للانفجار (LEL) للميثان عند حدود المرفق.

علماً أن الحد الأدنى للانفجار (LEL) للميثان هو ٥٪ (ميثان/ هواء).

٨-١-٥ مراقبة الهبوط

يجب مراقبة عدد مرات ومواقع الهبوط، باعتبارها معالم مهمة يمكن أن تؤثر بشكل مباشر على كافة جوانب خلية النفايات. وبالتالي، من الضروري الاحتفاظ بسجل لهذه الظاهرة، بما في ذلك كل البيانات المُجمَّعة.

يمكن قياس الهبوط بطريقتين:

- المقارنة بين المسوحات التي تُجرَى كل ثلاثة أشهر خلال السنة الأولى من الإغلاق، وكل ستة أشهر للسنتين التاليتين، ومرة واحدة في السنة للسنوات التالية حتى نهاية فترة العناية اللاحقة المحددة من قبل الجهات المختصة.
- تركيب لوحات والمراقبة كل ثلاثة أشهر خلال السنة الأولى من الإغلاق وكل ستة أشهر حتى نهاية فترة العناية اللاحقة.

يجب الاحتفاظ بسجل لجميع المسوحات المُنفّذة، بحيث يمكن مقارنتها وفقاً لجدول التنفيذ وتحديد الموقع أو المناطق التي حدث فيها الهبوط.

تُثبّت ألواح على سطح النفايات (في المناطق التي يُتوصَّل فيها إلى الارتفاع النهائي للنفايات). تشتمل هذه الألواح على لوح فولاذي (بسمك ٤,٠ مم) حيث يُلحم أنبوب فولاذي (قطره ٢ بوصة). وتُثبّت قاعدة ألواح على طبقة التسوية الخاصة بنظام التغطية، في موضعها بطبقة خرسانية (سمك ٠,٢٠ م). ويُستخدم الأنبوب الحديدي لقياس التغير في مستوى الارتفاع في حالة حدوث الهبوط.

من أجل مراقبة الهبوط بشكل أفضل، ينبغي وضع ألواح على سطح النفايات في المردم في شبكة تبلغ مساحتها حوالي ٥٠ متراً أو بكثافة ١ لكل ٣٠٠٠ متر مربع.

يُقاس الارتفاع الأولي للأنابيب وتسجيله ومقارنته بالارتفاع المسترجع من القياس التالي. ويجب إجراء القياسات كل شهر في بداية أعمال إعادة التأهيل وحتى اكتمالها، وكل ٣ أشهر في العام التالي وكل ٦ أشهر حتى انتهاء فترة العناية اللاحقة للمردم.

٨-٢ ضمان جودة الإنشاءات (CQA)

يوفر تطوير وتنفيذ خطة ضمان جودة الإنشاءات وسيلة إثبات للجهات ذات الصلة، بأن المردم أُنشئ لتلبية متطلبات التصميم. في حين أنه من مسؤولية مقاول الإنشاءات تنفيذ متطلبات خطة ضمان جودة الإنشاء، وينبغي تعيين مهندس ضمان الجودة مؤهل بشكل مناسب ومن طرف ثالث للإشراف على التنفيذ خلال فترة الإنشاء الكاملة.

يجب أن تكون خطة ضمان جودة الانشاءات قادرة على التحقق من:

- أن تكون كافة المواد المستخدمة مطابقة لمواصفات تصميم مردم النفايات.
- أن تكون كل طرق الإنشاءات/ التركيبات متوافقة مع المتطلبات.
- أنّه تُلبَّى متطلبات التصميم لكافة الوحدات والمعدات والعمليات التشغيلية.

علاوة على ذلك، يجب أن تحتوي خطة ضمان جودة الإنشاءات . على الأقل ما يلي:

- مواصفات ومعايير المواد/ الإنشاءات.
- طرق الاختبار والتكرارية والمعايير.
- اتخاذ الإجراءات التصحيحية عند الضرورة.
- التوثيق المناسب لجميع الإجراءات المنفذة.
- خطة الطوارئ.
- جميع عناصر نظام التبطين لقاعدة المردم.
- جميع عناصر نظام التغطية.
- جميع عناصر نظام تصريف المياه السطحية.
- جميع عناصر نظام إدارة الرشيح.
- جميع عناصر نظام إدارة الغازات.
- جميع عناصر نظام المراقبة البيئية.
- جميع مكونات البنية التحتية والمعدات.

يجب أن تُعدّ خطة ضمان جودة الإنشاءات وجميع الاختبارات والتقارير تحت إدارة مهندس أو شركة مؤهلة بشكل مناسب، وتكون مستقلة عن مقاول/ مشغّل المردم.

يجب عند الانتهاء، إعداد تقرير المصادقة وتقديمه إلى الجهة المختصة، وأن يتضمن ما يلي:

- إثبات الامتثال لمتطلبات ضمان جودة الإنشاءات طوال فترة الإنشاءات.
- تقديم المبررات لأي انحرافات أو اختلافات عن الخطة الرئيسة المعتمدة.
- نتائج كل الاختبارات، وتتضمن سجلات الاختبارات الفاشلة مصحوبة بشرح مكتوب، وتفاصيل الإجراءات العلاجية المتخذة، والمشار إليها في الاختبار الثانوي النسبي.
- مخططات مواقع تنفيذ كل الاختبارات.
- المخططات والرسومات النهائية "As-buit" ورسومات مقطعية للأعمال.
- نسخ من السجلات اليومية لمهندس الموقع.
- سجلات للمشكلات أو حالات عدم الامتثال والحلول المنفذة.
- أيّة معلومات أخرى خاصة بالموقع تعتبر ذات صلة لإثبات سلامة الإنشاءات.

