

Egyptian Environmental Policy Program (EEPP)
Program Support Unit (PSU)

**Solid Waste Management Systems Workshop:
Emphasis on Waste Disposal**

LANDFILL OPERATIONS MANUAL (Arabic)

EEPP Tranche 1, Objective 11
February 2001

Prepared for:
Egyptian Environmental Affairs Agency (EEAA)
USAID/Cairo

by
Leo LaRochelle, et al.

Egyptian Environmental Policy Program (EEPP)
Program Support Unit (PSU)
Implemented by International Resources Group, Ltd. (IRG)

EPIQ

الجزء الأول مقدمة

1-1 الغرض من هذا الدليل

هذا الدليل التطبيقي مصمم لمساعدة متخذي القرار ومديري ومشغلي المدافن الصحية المصريين. وقد تم إعداده كأداة توضيحية لبرنامج التدريب الذي يهدف إلى مساعدة مديري ومشغلي المدافن الصحية على ما يلي:

- أن يكونوا على دراية بالغرض الذي من أجله أنشئت هذه المدافن.
- معرفة كيف ولماذا صممت المدافن بهذا الشكل.
- معرفة مدى أهمية عملهم في تحقيق أهداف التخطيط والتصميم والموافقة على إقامة المدافن الصحية.
- معرفة مدى أهمية دورهم في الحد من التأثيرات السلبية لتشغيل المدافن الصحية على البيئة والصحة العامة.

وقد روعي في تصميم هذا الدليل أن يمد متخذي القرار والمشغلين والمديرين بالمعلومات اللازمة عن كافة أنواع وأحجام المدافن الصحية بما فيها المدافن الجديدة التي أقيمت بناء على أحدث ما في العصر من تكنولوجيا وأيضاً المقالب والمدافن القديمة التي قد تواجه الإغلاق في المستقبل القريب بسبب عدم مواكبتها لمواصفات المدافن الحالية أو الجديدة التي تم وضعها للمدافن الصحية في مصر. وتساعد عمليات التشغيل الجيد لأي مدفن سواء جديد أو قديم على تقليل والتحكم في الآثار الضارة بالبيئة كما تحمي صحة العاملين ولاقطي القمامة وغيرهم ممن يعيشون بالقرب من هذه المدافن.

وعند كتابتنا لهذا الدليل راعينا التصميمات الحالية للمدافن وعدم كفاية هذه التصميمات في مصر. وبناء على زيارة عدد من المدافن والمقابلات التي تمت مع المديرين والعاملين بها، أدرنا ما هو المطلوب لبناء وتشغيل مدفن صحي ناجح في مصر وما هي الموضوعات التي يجب أن يتناولها هذا الدليل.

2-1 مفاتيح النجاح

يعتمد نجاح أي مدفن صحي على عدد من العوامل التي تحدد قدرته على التوافق مع البيئة المحلية. وتشمل هذه العوامل ما يلي:

- الخصائص الطبيعية للموقع الذي يقام عليه المدفن.
- شمولية وكفاءة التصميم.
- العناية التي يتم إنشاء المدفن بها ومطابقتها للتصميم وللمواصفات القياسية.
- مهارة ودراية وأمانة وجهد الإدارة والعاملين بالمدفن في تشغيل وصيانة الأنظمة التي يتكون منها المدفن.

وقد أكد تاريخ المدافن الصحية أن المدافن الناجحة قد راعت وجود تدريب جيد للعاملين ضمن أولوياتها المهمة في مجال التشغيل اليومي. وللأسف فإن أعمال التشغيل اليومي تؤدي إلى عدم كفاءة مستويات التدريب نظراً لوجود أولويات أخرى. وسوف تساعد المشاركة في هذا البرنامج التدريبي على تأكيد التزام العاملين بتوفير عمليات تشغيل آمنة وسليمة بيئياً واقتصادية التكلفة. وهذا بدوره سيؤدي إلى تحسين النظرة العامة للمدافن الصحية عن طريق تأكيد أن المدافن القائمة والمستقبلية لن يتم تشغيلها بطريقة تهدد صحة ومستوى معيشة الناس.

وتتكون جميع المدافن الحديثة من منشآت وأنظمة تم تصميمها لكي يحقق كل منها غرض محدد. وتشمل هذه الأنظمة: طبقات تبطين المدفن، أنظمة تجميع ومعالجة الرشيح وأنظمة إدارة الغازات، الخ. ومن أجل كفاءة التصميم والتشغيل لا بد من تكامل جميع الأنظمة في منظومة تحقق الهدف النهائي من تصميم المدفن. ومن الضروري وجود صلة مباشرة بين التصميم الأساسي للمدفن الصحي وبين الإجراءات الخاصة بالتشغيل والصيانة. وإذا كان على إدارة المدفن والعاملين به أن يدركوا أهمية دورهم في تحقيق النتائج المرغوبة فهم يحتاجون إلى أن يعرفوا بوضوح الهدف من تصميم وأنظمة تشغيل المدفن. كما يجب أن يفهموا أيضاً الاشتراطات الموجودة في بيئة العمل. إن العاملين بالمدفن الجيد يدركون أن عملهم يمكن أن:

- يساعد على منع تدمير البيئة.
- يؤثر على صحة وسلامة زملائهم والآخرين ممن يعيشون بالقرب من المدفن.
- يحد من المضايقات المصاحبة لتشغيل المدفن إلى الحد الأدنى.
- يؤثر على كمية الرشيح وغازات المدفن المتولدة والسيطرة عليها.
- يؤثر على نظرة الناس للمدفن وبالتالي يؤثر على إمكانية التوسع أو إنشاء مدافن جديدة في المستقبل.

وبالرغم من عدم سهولة ذلك، إلا أنه يجب محاولة تشغيل المدافن الحالية والتي لا تحتوي على تكنولوجيا حديثة بكفاءة، وذلك إذا كانت التأثيرات الضارة بالبيئة الناتجة عن عدم ملاءمة التصميم أو سوء اختيار الموقع يمكن تقليلها للحد الأدنى. ويخطئ العديد من مديري المخلفات الصلبة عندما يفترضون أن التطوير الناجح لتطبيقات إدارة المخلفات الصلبة يمكن أن يأتي فقط من عمليات التطوير والتشغيل النهائي للمدفن الصحي. في الحقيقة، يمكن تحقيق تقدم في تحسين ظروف التشغيل في مقالب القمامة من خلال عدة تحسينات لا تتطلب موارد مالية أو فنية كبيرة. ومن الممكن تطوير مقالب القمامة مع مرور الوقت من خلال سلسلة من المراحل المحددة تنفذ بالتدرج. هذه التحسينات يمكن أن تؤدي إلى تحسين الأداء البيئي والحد من المخاطر المحتملة في مقالب القمامة. وهذه المراحل موجودة في الشكل رقم ++ ويمكن تحديدها كما يلي:

المرحلة الأولى: التحول من مقلب مفتوح إلى مقلب محكوم:

هناك عدد من الخطوات التي يمكن اتخاذها لعمل قدر من التحكم في المقالب المفتوحة وتشمل هذه الخطوات ما يلي:

- 1- تقليل حجم منطقة العمل في المقلب إلى الحجم الذي يمكن السيطرة عليه.
- 2- عمل طبقة تغطية بصفة دورية فوق المخلفات الصلبة باستخدام التراب أو الرمل.
- 3- تنظيف القمامة من حول الموقع المحدد لتفريغها.
- 4- منع أو السيطرة على الحرائق.
- 5- العمل مع لاقطي القمامة للسيطرة إلى حد ما على أعمالهم أو على الأقل مساعدتهم على حماية أنفسهم من مخاطر المخلفات الصلبة التي يتعاملون معها والظروف التشغيلية بالمدفن.

ولا يتطلب الكثير من هذه الخطوات موارد كبيرة وتهدف جميعها إلى توضيح أن عمليات التشغيل في المدافن يمكن السيطرة عليها.

المرحلة الثانية: من مقلب محكوم إلى مدفن هندسي:

خلال هذه المرحلة من التحسينات يتم تطبيق تقنيات هندسية بالتدرج للتحكم في وضع المخلفات والتأثيرات المحتملة للمدفن على المياه السطحية والجوفية. ويتم التحكم في وضع المخلفات في

مكان محدد من خلال توجيه عمليات إلقاء القمامة ودكها وتغطيتها، حيث يتم تجهيز أماكن محددة لإلقاء المخلفات بعد إعداد تصميم هندسي لها يتناسب بقدر معقول مع الخواص الطبيعية لموقع المدفن والمنطقة المختارة لإلقاء المخلفات. وخلال هذه المرحلة تزيد تدريجياً المعرفة الفنية لمديري ومشغلي المدفن بما يساعد على استمرار التحسن في موقع المدفن من أجل الوصول في النهاية إلى مدفن صحي وطريقة تشغيل مناسبة.