يجب إجراء الفحوصات المخبرية الخاصة بضمان جودة الإنشاءات وفقاً للمعايير الوطنية أو الدولية ذات الصلة، مثل: الجمعية الأمريكية لاختبار المواد (ASTM) أو الايزو (ISO). ويوصى .كحد أدنى . بتصنيع واختبار وتركيب المواد الجيو-صناعية وفقا لأحدث إصدار من المواصفات ذات الصلة لمعهد أبحاث المواد الجيو-صناعية (جيوسنثيتكس) إضافة إلى إرشادات الشركة المصنعة لكل منتَّج مستخدم. ويجب أن تضمين استخدام هذه المعايير وأي تعديلات خاصة بالمشروع، في التصميم والمواصفات، وخطة ضمان جودة الانشاءات المعدّة من قبل مهندس مؤهل بشكل مناسب.

٨-٣ خطة العمل

يجب تطوير خطة عمل خاصة بالموقع وفقاً لمتطلبات رخصة مردم النفايات وإرسالها إلى المركز للمراجعة والموافقة قبل بدء العمليات في الموقع.

تشمل خطة العمل جميع الإجراءات المكتوبة التي ستُطبق، للتحكم في جميع جوانب الأعمال والعمليات في الموقع.

وتُوضَّح الجوانب التي يجب مراعاتها وتضمينها في خطة العمل في الأقسام التالية.

٨-٤ المتطلبات العامة لخطة الردم

تُعدّ معرفة كمية ونوع وخصائص النفايات الواردة والمستقبلة في المردم أمراً حيوياً لتصميمه وبنائه وتشغيله.

إنّ العنصر الأساسي المطلوب لبناء وتشغيل مردم النفايات هو خطة تتابع عمليات الردم. تُطوَّر خطة تتابع عمليات الردم وفقاً للتوقعات بشأن تطور أعمال ردم خلايا النفايات بمرور الوقت، الذي يرتبط لاحقاً بأساليب أعمال الردم المختارة. وخطة الردم هي الطريقة التي ستُردَم بها النفايات في المردم بشكل تدريجي.

يُنصح بما يتعلق بالمتطلبات العامة لخطة الردم، النظر في التعريفات التالية:

- الخلية اليومية: الوحدة الأساسية للمردم. وقد تختلف أبعاد الخلية اليومية من يوم لآخر. إنّ الهدف الرئيسي هو بناء خلية يمكنها التعامل مع حجم النفايات الصلبة في اليوم، التي تتطلب الحد الأدنى من تربة التغطية اليومية.
- طبقة الردم: عدد من الخلايا المتلاصقة ذات الارتفاع الموحد، تشكل طبقة الردم. وتكون هذه الطبقة هي مستوى الأرض حيث تتم حركة الشاحنات.
- الخلية: منطقة محددة تُنشأ فيها طبقة الردم وفقاً لخطة تتابع أعمال الردم.

المبادئ الرئيسة لخطة الردم:

- إنشاء طبقة الردم المضغوطة والمغطاة جيداً بمنحدرات لا تزيد عن ١ (عمودياً): ٣ (أفقياً) وتدرج سطحي علوي بنسبة ٥,٠٪ كحد أدنى.
- إنشاء منطقة عمل صغيرة نشطة يجب ألا يتجاوز إنحدارها عن ١ (عمودياً): ٣ (أفقياً) بهدف تجنب التعطل أو التآكل.
- التقليل من تدفق مياه الأمطار إلى الخلية النشطة مما يؤدي إلى انخفاض إنتاج مياه الرشيح.
- توفير إمكانية الوصول السهل والآمن إلى شاحنات النفايات في جميع مراحل تطوير الخلية.
- إنشاء مناطق عمل احتياطية لاستخدامها في حالات الطوارئ.
- يجب ألا تمر مياه الأمطار فوق منطقة التشغيل، ولكن يجب أن تنتقل على محيط المنطقة إلى خارج منطقة التخزين.

٨-٤-١ الترسيب الأولي

يُعد ترسب الطبقة الأولى من النفايات أحد أكثر الإجراءات حساسية في تشغيل خلية النفايات، لأنها نقطة حرجة حيث قد تحدث حالات فشل في كثير من الأحيان.

تنشأ مخاطرعند ترسيب الطبقة الأولى، منها:

- الأضرار التي قد تلحق بنظام البطانة لقاعدة المردم.
- الأضرار التي قد تلحق بشبكة تجميع الرشيح.

يجب لتجنب المخاطر المذكورة أعلاه، وضع الطبقة الأولى من النفايات بالطريقة التالية:

- يُنشأ منحدر مدخل المركبات في الحوض من الأعلى إلى الأسفل، حيث تعتمد الآليات التي تشكله دائماً على مواد التربة المضغوطة للمنحدر وليس أسفل الخلية.
- في نهاية منحدر المدخل، يجب إنشاء منصة مناورة مؤقتة لشاحنات النفايات.
- يجب وضع الطبقة الأولية من النفايات بعناية وفردها من المنصة. وتتكون هذه الطبقة الأولية من أنواع النفايات الصغيرة. كما يجب أن تستبعد على وجه التحديد أي مواد كبيرة الحجم أو حادة، قد تُلحق الضرر بنظام التبطين.
- يجب ملء الطبقة الأولى من النفايات بكميات كبيرة ولا ينبغي ضغطها.
- الغرض من ذلك هو إنشاء طبقة يمكن أن تتبعها عمليات التخلّص، دون الإضرار بطبقة التصريف وأنظمة التبطين الأساسية. ستُغطّى المنطقة التي سيتم وضعها في كل مرة بهذه الطريقة بمادة للتغطية. سيكون سمك الطبقة لإنشاء سطح واحد في حدود ٠,٨٠ متر - ١,٠ متر، و
- تستمر هذه العملية حتى يُغطى سطح حوض الخلية بالكامل بالنفايات الصغيرة.