المرحلة الثالثة: من مدفن هندسي إلى مدفن صحي

يتضمن تجهيز مدفن صحي تجهيزات هندسية أكثر تعقيداً وخواص إنشائية وتقنيات تشغيل متطورة. ويشمل ذلك وضع طبقات تبطين صماء وأنظمة تحكم في الرشيح وأنظمة تحكم في غازات المدفن مُعدة سلفاً. ويضاف إلى ذلك تركيب وتشغيل أنظمة لمراقبة المياه الجوفية والعناصر البيئية الأخرى للتأكد من أن المدفن لا يسبب أضراراً جسيمة للبيئة. ومن الطبيعي أن تجهيز وتشغيل مدفن صحي سوف يكون أكثر تكلفة من تشغيل المقالب المفتوحة أو المحكومة (لا يشمل ذلك التكلفة غير الظاهرة للتأثيرات الصحية والبيئية للمقالب المفتوحة التي تستخدم مستويات غير قياسية في إدارة المخلفات الصلبة). ولهذا السبب هناك بعض المناطق التي لن يمكن خدمتها بمدفن صحية حديثة تستخدم أحدث التقنيات وسوف تحقق فقط تحسينات بيئية من خلال تطوير المقالب المحكومة أو المدافن الهندسية من حيث التصميم وخطوات التشغيل. وتُظهر الخبرة المكتسبة من الدول الصناعية أن المدافن الصحية في العديد من هذه الدول قد استطاعت الوصول إلى مستويات المدافن الصحية نتيجة لأنهم كان عليهم أن يفعلوا ذلك بموجب قوانين حازمة لإدارة المخلفات الصلبة.

3-1 المتطلبات القانونية لإدارة المخلفات الصلبة في مصر

يوجد في مصر مجموعة من القوانين والتنظيمات التي تحكم عملية إدارة المخلفات الصلبة الخطرة وغير الخطرة. ويحكم القانون رقم 38 لسنة 1967 ولائحته التنفيذية (قرار وزارة الإسكان رقم 134 لسنة 1968) عمليات جمع ونقل والتخلص من المخلفات الصلبة غير الخطرة. وينص القانون ولائحته التنفيذية على أن يتم التخلص من المخلفات في مقالب محاطة بسور ارتفاعه 1,8 متر. بينما تنص المادة 17 من اللائحة التنفيذية للقانون على أن أكوام المخلفات التي يتم التخلص منها أو وضعها في حفر ثم يتم دكها، يجب أن تغطي بما لا يقل عن 15 سنتيمتر من الرمل وترش بالماء. ويحظر القانون رقم 4 لسنة 1994 ولائحته التنفيذية (قرار رئيس مجلس الوزراء رقم 338 لسنة 1995) عمليات الحرق المكشوف للمخلفات الصلبة. وبالرغم من وجود هذه القوانين إلا أن تنفيذ القانون قضية أخرى كما هو الحال في بلاد عديدة.

4-1 الدورة التدريبية

تشبه هذه الدورة التدريبية غيرها من الدورات التدريبية التي يتم تنظيمها في الولايات المتحدة الأمريكية ودول أخرى من العالم. ويعتمد التدريب على أسلوب "الخطوة بخطوة" لتحديد ودعم مفاهيم المخاطر المحتملة لأنواع المختلفة من المخلفات الصلبة سواء على البيئة أو الناس. ويقدم التدريب بعد ذلك أساليب الحد من هذه المخاطر. ولتحقيق ذلك، تم تقسيم الدليل إلى ثمانية أجزاء كما يلي:

- 1- مقدمة.
- 2- أنواع وخصائص المخلفات الصلبة.
- 3- القضايا البيئية ذات الاهتمام فيما يخص المدافن الصحية.
- 4- تحديد مواقع المدافن الصحية الجديدة.
- 5- تصميم المدفن الصحي.

- 6- عمليات التشغيل.
- 7- الصيانة.
- 8- الصحة والسلامة ودراسات تقييم الأثر البيئي.
- 9- مرحلة إغلاق المدفن وما بعد الإغلاق.

ويتناول الجزئين الثاني والثالث بصفة أساسية تعريف المخاطر والنتائج المحتملة التي تؤدي إليها الإدارة الخاطئة للمخلفات الصلبة وتأثيرها على البيئة والناس. وتقترح الأجزاء الستة الأخرى الأساليب التي يمكن اتباعها لتجهيز وإدارة المدفن الصحي لتقليل المخاطر والحد من التأثيرات البيئية والصحية السلبية المحتملة.

الجزء الثاني أنواع وخصائص المخلفات الصلبة

1-2 الخصائص الأساسية للمخلفات الصلبة

يجب على مدير المخلفات الصلبة لكي يحقق هدف التصميم والتشغيل الناجح للمدفن الصحي أن يعرف الخصائص المادية للمخلفات الصلبة التي سيتم التخلص منها في المدفن، حيث يمكن أن تؤثر هذه الخصائص على كل من تصميم وتشغيل المدفن. أيضاً، يجب أن يعرف مدير المخلفات الصلبة كمية المخلفات التي يجب عليه إدارتها. كما يجب عليه أن يخطط للكميات التي سوف يتداولها في المستقبل من حيث المنطقة التي سيخدمها (المنطقة الجغرافية التي يخدمها المدفن) والزيادة المتوقعة في عدد سكان المنطقة والتغيرات المتوقعة في عملية توليد المخلفات ككل. وتعتبر عملية تخطيط كميات المخلفات الصلبة مهمة بصفة خاصة من أجل التوسعات المستقبلية في المدفن ومن أجل تحديد الحاجة إلى إنشاء مدفن جديد. وهناك عدة عوامل تؤثر على تركيبة ومعدل توليد المخلفات في أي بلدية أو منطقة، وتشمل هذه العوامل:

- التنوع في الظروف المناخية والموسمية (بسبب الموسم السياحي مثلاً).
- الموارد المالية والفنية المتاحة للبلديات والقطاع الخاص لتقديم خدمات إدارة المخلفات الصلبة.
- الشكل الاقتصادي العام للمنطقة المحلية للمدفن.
- الخصائص الطبيعية والسكانية للبلديات التي تتولد فيها القمامة بما فيها طبيعة المناطق السكنية ووجود مناطق صناعية، الخ.
- العادات الاجتماعية والدينية.
- الوعي الصحي للناس في المنطقة المعنية واستعدادهم لدفع مقابل لتحسين الخدمة.
- المواصفات البيئية التي يجب تحقيقها للوفاء بمتطلبات القوانين واللوائح الخاصة بإدارة المخلفات الصلبة.

كل العوامل السابقة لها تأثير كبير على كمية المخلفات وخصائصها وبالتالي على تصميم المدفن وعمليات التشغيل لإدارة المخلفات الصلبة.

2-2 أنواع المخلفات الصلبة

المدفن الصحية مصممة لكي تستقبل أنواعاً مختلفة من المخلفات الصلبة. وحيث أننا سوف نستخدم هذا المصطلح بكثرة في هذا الدليل، فهذا المصطلح "المخلفات الصلبة" يعني: أي مادة تتكون من مواد مستعملة أو مرفوضة أو أي مواد أخرى مهمة أو يتم التخلص منها لعدم الحاجة لها.

وتشمل المخلفات الصلبة مواد صلبة أو سائلة أو شبه صلبة أو غازية. وتأتي هذه المخلفات من مصادر صناعية أو تجارية أو تعدينية أو زراعية أو سكنية. وتوجد في الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي قوانين وأنظمة تحدد كافة أنواع المخلفات الصلبة إلى خطرة أو غير خطرة. وبينما يركز هذا البرنامج على تدريب مشغلي المدفن الصحية التي تستقبل مخلفات غير خطرة، يجب توجيه بعض الاهتمام إلى خصائص وتعريف المواد الخطرة. وهذا الأمر مهم حيث من الضروري فرز المخلفات الصلبة الواردة للمدفن بعناية للتأكد من أنها لا تحتوي على مخلفات

خطرة وتعتبر القدرة على تحديد المخلفات الخطرة مهمة لضمان سلامة العاملين ولاقطي القمامة ومنع الإضرار بالبيئة. وخلال العشرين عاماً الأخيرة تم إجراء العديد من الدراسات وتطبيق العديد من القوانين التي تهدف إلى تصنيف المخلفات الصلبة إلى خطرة أو غير خطرة. وفي البلاد التي يوجد بها قوانين واضحة لإدارة المخلفات الصلبة، تكون اللوائح المنظمة لعملية تداول والتخلص من المواد الخطرة أكثر صرامة من تلك المتعلقة بالمواد الغير خطرة. ومن المتوقع بشدة أن تكون هذه الحال في مصر في المستقبل القريب.

2-3 تصنيف المخلفات الصلبة الخطرة وغير الخطرة في مصر

إن عملية جمع البيانات عن المواد الخطرة وغير الخطرة في مصر قد اعترضها عدم وجود نظام تصنيف قومي للمخلفات. وأحد النقاط الأساسية في عملية إدارة المخلفات الصلبة الخطرة وغير الخطرة هو وجود تعريف واضح لمكونات المواد الخطرة. وفي مصر، لا يزال النقاش دائراً حول تعريف المواد الخطرة وصياغة لوائح وإجراءات إدارة هذه المواد. ويقوم جهاز شئون البيئة بالتعاون مع ست وزارات بإعداد نظام قومي لتصنيف المواد الخطرة. وقد قامت وزارة الصناعة بإعداد مسودة دراسة تحدد قائمة بالمخلفات الصلبة التي تنتمي إلى قطاع صناعي معين أو تشمل جميع القطاعات الصناعية (توجد صورة من هذه المسودة في الملحق رقم **). إلا أن هذه الدراسة لم تكتمل في صورتها النهائية بعد.