٨-٤-٢ الترسيب العام

يجب على مشغل المردم أن يراعي اتجاه الرياح السائد، وسرعتها، عند التخطيط لاتجاه أعمال الردم وتتابعه، لأن ذلك يساعد في التخفيف من الإزعاج الناجم عن الرائحة، والغبار، والمبعثرات، والضوضاء. كما يُعدّ التدرج بدقة أمراً بالغ الأهمية في تقليل الانبعاثات الهوائية.

يجب أثناء عمليات الردم في خلية النفايات، إنشاء طريق مؤقت من منحدر مدخل الخلية إلى منطقة التشغيل. ويمكن إنشاء الطبقات الأساسية للطريق المؤقت للخلية من نفايات مضغوطة جيداً، دون احتواء أي جوانب حادة وتغطية ما لا يقل عن ٠,٤٠ متر من التربة المضغوطة.

يجب داخل خلية المردم، أن يبدأ التخلّص من النفايات وردمها عكس الاتجاه ومع الاتجاه. وسيبدأ تطوير خطة الردم في خلايا يومية بسمك ٢,٥ - ٣,٠ متر لكل منها، من أدنى نقطة في المساحة المتاحة. وتقترب شاحنات النفايات، عبر الطريق المؤقت، من منطقة التشغيل، حيث تترسب النفايات. وتُنشأ الطرق المؤقتة داخل الخلية على حاجز ترابي بارتفاع ٠,٥٠ متر ويتم صيانتها بانتظام، بحيث يكون مرور المركبات عبر هذا المسار آمناً.

يجب التخلّص من النفايات في أقرب مكان ممكن من منطقة التشغيل. وعند التفريغ، ستدفع الآلية (الجرار) النفايات نحو المنحدر، مع الاتجاه. وسيكون السطح الذي أُنشِئ هو المستوى الجديد الذي تُفرّغ فيه النفايات الواردة، من أجل اتباع الإجراء عينه مرة أخرى.

٨-٤-٣ التغطية اليومية والنهائية

يساعد الغطاء اليومي في منع تعرض النفايات للرياح، ومنع النباشين والطيور والحشرات، وتحسين المشهد البصري للموقع. وينبغي تغطية النفايات بشكل يومي باستثناء منحدر منطقة التشغيل الذي يُغَطَّى في نهاية كل أسبوع. ستُنقَل كمية التربة المطلوبة للغطاء المؤقت من منطقة التخزين، مع توفر مادة كافية لإنشاء طبقة تغطية بسمك ٠,١٥ - ٠,٢٠ متر.

يجب على مشغل المردم تحديد النفايات التي لها خصائص تتطلب طريقة معينة للتعامل معها في الموقع، التي لا تشكل جزءاً من الإجراءات اليومية.

من الأمثلة النموذجية ما يلي:

- مواد جسيمية دقيقة.
- حاويات فارغة.
- نفايات كبيرة الحجم.
- الحمأة.

- مواد خفيفة جداً، على سبيل المثال البوليسترين الموسّع.
- نفايات كريهة الرائحة.

يجب مراعاة المعالجة المسبقة لهذه الأنواع من النفايات للحدّ من صعوبات المناولة.

عندما تصل الخلية إلى الارتفاع النهائي وفقاً للتصميم، ستُنشَأ طبقة التسوية النهائية (الرجاء مراجعة القسم ٧,٥,١,١). بالنسبة للأسطح العلوية لمستوى النفايات النهائي، يجب أن يكون التدرج بحد أدنى ٥,٠٪ للسماح بتصريف مناسب لمياه الأمطار.

يجب تغطية الأسطح العلوية والجانبية لخلية مكتملة . التي لا يجب تغطيتها بخلية أخرى . بطبقة لا تقل عن ٠,٥٠ متر من التربة المضغوطة. ويكون هذا الغطاء المتوسط سميكاً بما يكفي ليمنع تعرية الغطاء بفعل الرياح والمياه وحركة المرور.

تعتبر نسبة الضغط النهائية بين ٠,٨٠ - ١,٢٠ طن/ م٣، مثالية لبدء عملية التحلل البيولوجي وضمان الثبات المناسب والقدرة داخل خلية المردم.

٨-٥ قبول النفايات

يجب تطبيق معايير قبول النفايات (WAC) التي يجب أن تستوفيها النفايات المستقبلة حتى يتم الموافقة على التخلّص منها في كل مردم نفايات مصنّف بحسب المتطلبات والضوابط الفنية الخاصة بردم النفايات، والصادرة عن المركز الوطني لإدارة النفايات (MWAN) ووفقاً لاشتراطات وأحكام الترخيص أو التصريح.

٨-٦ الشاحنات أو الحمولات غير المقبولة

يجب التعامل مع كل الشاحنات التي لا تستوفي معايير قبول النفايات وفقاً للمتطلبات المحددة في الضوابط والأدلة الفنية.

يجب الاحتفاظ بالتفاصيل ونتائج الاختبارات لجميع النفايات داخل منطقة حجر الحمولات غير المقبولة.

كحد أدنى من المتطلبات، يجب الاحتفاظ بالسجلات التالية لكل حمولة:

- تاريخ الوصول.
- تفاصيل مصدر النفايات والمنشأة/ شاحنة النفايات التي تنقل النفايات إلى الموقع.
- نوع النفايات.
- الكمية المنقولة.