2-4 تعريف المخلفات الخطرة

تحتوي المخلفات الخطرة على مواد عديدة ومتنوعة تنتج عن الأنشطة الصناعية والتجارية. وهذه المخلفات لها خواص طبيعية أو كيميائية ضارة بصحة الإنسان وبالبيئة. ويجب على مشغلي المدفن أن يعرفوا ما هي المواد الخطرة وكيف يمنعون التخلص منها في المدفن الذي يعملون به. وبالرغم من وجود مدافن مصممة خصيصاً للمخلفات الخطرة في الدول الصناعية، إلا أن المخلفات الخطرة لا يجب التخلص منها في المدافن المصممة للمخلفات البلدية وغير الخطرة. ونتيجة لذلك، يجب وجود عملية فرز فعالة لضمان بقاء المخلفات الخطرة خارج المدافن غير المصممة لهذا النوع من المخلفات. إن التخلص غير السليم من المخلفات الخطرة في المدافن المخصصة فقط للمخلفات غير الخطرة يمكن أن يؤدي إلى مشاكل بيئية وصحية خطيرة للعاملين وللناس.

وفي الولايات المتحدة ودول الاتحاد الأوروبي واتفاقية بازل، يتم تعريف المخلفات الخطرة من خلال عدد من الخواص الطبيعية والكيميائية مثل القابلية للتآكل والتفاعل والاشتعال ودرجة السمية. أيضاً، تم إدراج بعض المخلفات ضمن المخلفات الخطرة بسبب خواصها الخطرة التي تتميز بها. ولا يشترط اختبار المخلفات المصنفة من حيث الخصائص الطبيعية أو الكيميائية لكي يتم تصنيفها على أنها خطرة. ففي بعض الحالات، صنفت الولايات المتحدة بعض المواد الكيميائية المستخدمة في الصناعة على أنها مخلفات خطرة لان وجودها ضمن المخلفات الأخرى يجعلها خطرة. وطبقاً لجميع هذه الأنظمة إذا كانت المخلفات متولدة من مجموعة من العمليات الصناعية ولا يمكن تحديدها بصفة مستقلة كمخلفات خطرة مصنفة حسب القائمة (مثل الحماة الجافة الناتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي) يتم استخدام معايير مواصفات المخلفات لتحديد ما إذا كانت هذه المخلفات تعتبر مخلفات خطرة. وطبقاً لقوانين جهاز حماية البيئة الأمريكي والاتحاد الأوروبي، يمكن أيضاً تصنيف المخلفات على أنها مخلفات خطرة حسب خصائصها. ويتطلب تطبيق معايير خصائص المخلفات إجراء بعض الفحوص المعملية. ومن خلال الفحص المعملية يمكن تصنيف المخلفات على أنها خطرة في الحالات التالية:

- **القابلية للاشتعال:** تعتبر المخلفات قابلة للاشتعال إذا كانت لها نقطة وميض (على وشك الاحتراق) في درجة حرارة أقل من 140 درجة فهرنهايت. كما تصنف أيضاً على أنها قابلة للاشتعال إذا نتج عنها شرر بسبب الاحتكاك في الظروف العادية أو إذا كانت

مؤكسيدة. ومن أمثلة المخلفات الخطرة القابلة للاشتعال المذيبات والمؤكسيدات. والمصادر الشائعة لهذا النوع من المخلفات هي ورش إصلاح السيارات والماكينات والمغاسل الجافة.

- **القابلية للتآكل:** تعتبر المخلفات قابلة للتآكل إذا كان معامل الأس الأيدوجيني بها 2 أو أقل أو 12,5 أو أكثر (الأس الأيدوجيني هو مقياس مدى حمضية المادة أو كونها كاوية. تعتبر المادة متعادلة إذا كان الأس الأيدوجيني بها 7).
- **القابلية للتفاعل:** تعتبر المادة قابلة للتفاعل إذا كانت غير ثابتة بطبيعتها. كما تعتبر قابلة للتفاعل إذا: 1- تفاعلت بشدة مع الماء، 2- كونت خليط قابل للانفجار في الماء، 3- إذا اختلطت بالماء ونتاج عنها غازات سامة أو أبخرة بكمية تكفي لتكون خطراً على صحة الإنسان أو على البيئة، 4- تحتوي على كميات من السيانيد أو الكبريت يمكن أن تنطلق في الهواء، 5- تمكن أن تتحلل أو تنفجر بسهولة.
- **السمية الكيميائية:** تعتبر المخلفات سامة كيميائياً إذا كان تركيز أي عنصر فيها طبقاً للاختبارات يتجاوز المعدلات القياسية المحددة لهذا العنصر. والطريقة الشائعة لاختبار السمية في الولايات المتحدة هو اختبار معلمي يطلق عليه اسم "TCLP". ويتم إجراء هذا الاختبار على عينة من الرشيح يتم تحضيرها بواسطة التحلل الحمضي واستخراج العينة من المخلفات الصلبة. وهناك أمثلة عديدة للمواد التي يتم تصنيفها ضمن المواد الخطرة نتيجة لكونها سامة كيميائياً. وفي بعض الحالات لا يجتاز الرماد المتطاير من محارق المخلفات البلدية اختبار المعادن الثقيلة بطريقة TCLP (في معظم الحالات الرصاص والكاديوم).

ومن المهم ملاحظة أن مصطلح "خطرة وغير خطرة" هو مصطلح نسبي. فالمخلفات البلدية والتجارية والصناعية الصلبة غير الخطرة لها مواصفات يمكن أن تضر البيئة أو تمثل خطراً على صحة الناس إذا لم يتم التعامل معها بطريقة سليمة. وفي بعض الحالات التي يكون فيها الناس أو العناصر البيئية الحساسة قريبين من مواقع التخلص من المخلفات، تصبح المخلفات البلدية والمخلفات الصلبة الصناعية غير الخطرة خطيرة جداً. على سبيل المثال، حدوث الحرائق أمر شائع في مقالب المخلفات البلدية الصلبة بسبب احتوائها على نسبة عالية من المواد القابلة للاشتعال. ويمكن أن يؤثر الدخان المنبعث من هذه الحرائق على استخدامات الأراضي القريبة منها وبالتأكيد سوف يؤثر على حياة الناس الذين يعملون أو يقيمون بالقرب من هذه المقالب.

5-2 المخلفات غير الخطرة

لكي نفهم أسباب تصميم المدافن الصحية كما هي عليه، يجب على مشغلي المدفن أن يعرفوا خصائص المواد التي يمكن للمدافن الصحية البلدية أن تستقبلها. وهذه الخصائص مهمة في فهم أسباب عدم صلاحية المواصفات القديمة للمدافن السابقة. وكل نوع من المخلفات الصلبة التي يمكن قبولها في المدافن الصحية له خصائصه الخاصة به. وهذه الأنواع هي كما يلي:

المخلفات البلدية الصلبة: تتكون هذه المجموعة من المخلفات التي تتولد من الأنشطة المنزلية بما فيها عمليات الطهي والنظافة والكنس وأي أنشطة أخرى يقوم بها الناس في منازلهم. وتشمل هذه المجموعة مكونات عديدة ومتنوعة تختلف من منزل لآخر. وتختلف الخصائص المادية والمكونات الخاصة بالمخلفات الصلبة الناتجة من المنازل الفقيرة عن المنازل أو المناطق ذات مستوى المعيشة المرتفع. وفي البلاد ذات الدخل المنخفض تكون المخلفات البلدية الصلبة السائدة هي بقايا الطعام ومخلفات النظافة بينما في البلاد ذات الدخل المتوسط والمرتفع تحتوي المخلفات على نسبة كبيرة من الورق والبلاستيك والمعادن والزجاج وغيرها من المواد المصنعة. ويظهر ذلك في الجدول رقم ** ويمثل ملخصاً عاماً لتكوين المخلفات البلدية الصلبة في مناطق مختلفة من العالم.