يجب أن تكون جميع الملصقات مرنة بما يكفي لتبقى ملتصقة ومقروءة طوال فترة التخزين في منطقة الحجر.

يجب إجراء تفتيش يومي لحالة الحاويات وألواح التحميل، والاحتفاظ بسجلات مكتوبة لعمليات التفتيش. ويجب إذا عُثرعلى حاوية تالفة أو متدهورة أو في حال تسرب السوائل من الحاوية، احتواؤها على الفور، أو نقل المحتويات إلى حاوية أخرى أو معالجتها.

يجب تسجيل جميع تسربات النفايات الخطرة. ويجب عندما تكون التسربات أكثر من ٢٠٠ لتر، إبلاغ المركز الوطني لإدارة النفايات (MWAN) فوراً.

يجب تخزين الحاويات بطريقة تمنع التسرّبات والانسكابات من التصريف خارج منطقة الحجر.

٨-٧ التشغيل والصيانة

يجب كحد أدنى، استخدام أنظمة تشغيل وصيانة فعّالة في كافة الجوانب في الموقع، حتى لا يؤثر أيّ فشل أو تعطل على البيئة أو صحة الإنسان.

يجب أن تشمل أنظمة التشغيل والصيانة ما يلي:

- إجراءات موثّقة للتحكم في العمليات التشغيلية، التي قد يكون لها تأثير سلبي على البيئة وصحة الإنسان.
- إجراء محدد لتحديد ومراجعة وترتيب أولويات عناصر المحطة التي يكون نظام الصيانة الوقائية مناسباً لها.
- إجراءات موثّقة لمراقبة الانبعاثات.
- برنامج الصيانة الوقائية الذي يغطي كل مكونات البنية التحتية للموقع والمرافق، وقد يؤدي تعطلها إلى تأثيرات خطرة على البيئة. يجب أن يشتمل نظام الصيانة على مراجعة الأداء مقابل المتطلبات الواردة أعلاه وتقديم تقرير بنتيجة المراجعات إلى الإدارة العليا.

يجب الاحتفاظ بسجلات التدقيق والتفتيش لمدة لا تقل عن ٥ سنوات وتقديمها إلى السلطة المختصة أو من يمثلها.

٨-٨ الكفاءة والتدريب

يجب توفير التدريبات التالية لجميع الموظفين في المردم:

- الصحة والسلامة والمسؤوليات الفردية التي يجب على جميع الموظفين الحفاظ عليها.
- فهم التأثيرات البيئية التي يمكن أن تحدثها مهام الموظفين، وتوفير التعليمات للمساعدة في التخفيف من أي آثار سلبية.

٨-٩ خطط الطوارئ

يجب أن يُعِد مشغّل المردم خطة الطوارئ، وتُراجَع مرة واحدة على الأقل كل ثلاث سنوات، أو في حالة وقوع حادث. ويجب أن تتضمن وتحدد:

- إحتمالية وقوع الحوادث ونتائجها.
- إجراءات لمنع الحوادث.

يجب أن تحقق خطة الطوارئ ما يلي:

- تحديد احتمالية وقوع حوادث أو مخاطر في الموقع.
- تقييم المخاطر.
- تحديد تدابير إدارة/ تخفيف المخاطر الضرورية.
- تحديد أي تدابير لإدارة المخاطر تُستَخدم في المردم.
- تضمين إجراءات الطوارئ التي يجب اتخاذها في حالة وقوع حادث للتخفيف من النتائج السلبية.
- تحديد إجراءات التعامل مع المخاطر المحتملة الناتجة عن أي نفايات خطرة مستقبلة في المردم.

قد تشمل العناصر المحددة للحوادث التي يجب مراعاتها في مردم النفايات . على سبيل المثال . ما يلي:

- الإنتقال العشوائي لغازات المرادم.
- الحرائق.
- الإنفجار.
- انسكاب النفايات.
- فشل في نظام تبطين قاعدة المردم أو بطانات الجدران الجانبية.
- تلامس النفايات غير المتوافقة.

- تصريف الرشيح (العصارة) إلى منطقة غير محتواة.
- التعبئة المفرطة لمرفق تخزين الرشيح (العصارة) فوق طاقته الاستيعابية.
- تصريف الرشيح (العصارة) المعالجة قبل الفحص المناسب لمكوناتها.
- تعطّل مضخات جمع الرشيح.
- حادث مروري.
- فشل تصريف المياه السطحية بما يؤدي إلى حدوث فيضانات.

٩- حفظ السجلات وإعداد التقارير

يجب على مشغل المردم تقديم تقرير إلى المركز الوطني لإدارة النفايات (MWAN) على النحو التالي:

أ- تُسجَّل بيانات المراقبة بصورة شهرية، لإثبات الالتزام بأحكام واشتراطات الترخيص.

ب- خلال ١٢ ساعة كحد أقصى من اكتشاف أي آثار بيئية ضارة من خلال برنامج التحكم والمراقبة، يجب إبلاغ المركز الوطني لإدارة النفايات (MWAN) واتباع تعليماته بشأن طبيعة وتوقيت الإجراءات التصحيحية الواجب اتخاذها.

يجب على مشغّل المردم إخطار الجهة المختصة لحماية البيئة على الفور بالتأثيرات الضارة على البيئة، والامتثال لقرار الجهة المختصة لحماية البيئة بشأن التدابير العلاجية المفروضة في فترة ما بعد الإغلاق.