المخلفات الصلبة من الأنشطة التجارية والصناعية: هناك عدد من الأنواع المختلفة للمخلفات الصلبة التي تنتج عن الأنشطة التجارية والصناعية. فالمخلفات التجارية تنتج من المصادر التجارية مثل الأسواق التجارية. وبصفة عامة، تنتج المخلفات الصناعية من عمليات التصنيع. وتعتمد خصائص المخلفات الصناعية على المواد المستخدمة في عمليات التصنيع ونوع العمليات الصناعية. وتشمل المواد التي وجدت في المخلفات الصناعية المجموعات التالية:

- مخلفات العاملين: وهي المخلفات الناتجة عن المكاتب والكافتيريات والمناطق الأخرى التي تتولد عن العاملين بها. وتتكون هذه النوعية من المخلفات من نفس المواد التي توجد في المخلفات البلدية. وتعتمد كمية هذه المخلفات الصناعية الصلبة على عدد العاملين وعدد المنشآت.
- مخلفات العمليات الإنتاجية: وهي المخلفات التي تنتج من تصنيع المنتجات. وتعتمد كمية ونوع المخلفات على خصائص المواد الخام وعمليات التصنيع المستخدمة. ومن أمثلة المخلفات الإنتاجية نشارة الخشب من عمليات تصنيع الأثاث والكيماويات الصلبة والخرردة والزجاجات الفارغة، الخ. وهذه المواد عادةً متشابهة بحيث لا تختلف خصائص كل منها عن الآخر بشكل كبير.

وفي العديد من الصناعات، يتم وضع مخلفات الإنتاج غير الخطرة مع مخلفات العاملين في نفس الحاويات ونقلها للمدفن. وفي حالات أخرى، يتطلب نوع وكمية مخلفات العمليات الإنتاجية أن يتم تداول المخلفات بعيداً عن مخلفات العاملين. وقد تكون مخلفات العمليات الإنتاجية كبيرة الحجم أو يصعب دكها، وقد يتطلب ذلك معالجتها أو تكسيرها قبل وضعها في المدفن. وفي العديد من البلاد الصناعية، يجب على القطاع الصناعي فحص المخلفات الناتجة من عمليات الإنتاج وإجراء اختبارات عليها مثل اختبار TCLP للتأكد من عدم خطورة هذه المخلفات. وفي الولايات المتحدة، يكون كل مُنتج للمخلفات مسؤول عن تحديد تصنيف مخلفاته هل هي خطرة أو غير خطرة.

الحماة الناتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي: هي ما يتبقى من عمليات معالجة مياه الصرف الصحي. ويمكن أن تنتج الحماة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي البلدية والصناعية.

وفي المصانع التي ينتج عنها سوائل أو التي تستخدم سوائل في عمليات الإنتاج ينتج عن محطات معالجة مياه الصرف حماة يجب التخلص منها. ويستقبل العديد من المدافن الحماة الناتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصناعي. وتحتوي الحماة الصناعية علي مستوى رطوبة عالي يمكن أن يؤدي إلى زيادة تولد الرشيح أو مشاكل في ثبات طبقات المدافن. ويجب فهم خصائص الحماة الصناعية بوضوح قبل وضعها في المدفن المخصص لذلك أو في المدافن المصممة لاستقبال أكثر من نوع من المخلفات الصلبة. وعموماً، يتم عمل تجفيف للحماة بشكل ما في محطات المعالجة الصناعية التي تتولد عنها الحماة. والحماة المجففة بطريقة سليمة لها خواص جيدة من حيث التداول والثبات. ونتيجة لذلك، يمكن استخدامها في طبقة التغطية اليومية في بعض عمليات المدفن.

ويوجد لدى العديد من البلديات الكبيرة محطات لمعالجة مياه الصرف الصحي للاستخدامات المحلية. وقد تم تصميم العديد من العمليات للتخلص من الملوثات في مياه الصرف قبل صرفها على الجهات التي تستخدمها. العديد من عمليات المعالجة ينتج عنها حماة يجب التخلص منها. كما تتطلب الحماة الناتجة عن معالجة مياه الصرف البلدية معاملة خاصة بسبب نسبة الرطوبة العالية بها. وكما هو الحال بالنسبة لبعض محطات معالجة مياه الصرف الصناعي يتم استخدام نظام تجفيف لتحسين الخصائص الطبيعية للحماة لجعلها أكثر قابلية للاستخدام في المدافن الصحية. وحتى مع الاستخدام الأمثل يمكن أن تؤدي عمليات التجفيف إلى تكوين عجينة حماة بها 30% إلى 40% مكونات صلبة. وتحتوي الحماة البلدية على نسبة عالية من العناصر

المتعادلة ويمكن أن تكون نشطة بيولوجياً وذات رائحة نفاذة إذا لم يتم تثبيتها وتداولها بطريقة سليمة.

وقد تم تصميم مدافن صحية تتعامل فقط مع الحمأة الناتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي. وفي بعض المدافن يتم وضع أكثر من نوع من المخلفات معاً. وفي هذه الحالة يتم دفن الحمأة مع المخلفات البلدية الصلبة أو مع نوع آخر من المخلفات الصلبة. وتتمثل بعض المشاكل المصاحبة لعملية التخلص من الحمأة في المدافن الصحية سواء بمفردها أو مع مخلفات أخرى فيما يلي:

- وجود نسبة معادن عالية بها.
- وجود كمية كبيرة من الحمأة بالمقارنة بكميات المخلفات الصلبة الأخرى.
- محتوى عالي من الرطوبة ومنخفض من المخلفات الصلبة.
- نسبة بسيطة من الحمأة الجافة تؤثر على عمليات التشغيل وإنتاج الرشيح.
- مشاكل النواحي الجمالية للمدفن (الرائحة النفاذة، الخ) المصاحبة لتناول الحمأة.

وعموماً، لا يجب دفن الحمأة التي تحتوي على أقل من 20% مكونات صلبة مع مخلفات أخرى. ويجب خلط المخلفات البلدية الصلبة والحمأة (التي تحتوي على مكونات صلبة أكثر من 20%) بنسبة 1:4 (4 طن مخلفات بلدية صلبة وطن واحد من الحمأة الرطبة) أو أكثر. ولا يجب أن تقل النسبة عن 1:3.

المخلفات الطبية أو المعدية: تنتج المخلفات الطبية أو المعدية من المنشآت الطبية وتعني بصفة عامة أي مخلفات بسبب طبيعتها المعدية يمكن أن:

- تسبب أو تساهم بشكل أساسي في زيادة نسبة الوفيات.
 - زيادة الأمراض الخطيرة أو التي لا علاج لها.
 - تسبب خطورة قائمة أو محتملة لصحة الإنسان أو للبيئة.
- وفي الدول الصناعية لا توجد لوائح مباشرة تخص هذه المواد بالرغم من وجود العديد من المواد في المخلفات الطبية التي يمكن أن يكون لها خواص خطيرة والتي تتطلب عناية خاصة في تداولها خلال عمليات النقل والتخلص منها. وتتضمن العناية الخاصة في التداول خطوات التعبئة ودفن المخلفات في المدفن. ومن أمثلة المواد التي تصنف على أنها مخلفات طبية بصفة عامة:

- مخلفات معالجة الجروح والجلد.
- مخلفات علاج الأمراض.
- مخلفات المعامل مثل الدم والأمصال وإفرازات الجسم الأخرى.
- أطباق العينات الملوثة ومخلفات الميكروبيولوجي الأخرى.
- حيوانات التجارب المعملية الملوثة.
- أبر الحقن المستخدمة في العلاج.
- أي مواد ملوثة بالمواد السابقة.

وتتولد المخلفات الطبية في المراكز الطبية مثل العيادات الطبية وعيادات الأسنان والمستشفيات والمراكز العلاجية والمدارس والحضانات والعيادات البيطرية، الخ. وقد لوحظ في العديد من المدافن الصحية وجود الأبر الطبية أثناء فحص المخلفات قد تكون نتيجة للاستخدامات في المنازل ومرضى السكر.

ويمكن فقط دفن المخلفات في المدافن الصحية في حالة معالجتها وتعقيمها مسبقاً. والمشكلة الرئيسية للتخلص من المخلفات الطبية في المدفن هي احتمال تعرض العاملين للعدوى بسبب تعاملهم مع هذه المخلفات. وفي العديد من الحالات، يجب على المنشأة الطبية التي تتولد عنها هذه المخلفات أن تقوم بمعالجتها مسبقاً (تعقيمها) للتخلص من أثارها المعدية قبل دفنها في

المدفن. ويمكن أن يحدث ذلك من خلال عمليات مثل الحرق والتعقيم واستخدام أشعة الميكروويف والتعقيم الكيميائي، الخ. وفي حالة استخدام المحارق يتم نقل الرماد المتبقي من الحرق لدفنه في المدفن. وبسبب التغيير الكبير في مواصفات المخلفات الطبية بسبب عملية الحرق يمكن لمشغلي المدفن أن يطمئنوا تماماً من عدم وجود أي أسباب لإصابتهم بالعدوى من رماد حرق المخلفات الطبية. وفي الحالات الأخرى التي تستخدم أجهزة الأوتوكلاف أو الميكروويف تتلاشى الخصائص الطبيعية للمخلفات الطبية بدرجة كبيرة. ولكن على مشغلي المدفن أن يتعاملوا مع المخلفات الطبية على أنها تحتوي على مواد معدية. ويجب إنشاء قناة اتصال بين المنشأة التي تولد المخلفات وبين المكان النهائي الذي ستوضع فيه المخلفات لضمان اتباع إجراءات تعقيم هذه المخلفات بشكل كامل وفعال.