٩-١ حجم النفايات الواردة ومكوناتها وطبقات التغطية

يجب على مشغل المردم الاحتفاظ بسجلات البيانات التي تُجمَع أثناء فحص ووزن شاحنات النفايات المستقبلة عند مدخل الموقع. ويجب أن يتضمن السجل النوع والكمية (بالطن) للنفايات المستقبلة، ويجب تقديمه إلى الجهة المختصة بصورة دورية تُحدَّد ووفق الصيغة المعتمدة. وأن يكون متاحاً بشكل دائم للتفتيش المفاجئ.

يجب أن تتضمن هذه البيانات:

- مصدر النفايات.
- نوع النفايات.
- وزن النفايات.
- عنوان مالك المركبة والاسم الكامل ورقم هاتف المسؤول.
- عنوان مُنتج النفايات والاسم الكامل ورقم هاتف المسؤول.

تُسجّل في كل عملية تفتيشية البيانات التالية:

- تاريخ التفتيش وتوقيته.
- مصدر النفايات المستقبلة.
- بيانات المركبة والسائق.
- ملاحظات وتعليقات المفتش.

تُوفر عمليات التفتيش المذكورة أعلاه، بيانات عن مكونات النفايات المُستقبَلة وتفاوتها أثناء العام ووفقاً لمصدرها.

ويجب أثناء دخول مركبات النفايات، تسجيل حجم ومصدر مواد التغطية الورادة يومياً.

٩-٢ سجلات الأحداث الهامة

يجب تسجيل الأحداث الهامة التالية في الموقع:

- بداية ونهاية أي أعمال إنشائية وهندسية تتم في الموقع.
- بداية ونهاية أي عمليات تعامل مع النفايات تتم في الموقع.
- صيانة الآليات والمعدات.
- الأعطال.
- حالات الطوارئ.
- مشكلات في النفايات المقبولة والإجراءات المتخذة.
- عمليات تفتيش الموقع.
- السجلات المقدّمة إلى الجهة المختصة.
- حالات الظروف المناخية القاسية أو الكوارث.
- الشكاوى.
- حوادث الآفات أو الحشرات.

يجب على مدير الموقع أو الشخص المرشّح، الاحتفاظ بسجل يومي للبيانات المذكورة أعلاه. ويكون في الموقع دائماً، ومتاحاً لمفتشي المركز والجهات المختصة في جميع الأوقات.

٩-٣ أرشفة السجلات

يجب الاحتفاظ بنسخ من كل لسجلات المتعلقة بحركات النفايات في الموقع، من قِبل مدير الموقع لمدة ثلاث سنوات على الأقل، قبل أرشفتها. ويجب الاحتفاظ بأرشيف السجلات لمدة اثني عاماً بعد إغلاق الموقع.

١٠- الإغلاق والعناية اللاحقة

١٠-١ خطة الإغلاق

يجب على مشغّل المردم إعداد خطة الاغلاق وتحديثها والمحافظة عليها، على أن تتضمن كحد أدنى ما يلي:

- التأكيد على نظام التغطية بما في ذلك خصائص الأداء.
- معلومات مفصّلة عن أنظمة تجميع الرشيح (العصارة) والغازات وأدائها خلال عمليات الردم. يجب إدراج المسائل التي تتعلق بتاريخ الانتهاء المقترح للتحكم في الرشيح (العصارة) والغازات.
- خطة مراقبة للموقع خاصة بجودة الرشيح (العصارة) (والمياه الجوفية الكامنة) وإنتاج الغازات لتحديد موعد إغلاق الموقع (عندما يتوقف إنتاج الرشيح (العصارة) بشكل كبير، وعندما تشير مستويات مراقبة غازات المردم إلى تركيزات منخفضة من الميثان وثاني أكسيد الكربون على مدار عامين).
- إزالة خطوط الأنابيب والوحدات عند الاقتضاء والإفراغ الكامل لأي محتويات قد تكون ضارة.
- مخططات الأنابيب والوحدات تحت الأرضية.
- أساليب ووسائل والموارد اللازمة لتطهير وحدات تخزين الرشيح (العصارة) (إن وجدت).
- طرق تفكيك المباني والمنشآت الأخرى.
- اختبارات التربة لتحديد وجود أي تلوث ناتج عن العمليات المنفّذة، ودرجة التلوث، والحاجة إلى أي تدابير علاجية لإعادة الموقع إلى حالة مرضية على النحو المحدد في التقرير الأولي للموقع.

كما يتعين، عند إعداد خطة الإغلاق، مراعاة المادتين ١٧١ و١٧٢ من اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات.

يجب مراجعة خطة الإغلاق مرة واحدة على الأقل كل ثلاث سنوات. قد تتضمن الأسباب الأخرى لمراجعة خطة الإغلاق أي تغييرات مقترحة لتنفيذ المراحل في مرادم النفايات. يجب تحديث الخطة باستمرار ويجب أن تتضمن جميع التغييرات التي تحدث.

١٠-٢ مراقبة العناية اللاحقة

تلعب المراقبة دوراً مهماً في تحديد الأداء العام لمردم النفايات مقابل أي افتراضات أولية يتم إجراؤها، ويجب أن تأخذ المراجعات السنوية في الاعتبار التقدم المحرز.

يجب أن يقوم مشغل المردم بمراقبة ما بعد الإغلاق لفترة تحددها الجهة المختصة (٣٠ سنة على الأقل). ويمكن تمديد هذه الفترة إذا تبين خلال برنامج المراقبة أن المردم غير مستقر، وقد يشكل أي مخاطر على البيئة وصحة الإنسان.

تُقارَن القيم التي يتمّ قياسها/ التي تم ملاحظتها لكل عامل بيئي، مع تلك المنصوص عليها في الأنظمة والتشريعات واللوائح السارية ذات الصلة.

ويجب على مشغل المردم مراقبة ما يلي:

- نوعية وحجم (كمية) إنتاج الرشيح (العصارة) (أثناء وبعد الإغلاق).
- تأثير الرشيح (العصارة) الناتجة على نوعية المياه الجوفية الأساسية، مع مراعاة المعايير الموضحة في الملحق ١.
- تولّد وتدفق وتركيز الغازات.
- مكونات الغازات.
- إحتمالية تولد الرشيح (العصارة) أو الغازات في المستقبل.
- ثبات كتلة النفايات وطبقة التغطية والبنى التحتية.

- وجود إشكاليات ومخاوف محددة يمكن أن تشكل خطراً في المستقبل.

يلتزم مشغّل المردم بالإبلاغ عن نتائج نشاط مراقبة العناية اللاحقة إلى الجهة المختصة، بناءً على طلبها.

الملاحق

١- عناصر المراقبة البيئية

إن المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي (NCEC)، في وقت كتابة هذا التقرير، هو الجهة المختصة بالرقابة البيئية. ويتعين تطبيق كافة الاشتراطات والمعايير التي يحددها المركز، الخاصة بمرادم النفايات، وذلك للأغراض الرقابية، بما يشمل ما تحدده إجراءات إصدار التصاريح البيئية.

الغرض من هذا الملحق لا يتعدى توفير التوجيه، في حال لم تكن الجوانب المذكورة أدناه مبينة في معايير المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي أو اشتراطات التصريح.

الحد الأدنى من الإجراءات الرقابية الواجب مراعاتها خلال الفحص البيئي، هي:

- قبول النفايات والتخلّص منها وفقاً للمعايير المحددة لفئة المردم.
- استمرارية العمليات التشغيلية داخل المردم وفق المطلوب والمتوقع.
- عمل أنظمة حماية البيئة بشكل كامل على النحو المنشود.
- استنيفاء شروط وأحكام الترخيص/ التصريح الخاصة بمردم النفايات.

عناصر مراقبة الظروف المناخية

يصبح من الضروري تسجيل العناصر الرئيسية للظروف المناخية في إطار نظام المراقبة البيئية، مثل هطول الأمطار ودرجة الحرارة، والرياح، والتبخر، والرطوبة، سواء أثناء مرحلة التشغيل وبعد الإغلاق.

عناصر بيانات الظروف المناخية

	مرحلة التشغيل	مرحلة العناية اللاحقة
كميات هطول الأمطار.	يومياً	يومياً، تضاف إلى القيم الشهرية.
درجة الحرارة (الحد الأدنى، الحد الأقصى).	يومياً	المتوسط الشهري.
اتجاه الرياح السائدة وقوتها.	يومياً	غير مطلوب.
التبخر (جهاز قياس التبخر) * .	يومياً	يومياً، تضاف إلى القيم الشهرية.
نسبة الرطوبة.	يومياً	المتوسط الشهري.

(*) أو من خلال طرق أخرى مناسبة.

عوامل مراقبة الرشيح (العصارة) والمياه السطحية والغازات

يجب جمع عينات الرشيح (العصارة) والمياه السطحية إن وجدت . في نقاط ممثلة. ويجب جمع العينات والقياسات (الحجم والمكونات) الرشيح (العصارة) بشكل منفصل عند كل نقطة تُصرَف فيها الرشيح (العصارة) من الموقع.

يجب إجراء مراقبة المياه السطحية في حالة وجودها فيما لا يقل عن نقطتين، إحداهما عكس اتجاه مردم النفايات والأخرى في مع اتجاه المردم.

يجب أن تكون مراقبة الغازات ممثلة لكل قسم في مردم النفايات. يحدد الجدول التالي وتيرة جمع العينات والإختبارات المطلوبة. بالنسبة لمياه الرشيح (العصارة) والمياه السطحية، تُؤخَذ عينة ممثلة للمكونات لمراقبتها.

	مرحلة التشغيل	مرحلة العناية اللاحقة
كميات الرشيح	شهرياً [3] [1]	كل ستة أشهر
مكونات الرشيح (العصارة)(2)	فصلية [3]	كل ستة أشهر
كميات ومكونات المياه السطحية (7)	فصلية[3]	كل ستة أشهر
١ انبعاثات الغازات المحتملة والضغط الجوي (4)(ميثان، ثاني أكسيد الكربون، الأكسيجين، كبريتيد الهيدروجين، الهيدروجين، إلخ).	شهرياً[5] [1]	كل ستة أشهر

(١) يمكن تعديل معدلات وتيرة جمع العينات بناءً على شكل نفايات مرادم النفايات (مكومة، مطمورة، إلخ). ويُحدد ذلك في التصريح.

(٢) تختلف المعايير التي يجب قياسها، والمواد المراد تحليلها، وفقاً لمكونات النفايات التي يتم التخلّص منها، ويجب وضعها في وثيقة التصريح وتعكس خصائص الترشيح للنفايات.

(٣) إذا كان تقييم البيانات يشير إلى أن الفترات الأطول قد تكون فعّالة بنفس القدر، فيمكن تعديلها وتطبيق فترات أطول. ويجب دائماً بالنسبة للرشيح، قياس قابلية التوصيل مرة واحدة على الأقل في السنة.

(٤) ترتبط هذه القياسات بشكل أساسي بمحتوى المواد العضوية في النفايات.

(٥) يُقاس الميثان، ثاني أكسيد الكربون، الأكسيجين بانتظام، أما بشأن الغازات الأخرى فبحسب الحاجة، وفقاً لمكونات النفايات التي يتم التخلص منها؛ بهدف التعرف على خصائص الترشيح.