مخلفات خاصة: تحتاج بعض المخلفات إلى معاملة خاصة بسبب خواصها الفريدة. وفي المدافن الصحية تعتبر هذه المخلفات مخلفات "خاصة". وتحتوي المخلفات الخاصة على مخلفات صلبة يجب معاملة بطريقتهم خاصة بسبب خواصها الفريدة. ويجب توفير هذه الإجراءات الخاصة بسبب:

- خطورة التعامل مع هذه المواد (مثل المواد التي تحتوي على الأسبستوس).

- تأثير الخصائص الطبيعية لهذه المواد على إجراءات تداول ودفن المخلفات.

1- **المواد المحتوية على الأسبستوس:** يجب تداول الأسبستوس أو المواد المحتوية عليه بعناية كبيرة بسبب المخاطر الصحية المصاحبة لتطاير ذرات الأسبستوس في الهواء. ويتطلب دفن هذه المواد في المدافن الصحية إجراءات خاصة مثل الدفن الفوري للمواد بمجرد استلامها، وعمل خريطة تحدد مواقع دفن الأسبستوس لضمان عدم ظهورها على السطح مرة أخرى بطريق الخطأ. وقد أطلق اسم الأسبستوس على مجموعة الألياف الصناعية الرفيعة سهلة الاستنشاق. وهذه المواد الرفيعة مرنة ومقاومة للحريق وغير قابلة للكسر. وفي معظم المنتجات التي تستخدم الأسبستوس يتم خلط المادة بمادة مثبتة حتى لا يتسرب الأسبستوس للهواء. وتعتمد إمكانية تسرب الألياف في الهواء من المواد المحتوية على الأسبستوس على عدة عوامل. وبعض أشكال الأسبستوس مثل التي تستخدم في عزل المواسير أو الأغراض المشابهة يمكن أن تتفصل بسهولة. ويمكن أن ينتج عن ذلك تحرر ألياف الأسبستوس بسهولة نتيجة ضغط اليد العادي. وتتطلب هذه المواد معاملة خاصة أثناء النقل والدفن. وبعض مواد الأسبستوس الأخرى لا تحتوي على ألياف. وفي هذه المواد يتم تثبيت الأسبستوس باستخدام مادة أسمنتية تستطيع تثبيت الأسبستوس في مكانه بشكل أفضل. وتعتبر هذه المواد أقل تعرضاً للتطاير عند تداولها. ويمكن رؤية ذرات الأسبستوس عالقة في الهواء باستخدام الميكروسكوب. وبسبب حجمها وشكلها يمكن للألياف أن تظل معلقة في الهواء لفترات طويلة. وإذا استنشق الإنسان هذه الألياف تظل في الرئتين لفترة طويلة جداً وقد تسبب مشاكل صحية خطيرة وفي بعض الأحيان تسبب السرطان. وهناك العديد من المواد الآن التي يدخل في تركيبها الأسبستوس. وبعض هذه المواد تشمل:

عزل المواسير	بطانة الفرامل
عزل التوصيلات	مقابض الأواني
عزل المباني	طاولات المكواة
الأسقف المعلقة	مجففات الشعر
الطبقة السفلية للسجاد	بلاط الأرضيات
مواد الأسطح	الأسلاك الكهربائية
المواقد الصناعية	ألوان النسيج والأقمشة
مركبات اللصق/الترميم	المواد الأسمنتية

2- **مخلفات البناء والهدم:** وتنتج هذه المخلفات من عمليات البناء والإصلاحات وهدم المباني والمنشآت الأخرى.

وتشمل هذه المواد بصفة عامة:

- مخلفات مواد البناء والهدم
- المواد ذات متوسط كثافة يبلغ 2000 رطل/قدم مكعب.
- المواد الصلبة نسبياً (باستثناء الأخشاب الموجودة بها).

3- **المخلفات كبيرة الحجم:** وتشمل "السلع البيضاء" (وهو مصطلح يطلق على الكتل الكبيرة،

الخ)، السيارات الخردة، قطع الأثاث الكبيرة، الخ. وفي معظم المدافن الصحية، يتم تجميع بعض المخلفات كبيرة الحجم ونقلها بصفة دورية للأسواق لإعادة تدويرها أو تكسيرها بحيث لا تأخذ حجماً كبيراً للتخلص منها.

الجزء الثالث بدائل تطبيقات إدارة المخلفات الصلبة

يقدم الجزء التالي بدائل متنوعة لإدارة المخلفات الصلبة، ويمكن للإدارة المحلية أو الإقليمية للمخلفات الصلبة استخدام كل أو بعض العمليات المستقلة التي تشكل في مجموعها ما يعرف باسم برنامج الإدارة المتكاملة للمخلفات الصلبة. ويستخدم هذا البرنامج تطبيقات مستقلة مناسبة لكل نوع من أنواع المخلفات على حدة. ويظهر الشكل رقم 3-1 الاستخدامات الأكثر شيوعاً في إدارة المخلفات الصلبة. وفيما يلي وصف أكثر تفصيلاً لهذه البدائل.

3-1 الخفض من المنبع

تشمل أنشطة الخفض من المنبع عمليات تصميم وتصنيع وشراء أو استخدام المواد (مثل المنتجات والتغليف) وذلك بهدف خفض كمية أو سمية المخلفات قبل التخلص منها ودخولها منظومة إدارة المخلفات البلدية الصلبة. وتشمل أنشطة الخفض من المنبع:

- تصميم المنتجات أو العبوات بحيث تنخفض كمية المواد أو الخصائص الخطرة للمواد المستخدمة في تصنيعها.
- خفض كمية المنتجات وعبوات التغليف المستخدمة من خلال تعديل الممارسات الحالية.
- إعادة استخدام المنتجات أو العبوات المصنعة بالفعل وإطالة عمر المنتجات لتأجيل عملية التخلص منها.
- إدارة المخلفات العضوية (بقايا الطعام وتنسيق الحدائق) من خلال تحويلها لسماذ عضوي في الموقع أو بدائل أخرى للتخلص منها.

3-2 إعادة التدوير

من الناحية التاريخية، كانت عمليات استعادة المواد من خلال إعادة تدويرها ضعيفة نسبياً (9-10% من المخلفات البلدية الصلبة) حتى بداية الثمانينات. وفي أواخر الثمانينات أدرك الناس في مختلف أنحاء العالم أن هناك حاجة لتوجهات جديدة لإدارة المخلفات الصلبة وبدأت عمليات استعادة المخلفات من خلال إعادة التدوير والتحويل للأسمدة العضوية تتزايد. ومع تزايد الاهتمام بصحة الناس وبالبيئة في عمليات التخلص من المخلفات انعكس ذلك في وجود المحارق والمدافن الصحية. وقد زادت معدلات إعادة التدوير في الولايات المتحدة من 13% عام 1988 إلى 17% عام 1990 إلى 22% عام 1993. ومع توقع استمرار هذا المستوى من عمليات إعادة التدوير، فمن المتوقع في الولايات المتحدة أن:

- تستمر الجهات المحلية والفيدالية في التأكيد على إعادة التدوير وإنتاج السماذ العضوي كأولوية في إدارة المخلفات الصلبة.
- استمرار الصناعات في تقديم الاستثمارات اللازمة لإعادة تدوير واستخدام المخلفات.
- يستطيع معظم مواطني الولايات المتحدة استخدام برامج إعادة التدوير في عام 2000.

وفي مصر، تعتبر عمليات إعادة التدوير التجارية للمخلفات باهظة التكلفة. لكن بسبب طبيعة الاقتصاد يقوم الأفراد بتجميع وإعادة تدوير المخلفات كجزء من حياتهم اليومية وبالتالي يخفزون من كمية المخلفات التي تدخل المدافن.

3-3 تحويل المخلفات إلى سماء عضوي

صناعة السماذ العضوي هي عملية تحلل المخلفات العضوية تحت ظروف معينة. وتشمل العناصر الرئيسية التي تتحكم في عملية تحويل المخلفات إلى سماء عضوي العناصر التالية:

- الأكسجين

• درجة الحرارة

• نسبة الرطوبة

• نسبة الكربون إلي النتروجين

وفي إدارة المخلفات الصلبة تعتبر عملية تحويل المخلفات إلى سماد عضوي من التطبيقات الشائعة للتخلص من وتصنيع مخلفات الحدائق. وتقوم البكتريا الطبيعية الموجودة في مخلفات الحدائق والتربة بعملية تكسير المواد العضوية. ويتم وضع المخلفات بنظام المصفوفات بطريقة منتظمة لتحويلها إلى سماد عضوي. وتأتي الرائحة غير المستحبة المصاحبة لعملية تصنيع السماد من نمو البكتريا اللاهوائية في مادة السماد.

وتعتبر مصر من الدول الرائدة في أفريقيا في صناعة السماد وقد أشادت العديد من الصحف بنجاحها في هذا المجال. وأثبتت التجربة أن هذا النوع من السماد مجدي اقتصادياً وهناك العديد من مصانع السماد العاملة حالياً.