(٦) يجب فحص كفاءة نظام استخراج الغازات بانتظام.

(٧) يجوز للجهة المختصة على أساس خصائص موقع المردم، أن تحدد أن هذه القياسات ليست مطلوبة وأن عليها تقديم تقرير وفقاً لذلك.

تُطبَّق متطلبات كميات الرشيح (العصارة) ومكوناتها فقط في الأماكن التي يُجمَّع فيها الرشيح.

عناصر مراقبة المياه الجوفية

أ- جمع العينات

يجب تنفيذ القياسات لتوفير بيانات عن المياه الجوفية التي يُحتمل تأثُّرها بالتخلص من النفايات، مع وجود نقطة قياس واحدة على الأقل في منطقة تدفق المياه الجوفية واثنتين في منطقة التدفق الخارجي. ويمكن زيادة هذا العدد بناءً على مسح هيدروجيولوجي محدد، والحاجة إلى تحديد مبكر لتسرب الرشيح (العصارة) بشكل عرضي أو طاريء في المياه الجوفية.

يجب أن تجمع العينات في ثلاثة مواقع على الأقل قبل عمليات الردم، لتحديد القيم المرجعية لجمع العينات مستقبلاً.

ب- المراقبة

يجب تحديد العناصر التي ستُحلَّل في العينات المأخوذة بناء على المكونات المتوقعة للرشيح (العصارة) ونوعية المياه الجوفية في المنطقة. عند اختيار العناصر للتحليل يجب مراعاة الانتقال في منطقة المياه الجوفية.

قد تتضمن العناصر مؤشرات لضمان التعرف المبكر على التغير في جودة المياه. العناصر الموصى بها: الأس الهيدروجيني، الكربون العضوي الكلي، الفينولات، المعادن الثقيلة، الفلورايد، الزرنيخ، الزيت/ الهيدروكربونات.

	مرحلة التشغيل	مرحلة العناية اللاحقة
مستوى المياه الجوفية.	كل ستة أشهر (١)	كل ستة أشهر (١)
خصائص المياه الجوفية.	تردد خاص بالموقع (٢) (٣)	تردد خاص بالموقع (٢) (٣)
(١) إذا كان هناك تغيرات كبيرة في مستويات المياه الجوفية، فيجب زيادة تكرارية القياس. (٢) يجب أن تعتمد التكرارية على إمكانية تنفيذ الإجراءات العلاجية بين عينتين إذا تم الوصول إلى مستوى الخطر، أي يجب تحديد التكرارية بناءً على المعرفة وتقييم سرعة تدفق المياه الجوفية. (٣) عند الوصول إلى مستوى الخطر (الرجاء النظر إلى "ج")، يكون التحقق ضرورياً عن طريق وتيرة جمع العينات. عند تأكيد المستوى، يجب اتباع خطة طوارئ (منصوص عليها في التصريح).		

ج. مستوى الخطر

تحدُث تأثيرات بيئية ضارة كبيرة في حالة المياه الجوفية، عندما يُظهر تحليل عينة من المياه الجوفية تغيراً كبيراً في جودة المياه. يجب تحديد مستوى الخطر مع الأخذ في الاعتبار التكوينات الهيدروجيولوجية المحددة في موقع مردم النفايات ونوعية المياه الجوفية. ويجب تحديد مستوى الخطر في التصريح كلما أمكن ذلك.

يجب تقييم الملاحظات عن طريق مخططات التحكم مع قواعد ومستويات التحكم المعمول بها لكل بئر متدرج. ويجب تحديد مستويات التحكم من الاختلافات المحليّة في جودة المياه الجوفية.

القائمة الأولى لمجموعات المواد

تحتوي القائمة الأولى على المواد الفردية التي تنتمي إلى مجموعات المواد المذكورة أدناه، باستثناء تلك التي تعتبر غير مناسبة للقائمة الأولى على أساس انخفاض مخاطر السمية والثبات والتراكم الأحيائي. ويجب تصنيف المواد التي تناسب القائمة الثانية من حيث السُّمية والثبات والتراكم الأحيائي في القائمة الثانية.

١- مركب الهالوجين العضوي والمواد التي قد تشكل مثل هذه المركبات في البيئة المائية.
٢- مركب الفوسفور العضوي.
٣- مركب القصدير العضوي.
٤- المواد التي لها خصائص مسرطنة أو مطفرة أو ماسخة في البيئة المائية أو عن طريقها. عندما تكون بعض المواد المدرجة في القائمة الثانية أدناه مسببة للسرطان أو مطفرة أو ماسخة، فإنها مدرجة في الفئة ٤ من هذه القائمة.
٥- الزئبق ومركباته.
٦- الكادميوم ومركباته.
٧- الزيوت المعدنية والمحروقات.
٨- السيانيد.

القائمة الثانية لمجموعات المواد

تحتوي القائمة الثانية على المواد الفردية، وفئات المواد التي تنتمي إلى مجموعات المواد المدرجة أدناه، التي يمكن أن يكون لها تأثير ضار على المياه الجوفية.

١ - أشباه الفلزات والمعادن التالية ومركباتها:

الزنك	السيلينيوم	القصدير	الفاناديوم
النحاس	الزرنيخ	الباريوم	كوبالت
النيكل	الأنتيمون	البريليوم	الثاليوم
الكروم	الموليبدينوم	البورون	التيلوريوم
الرصاص	التيتانيوم	اليورانيوم	

٢- المبيدات الحيوية ومشتقاتها غير واردة في القائمة الأولى.

٣- المواد التي لها تأثير ضار على طعم و/ أو رائحة المياه الجوفية، والمركبات التي من شأنها أن تسبب تكوين مثل هذه المواد في هذه المياه، وتجعلها غير صالحة للاستهلاك البشري.

٤- المركبات العضوية السامة أو الثابتة للسيليكون، والمواد التي قد تسبب تكوّن مثل هذه المركبات في الماء باستثناء تلك غير الضارة بيولوجيا، أو التي تتحول بسرعة في الماء إلى مواد غير ضارة.

٥- المركبات غير العضوية من الفوسفور والفوسفور العنصري.

٦- الفلوريدات.

٧- الأمونيا والنتريت.

عناصر مراقبة الهبوط

	مرحلة التشغيل	مرحلة العناية اللاحقة
هيكل وحدات ومكونات كتلة المردم(1)	سنوياً	-
استقرار مستوى كتلة المردم	سنوياً	قراءة سنوية
(١) البيانات لخطة الحالة للمردم: السطح الممتلئ بالنفايات، كميات ومكونات النفايات، طرق التخلص النهائي، وقت ومدة الردم، حساب السعة المتبقية المتاحة في المردم.		

الخلاصة

١- عناصر مراقبة الرشيح (العصارة) وجمع العينات:

يوضح الجدول التالي العناصر المراد قياسها، ووتيرة جمع العينات:

العناصر	التكرارية	
	مرحلة التشغيل	مرحلة العناية اللاحقة
كميات الرشيح	شهريا	كل ستة شهور
مكونات الرشيح	كل ثلاثة أشهر	كل ستة شهور
مكونات الرشيح (العصارة) المعالجة	شهريا	شهريا

عناصر التحليل للعينات المجمعة هي:

الأس الهيدروجيني	الأمونيوم (NH4-N)	الفينولات
التوصيل	نيتروجين عضوي	فوسفات
الروائح	الكلور	إجمالي المواد الصلبة (TS)
درجة الحرارة	الزنك	المواد الصلبة المتطايرة (VS)
الطلب على الأكسجين الكيميائي الحيوي	الزرنيخ	المواد الصلبة العالقة (SS)
الطلب على الأكسجين الكيميائي	الكادميوم	المواد الصلبة الذائبة (DS)
الكربون العضوي الكلي	النحاس	
الكبريتات	النيكل	

٢- عناصر مراقبة المياه الجوفية وجمع العينات:

يوضح الجدول التالي العناصر المراد قياسها، ووتيرة جمع العينات:

العناصر	التكرارية	
	مرحلة التشغيل	مرحلة العناية اللاحقة
مستوى المياه الجوفية	كل ثلاثة أشهر	كل ستة أشهر
مكونات المياه الجوفية	كل ثلاثة أشهر	كل ستة أشهر

عناصر التحليل للعينات المجمعة هي:

الأس الهيدروجيني	الأمونيوم (NH4-N)	الفينولات
التوصيل الكهربي	نيتروجين عضوي	فوسفات
الروائح	الكلور	إجمالي المواد الصلبة(TS)
درجة الحرارة	الزنك	المواد الصلبة المتطايرة(VS)
الطلب على الأكسجين الكيميائي الحيوي	الزرنيخ	المواد الصلبة العالقة (SS)
الطلب على الأكسجين الكيميائي	الكادميوم	المواد الصلبة الذائبة(DS)
الكربون العضوي الكلي	النحاس	
الكبريتات	النيكل	

٣- عناصر مراقبة المياه السطحية وجمع العينات:

يوضح الجدول التالي العناصر المراد قياسها، ووتيرة جمع العينات:

العناصر	التكرارية	
	مرحلة التشغيل	مرحلة العناية اللاحقة
مستوى المياه الجوفية	كل ثلاثة أشهر	كل ستة أشهر
مكونات المياه الجوفية	كل ثلاثة أشهر	كل ستة أشهر

عناصر التحليل للعينات المجمعة هي:

الأس الهيدروجيني	الأمونيوم (NH4-N)	الفينولات
التوصيل الكهربي	نيتروجين عضوي	فوسفات
الروائح	الكلور	إجمالي المواد الصلبة (TS)
درجة الحرارة	الزنك	المواد الصلبة المتطايرة (VS)

الطلب على الأكسجين الكيميائي الحيوي	الزرنيخ	المواد الصلبة العالقة (SS)
الطلب على الأكسجين الكيميائي	الكادميوم	المواد الصلبة الذائبة (DS)
الكربون العضوي الكلي	النحاس	
الكبريتات	النيكل	

٤- عناصر مراقبة الغازات وجمع العينات:

يوضح الجدول التالي العناصر المراد قياسها، ووتيرة جمع العينات:

العناصر	التكرارية	
	مرحلة التشغيل	مرحلة العناية اللاحقة
كميات الغازات الناتجة	شهرياً	كل ستة أشهر
الضغط ومحتوى الميثان ومحتوى ثاني أكسيد الكربون ومحتوى الأكسجين	شهرياً	كل ستة أشهر

عناصر التحليل للعينات المجمعة هي:

لكل من الميثان، وثاني أكسيد الكربون، والأكسيجين بانتظام، بينما للغازات الأخرى فبحسب الحاجة، وفقاً لمكونات النفايات التي يُتخلَّص منها، بهدف توضيح خصائص الترشيح.

٥- عناصر مراقبة الهبوط وجمع العينات:

يوضح الجدول التالي العناصر المراد قياسها، ووتيرة جمع العينات:

	مرحلة التشغيل	مرحلة العناية اللاحقة
وحدات ومكونات المردم	سنويا	
حالة الهبوط والاستقرار لمستوى المردم	سنويا	سنويا