4-3 الترميد

تعتبر عملية الترميد واستعادة الطاقة المتولدة عنها من العمليات المسجلة تاريخياً كوسيلة من وسائل خفض كميات المخلفات. وفي منشآت تحويل المخلفات إلى طاقة، يصاحب هذا الخفض في كمية المخلفات استعادة الطاقة من الجزء المشتعل من المخلفات قبل التخلص من رماد الحرق في المدفن. وفي السنوات الأخيرة، أصبح من الصعب للغاية تشغيل منشآت تكون مهمتها الأساسية حرق المخلفات بسبب الاهتمام بالانبعاثات السامة التي تلوث الهواء وتلوث المياه الجوفية.

5-3 المدافن الصحية

كما هو واضح في الشكل 3-1 يعتبر المدفن الصحي هو الحلقة الأخيرة في سلسلة الإدارة المتكاملة للمخلفات الصلبة. وتهدف العمليات الأخرى إلى خفض كمية المخلفات التي تصل للمدفن من خلال تحويلها أو استخدامات أخرى أو تغيير الخواص الطبيعية للمخلفات من خلال عمليات مثل الحرق. وتعتمد المدافن الصحية الحديثة على مفهوم أن المدافن غير السليمة من ناحية الموقع والتصميم والتشغيل يمكن أن تسبب تدمير شديد للبيئة. وقد أدى ذلك إلى إعداد المواصفات القياسية القائمة لتصميم مدافن جديدة أو التوسع في المدافن الحالية.

وعلى مستوى المجتمع أو الإقليم، يقرر صانع القرار ما هي بدائل إدارة المخلفات الصلبة التي يحتاجها. وتتضمن هذه البدائل ما يلي:

• مطابقة المدفن لخطة وقوانين الدولة لإدارة المخلفات.

• اتباع أفضل الحلول الاقتصادية.

• أن تكون مقبولة من الجمهور.

وقد أدى التقييم المحلي لهذه العناصر إلى إنشاء أنظمة إدارة للمخلفات الصلبة يمكن أن تتوافر بها كل أو بعض عمليات الإدارة المتكاملة للمخلفات الصلبة. ويعتبر استخدام المدافن الصحية حالياً في مصر ومعظم أنحاء العالم هو البديل الأكثر شيوعاً في إدارة المخلفات الصلبة وبالتالي تم التركيز عليه في هذا الدليل. ولكن بما أن عدد الناس الذين يتمتعون بوعي بيئي قوي يتزايد فسوف يقل تولد المخلفات التي يتم التخلص منها في المدافن الصحية وتصبح البدائل الأخرى مرغوبة أكثر.

الجزء الرابع القضايا البيئية ذات العلاقة بالمدافن الصحية

يظهر الشكل رقم 4-1 الطرق المختلفة التي يمكن للملوثات أن تخرج عن طريقها من المدفن الصحي. ويشمل ذلك التلوث الذي ينتقل مع الهواء وما يمكن أن يتجه أسفل ويلوث المياه الجوفية أو يطفو إلى المياه السطحية. وقد تم توجيه الاتهام للمدافن الصحية للمخلفات البلدية الصلبة بأنها تسبب المشاكل البيئية التالية:

- تلويث المياه الجوفية.
- تلويث المياه السطحية.
- انبعاث ملوثات خطيرة في الهواء من الحرائق أو الغبار الملوث.
- انبعاث وانتقال غازات خطيرة مثل الميثان.

وتتنوع المخاطر المحتملة من استخدامات المدافن الصحية بداية من مشاكل الناحية الجمالية إلى مرض السرطان. ويجب على مديري ومشغلي المدافن الصحية أن يكونوا على دراية كاملة بالمخاطر التي قد تسببها المدافن للسكان القريبيين وللبيئة المحيطة.

يمكن أن يؤدي التشغيل السيئ للمدفن إلى مشاكل بيئية كبيرة

4-1 المياه الجوفية

تعتبر المياه الجوفية مصدراً مهماً لمياه الشرب والري في وادي النيل والواحات الصحراوية. وتستخدم المياه الجوفية بكثرة في الأغراض الزراعية والصناعية والمنزلية والسياحية. ويمكن أن تساهم المدافن الصحية في تلويث المياه الجوفية إذا لم تكن مصممة بحيث تمنع رشيق المخلفات من التسرب إلى المياه الجوفية. وتعتبر عملية تنظيف المياه الجوفية من التلوث عملية معقدة ومكلفة وفي بعض الحالات قد يستحيل نجاحها بدرجة كاملة. وهناك عدة عوامل تسبب انتقال الملوثات من المدفن تشمل خصائص التربة التي يتحرك خلالها الرشيق والخواص الكيميائية للرشيق والمواد الملوثة به. وتؤثر هذه الخواص على كيفية احتجاز بعض الملوثات عند اتصالها بعناصر التربة التي تتحرك خلالها. وبسبب صعوبة تصحيح الأوضاع بعد تلوث المياه الجوفية تم توجيه عناية كبيرة لمصادر تلويث المياه الجوفية في السنوات الأخيرة. وقد تم توجيه قدر كبير من هذا الاهتمام إلى المدافن الصحية. إلا أن المدافن الصحية ليست هي المصدر الوحيد لتلويث المياه الجوفية في وادي النيل. ويظهر الجدول رقم 4-1 بعض المصادر الأخرى الملوثة المعروفة.

جدول 4-1 مصادر تلويث المياه الجوفية
المشاكل التي تحدث من مصادر فوق سطح الأرض:
1- عدم تنقية المياه السطحية الملوثة
2- تصريف المخلفات السائلة والصلبة على الأرض
3- أكوام القمامة ومخلفات المناجم، وأملاح الطريق، الخ
4- مقالب القمامة
5- طرح حمأة معالجة المياه والصرف الصحي على الأرض
6- رش الملح على الطرق
7- مأكولات الحيوانات
8- استخدامات الأسمدة والمبيدات
9- حوادث انسكاب السوائل

<p>10- الجسيمات الصلبة العالقة بالهواء</p> <p>مشاكل تحت سطح الأرض ولكن فوق مستوى المياه الجوفية:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- خزانات معالجة الصرف الصحي 2- تسربات المدافن الصحية السطحية 3- المخلفات التي يتم التخلص منها في أعمال الحفر 4- تسرب الخزانات تحت الأرض 5- رشح المواسير تحت الأرض 6- الحقن الصناعي للأرض 7- آبار الصرف الصحي وآبار التجفيف 8- المقابر
<p>مشاكل أسفل مستوى المياه الجوفية:</p> <p>المخلفات التي تلقى في الحفر الرطبة</p> <p>آبار وقنوات الري الزراعي</p> <p>الخزانات الأرضية</p> <p>الأنشطة الثانوية لإعادة التدوير</p>

2-4 الهواء

تم توجيه الاهتمام قديماً إلى مصادر تلويث الهواء مثل المداخن. وفي السنوات الأخيرة، تزايد الجهد لتقييم وتنظيم مصادر تلويث الهواء غير المباشرة مثل مدافن المخلفات. وتعتبر غازات المدافن من العناصر المقلقة بسبب تأثير هذه الغازات على صحة الناس وعلى حرارة الأرض. وقد أصدرت الولايات المتحدة ودول أخرى قوانين للتحكم في غازات المدافن. وحتى هذه المرحلة كان التحكم مطلوباً فقط في حركة الغازات التي قد تؤدي لحدوث انفجارات. ومثال ذلك، أعد جهاز حماية البيئة الأمريكي قوانين عام 1996 أثرت على المدافن الكبيرة التي تبلغ طاقتها 2,75 مليون طن أو أكثر تنتج سنوياً على الأقل 55 طن من المركبات العضوية التي لا تحتوي على الميثان. ومن المتوقع أن يحتاج أكثر من 280 من المدافن الكبيرة إلى تركيب أنظمة لتجميع ومعالجة غازات المدافن.

قد يسبب الغبار المتطاير من حركة السير فوق الطرق الترابية مثل طرق الدخول للمدافن مشاكل صحية وبيئية. وهذا يتطلب التحكم في عمليات التشغيل لمنع التأثيرات الصحية الضارة لها. بعض أشكال المخلفات الصلبة مثل الأجهزة الكهربائية قد تسبب أيضاً مشكلة تنتج من المواد الموجودة فيها. هناك عدد هائل من الثلجات والمكيفات وأجهزة مقاومة الرطوبة وتطبيقات التجمد الأخرى التي يتم التخلص منها في مصر كل عام. وما لم يتم تداول هذه المواد بطريقة خاصة فقد ينتج عنها أطنان من غاز الكلوروفلوروكربون والهيدروكلوروكربون تتبعث في الهواء. وقد أثبتت البحوث العلمية أن بعض المركبات من صنع الإنسان (مثل مركبات الغازات المذكورة) تؤثر على طبقة الأوزون وتساعد على زيادة مستوى الإشعاعات فوق البنفسجية الخطرة التي تصل لسطح الأرض.

وبالإضافة إلى ذلك، يتمثل أحد مصادر تلوث الهواء من المدافن الصحية في الحرق غير المنظم للقمامة. وهذه مشكلة كبيرة في عدة مقالب في مصر. وبسبب أنواع المواد التي يتم حرقها يشكل الدخان والرماد الناتج عن هذه الحرائق خطراً على صحة العاملين والسكان القريبين من المدفن. وبسبب هذه الحرائق التي تحدث في المدافن يصبح إقامة المدافن أمراً أكثر صعوبة في المناطق المأهولة بالسكان.

3-4 المياه السطحية

يعتبر نهر النيل في مصر العمود الفقري للبلاد ويجب حمايته من المخاطر البيئية. وبمرور الوقت أصبح من المحتمل أن يكون الأسلوب غير السليم في تشغيل المدافن الصحية في مصر قد سبب تلوثاً للمياه السطحية مما أثر على نهر النيل. وفي الحالات التي يحدث فيها اتصال للمياه السطحية بالمخلفات الصلبة يحدث التلوث. وفي السنوات الأخيرة حظي الأثر البيئي للمياه السطحية من مصادر مثل المدافن باهتمام كبير في مصر. وفي الماضي ركزت القوانين في مصر كما هو الحال في دول أخرى في العالم على مصادر الصرف الصحي. وقد كان من الشائع افتراض أن مياه الأمطار في المدن مياه نظيفة. إلا أن الدراسات أثبتت أن مياه الأمطار الواردة من المناطق الصناعية والمدافن الصحية تحتوي على كميات كبيرة من نفس الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي والصناعي. وقد وجد أيضاً أن هذه المياه قد تسبب مشاكل بيئية خطيرة. وتشمل الملوثات التي وجدت في تيار مياه الأمطار معادن ثقيلة ومبيدات زراعية ومبيدات حشرية ومركبات عضوية (وقود، زيوت مرتجعة، منظفات، شحوم، ودهون). وبالرغم من أن مياه الأمطار في مصر شحيحة ومتوسط سقوط الأمطار فوق القاهرة 138 ملم فقط في العام فإن المياه السطحية لا تزال مصدر تلوث.

4-4 مصادر أخرى

هناك عدد من العوامل الأخرى التي أثارت قلق الناس حول المدافن الصحية وعمليات التشغيل بها مثل:

- الرائحة: إن تحرر غازات المدفن في الهواء أو وضع طبقة التغطية اليومية بطريقة غير صحيحة فوق المخلفات أدى إلى انتشار روائح غير مرغوبة في موقع المدفن والأكثر أهمية امتدادها إلى المناطق السكنية المجاورة.
- المرور: ازدياد حركة المرور بسبب عمليات نقل المخلفات قد يسبب مشكلة في بعض الأحيان حسب طبيعة الطرق التي توصل للمدفن.
- القوارض: وجود القوارض في منطقة المدفن (مثل الطيور والفئران، الخ) بسبب التشغيل غير السليم للمدفن أدى إلى قلق الجمهور من هذه المدافن.
- القمامة المتطايرة: تطاير القمامة إلى المناطق المجاورة وعلى الطرق المؤدية للمدفن أصبح مصدر شائع للشكوى من السكان المقيمين بالقرب من المدفن أو الذين يستخدمون الطرق التي تسير عليها سيارات نقل القمامة.

الجزء الخامس إنشاء المدفن الصحي

أحد أكثر الطرق فعالية لخفض المخاطر البيئية والقلق الاجتماعي هو اختيار موقع المدفن بعيداً عن المشاكل. على سبيل المثال، تحديد موقع المدفن في المكان المناسب من حيث التركيبة الجغرافية يمكن أن يتجنب التكلفة الكبيرة لعمل نظام عزل لحماية المياه الجوفية. إلا أن العوامل الاقتصادية مثل التكاليف وتكلفة الأرض هي التي تحدد موقع المدفن. لذا تحدد ظروف الموقع الخطوات اللازمة اتخاذها من حيث التصميم للحد من التأثيرات الضارة للمدفن. ويحدد هذا الجزء الدور الذي تلعبه ظروف الموقع في تخطيط المدفن.

في مصر، من المفهوم أن معظم البلديات لا تستطيع ببساطة إنشاء مدافن مثالية. وفي مثل هذه الظروف حيث هناك رغبة جادة في حماية البيئة بكفاءة، يجب التفكير في الوصول لحل وسط. لذا من المهم تحديد مستوى الحماية المطلوب والتكلفة المقترضة مع مراعاة الظروف الاقتصادية. وفيما يلي الاعتبارات الاقتصادية والبيئية التي يجب مراعاتها عند اختيار موقع مدفن جديد أو تحديث مدفن قائم، بالإضافة إلى تناول دور الجمهور في عملية اختيار موقع المدفن وطريقة تقييم المواقع الجديدة والقائمة.

1-5 اعتبارات اختيار الموقع

فيما يلي بعض القضايا التي يجب تقييمها عند اختيار موقع المدفن:

مسافة نقل المخلفات: يجب أن تكون مسافة نقل المخلفات أقصر ما يمكن لتقليل التكلفة.
تعليمات الموقع: يجب فهم والالتزام بتعليمات الموقع. يجب الالتزام بالقيود المفروضة لحماية الطائرات من الاصطدام بالطيور التي تنبش في المدفن للبحث عن الطعام ومراعاتها بكل دقة. هذه الاصطدامات تسبب تلفيات كبيرة للطائرات وقد تؤدي لسقوطها خلال عمليات الإقلاع والهبوط.

مساحة الأرض المتاحة: تعتبر مساحة الأرض المتوفرة مسألة حيوية في تحديد موقع المدفن. ولتقليل التكلفة المصاحبة لعملية التصميم واستخراج التصاريح والإنشاء والغلق وما بعد الغلق يفضل وجود منشأة تعمل على الأقل لمدة سنتين أو ثلاثة. ومن الناحية العملية فقد تحولت المنشآت القصيرة الأجل إلى منشآت طويلة الأجل، لذا من المهم الاهتمام بكل أوجه عملية إنشاء الموقع حتى عند التخطيط لإنشاء مقلب محكوم قصير الأجل. ومن الأفضل أن يتم التفكير في تشغيل المدفن لمدة عشرة إلى عشرين سنة وبالأخص في حالة المدافن الصحية.

وتؤدي المواصفات البيئية المرتفعة إلى زيادة تكلفة إنشاء وتشغيل وغلق المدفن. وبالتزامن مع مشكلة مساحة المدافن في بعض البلاد تؤدي هذه العوامل إلى إنشاء مدافن إقليمية يمكنها تلبية الاهتمامات البيئية بطريقة اقتصادية. وتخدم هذه المدافن الإقليمية منطقة أكبر من التي تتم خدمتها عادةً بواسطة مدفن تابع للبلدية. وتطبق هذه الاعتبارات في البلاد النامية مثلما تطبق في البلاد الصناعية. إن إنشاء واستخدام المحطات الوسيطة يخفض تكلفة النقل التي يتطلبها استخدام المدافن البعيدة والمدافن الإقليمية.

الدخول للموقع: طبقاً لرأي العديد من الخبراء، من الأفضل أن يكون الموقع على بعد 30 دقيقة من آخر نقطة تجميع للمخلفات حسب مسافة النقل وظروف الطريق وحركة المرور. وإذا زاد وقت النقل للمدفن عن 30 دقيقة قد يكون من الضروري استخدام محطات وسيطة أو سيارات نقل كبيرة (5 طن أو أكثر) مع الأخذ في الاعتبار النفقات اللازمة. ويفضل أن يكون هناك طريق عام مهد يوصل للموقع يستوعب حركة النقل الإضافية بدون أن يؤثر على حركة المرور.

ويجب أن يقل طول الطريق الموصل للموقع عن 10 كيلومتر للمدافن الكبيرة وأقل من كيلومتر للمدافن الصغيرة.

الظروف المناخية: تعتبر الظروف المناخية مهمة جداً في تحديد موقع المدفن. ومن المتوقع أن تنتج المدافن الموجودة في الظروف الصحراوية مثلما هو الحال في مصر كمية بسيطة من الرشيح. لذا، إذا لم يكن المدفن موجوداً فوق خزان مياه أرضي كبير يمكن حماية المياه الجوفية عن طريق ذلك مواد محلية.

الظروف الطبوغرافية وخصائص التربة: يعتبر فهم الطبيعة الطبوغرافية للموقع وطبيعة التربة من العوامل المهمة في عملية تخطيط المدفن. على سبيل المثال، لا يجب أن تقام المدافن فوق منحدر. هذا الوضع يجعل من الصعب تشغيل المدفن. إن إقامة المدفن فوق جرف له مدخل للقاع يعتبر من الأمور الهامة الأخرى. ومن المهم أيضاً أن نفهم الخصائص المختلفة للتربة واستخدامات الأرض في الموقع لأن هذا قد يؤثر على التصميم وبالتالي على تكلفة المدفن. ومن الأسئلة المهمة التي يجب الإجابة عليها:

- هل التربة في الموقع صالحة للاستخدام في عمل طبقة التغطية؟
- هل التربة التحتية للموقع مناسبة لمنع الرشيح من الوصول للمياه الجوفية؟
- هل التربة صعب التعامل معها؟
- ما هو سمك طبقة التربة العليا وما هو عمق الطبقة الصخرية؟
- هل التربة متشبعة بالمياه؟

وللإجابة على هذه الأسئلة وغيرها، من المهم أن نفهم كيف تشكلت هذه الأمور في المقام الأول. توضح التربة الموجودة في أي موقع كيف تشكلت المنطقة. فالتربة التي تشكلت بسبب عوامل الجو أو تراكم طبقات الأرض بسبب الرياح أو المياه لها خصائص مختلفة جداً.

أ- أصل الأرض

عند دراسة خصائص الأرض الموجودة نرى نتيجة مرور ملايين السنين استغرقتها الطبيعة في تشكيل الأرض بشكلها الحالي. إن تشكيل الأرض يكون بطيئاً للغاية في معظم الحالات. وبينما نستطيع قياس ذلك علمياً إلا أننا لا نستطيع مشاهدته بالملاحظة المباشرة. لقد استغرق تشكيل الأرض وقتاً طويلاً جداً. وتتحكم خمسة عوامل في عملية تشكيل الأرض:

المادة الأم: وهي الصخور التي نتجت عنها أنواع التربة. وتوجد المادة الأم في أو بالقرب من موقع المنطقة أو في موقع آخر انتقلت منه مكونات التربة.

الظروف المناخية: سقوط الأمطار من أهم العوامل المناخية المؤثرة في مادة التربة والصخور. وتستطيع الأمطار أن تحدث تغييرات كبيرة في شكل الأرض مع مرور الوقت. ويتغير لون أو كثافة الأرض تبعاً لتغير ظروف الجفاف أو الرطوبة حسب سقوط الأمطار. كما أن الأرض والصخور يمكن أن تتكسر إلى قطع أصغر نتيجة دورة التجمد/الذوبان التي تحدث نتيجة تكون الصقيع في المناطق التي تشهد تغيرات حادة في الظروف المناخية. ويمكن ملاحظة دور المياه في تشكيل التربة بمراجعة خصائص التربة في مواقع مختلفة. ففي المناطق الجافة تختلف التربة بشدة عن التربة الموجودة في المناطق الرطبة أو التي تتعرض لظروف الصقيع بصفة منتظمة.

الكائنات الحية: تلعب الكائنات الحية دوراً كبيراً في التأثير على خصائص التربة. النباتات والبكتريا والفطريات وغيرها يمكن أن تحفر خلال التربة وتنشئ فيها قنوات لمرور المياه.

الطبوغرافيا (التضاريس): تؤثر العوامل الطبوغرافية في أي أرض علي خصائص التربة الموجودة والتي تتشكل على مدار السنين. فمثلاً، إذا سقطت الأمطار على أرض منحدر فسوف تجري المياه فوق هذا المنحدر أكثر من كونها سوف تتغلغل في التربة وتستقر في الأرض. بينما إذا سقطت الأمطار فوق أرض مستوية فسوف تتجمع المياه في هذه الأرض أو تتحرك ببطء. وكلا التصرفين له تأثير كبير على كمية المياه التي تستقر في التربة.

الوقت: عند إتاحة وقت كافي لفعل الطبيعة يمكن أن تتغير خصائص المادة الأم أو المنقولة بشكل كبير.

كل هذه العناصر مهمة في تكوين التربة وتحديد خصائص الأرض مثل التماسك والتكوين وتوزيعات الحجم. وهي مهمة جداً أيضاً في تحديد حركة المياه الجوفية خلال التربة تحت المدفن وكيف تنتقل الملوثات للمياه الجوفية والسطحية.

ب- عوامل التعرية

تآكل التربة نتيجة نحر المياه: من العوامل الطبيعية المهمة في تشغيل المدفن هو تآكل التربة. وتآكل التربة هو الحركة المتسارعة لجزء أو مجموعة أجزاء من الأرض ينتج عنها عدم استقرار التربة. وفي تشغيل المدفن يمكن أن يحدث تآكل للتربة في الطبقات السطحية التي تتعرض لحركة الماء أو الرياح. وهذا هو الوضع بالتحديد في سطح المدفن الذي يكون على شكل منحدر مثل الميل الجانبي للخلايا المغلقة.

وينتج معظم حالات التآكل في المدافن بسبب جريان أو سقوط المياه. وتبدأ عملية التآكل بسقوط الأمطار كما في شكل 5-1. وعندما تتعرض التربة لسقوط الأمطار تنفتت عناصر التربة. وتبدأ الأجزاء الصغيرة من التربة في الحركة مع تيار الماء وتتحرك في اتجاه المنحدر لأسفل. **حركة التربة بسبب الرياح:** في المناطق التي تتعرض لرياح سريعة يمكن أن يحدث التآكل بسبب قوة فعل الرياح. وإذا كانت قوة الرياح كافية لتحريك أجزاء من التربة فوق السطح يمكن أن يحدث التآكل مع تحرك التربة لمنطقة جديدة. وكما هو الحال مع التآكل الناتج من فعل المياه فأفضل وسيلة لمقاومة التآكل بفعل الرياح هي زيادة ثبات تربة السطح عن طريق المسطحات الخضراء أو أي عامل مثبت آخر.

ج- أنواع وتصنيف التربة

الطفلة الرملية هي خليط من أحجام مختلفة من التربة والصخور. والمسافة بين مسام التربة مهمة جداً في تحديد وجود الممرات التي تنتقل من خلالها الملوثات إلى المياه الجوفية. وتعتبر الأرض ذات ثلاثة أجزاء تتكون منها هي الجزء السائل والصلب والغازي. وتتكون التربة من مكونات مختلفة مثل الطمي والغرين والرمل. ويوضح الشكل رقم 5-2 هذه التكوينات كما يحدد مثال لتوزيع أجزاء التربة في تكوين أرضي محدد. ويعتمد تماسك عناصر التربة على نسبة كل عنصر في تكوين هذه التربة (الطمي، الغرين، الرمل). ويحدد التكوين النسبي لحجم كل عنصر خصائص التربة.

وعند تقييم التربة لغرض محدد من الاستخدامات يمكن ملاحظة هذه الخصائص من خلال الخواص الطبيعية أو الكيميائية. وتحدد الخصائص الطبيعية للتربة استخدام المواد الطبيعية في التربة في أغراض بناء أو تشغيل المدفن. وسيتم وصف العناصر الطبيعية للخصائص الأساسية للتربة لاحقاً.

الطمي: الطمي هو أجزاء التربة التي تقل في الحجم عن 0.005 ملم. التربة الطينية ذات مسام دقيقة جداً وتستخدم بكثرة في بناء المدافن. وبالنظر إلى استخدام التربة الطينية في تطيين المدفن يجب عمل مقطع حجمه 1 x 7-10 سنتيمتر في التربة لتحديد مسامية التربة الطبيعية (الطينية) المستخدمة في تطيين المدفن.

وتؤدي الطبقة السطحية الكثيفة للتربة الطينية إلى انتفاخها إذا تعرضت للرطوبة. وتعتمد الخصائص المفيدة للتربة الطينية على العناصر التالية:

- نسبة المعادن الموجودة بها.
- توزيع درجة الامتصاص.
- شكل التكوين.
- كيميائية نفاذ السوائل بها.
- تركيب التربة.
- درجة التشبع.

وأثناء بناء المدفن يتم دك التربة الطينية. ونتيجة لذلك تنخفض درجة مسامية التربة بسبب انخفاض المسام بين عناصر التربة.

الغرين: التربة التي تتكون أساساً من جزيئات الغرين لا تتوفر بها خصائص مسامية منخفضة بحيث تكون مناسبة لعمليات التثبيت. وأحد الخصائص الطبيعية للغرين هو نفاذيته للصقيع وحركة المياه. وهذا لأن الغرين يسمح للمياه بالنفاذ من خلاله مع احتجاز كمية كافية منه تتجمد وتتمدد.

الرمل: تتميز التربة الرملية عادة بقابليتها الكبيرة للنفاذية. وهذه الخاصية تجعلها مناسبة لعمليات البناء بسبب سهولة تداولها تحت الظروف المناخية المختلفة. وللأسف هذه الخاصية غير مفيدة للمدافن بسبب سماحها للملوثات بالوصول للمياه الجوفية. أيضاً يمكن أن تساعد هذه الخاصية على انتقال غازات المدفن خلالها.

د- خصائص التربة التي تؤثر على المدافن

في المدافن غير المبطنة تعمل التربة كطبقة حامية للمياه الجوفية. ويتم استخدام وسائل طبيعية وكيميائية وحيوية لمعالجة التيار الملوث الخارج من المدفن في التربة تحت المدافن غير المبطنة. أما في المدافن المبطنة فيقل الاعتماد على الخواص المعالجة للتربة أسفل المدفن وتشمل الخصائص المهمة للتربة لأي مدفن ما يلي:

النفاذية: هي قدرة الصخور أو التربة على نقل الماء. ويمكن تقسيمها إلى نوعين: النفاذية الأولية (المسامية) وهي قدرة الماء على الحركة بين حبيبات التربة الرملية. النفاذية الثانوية (الفوالق) وهي قدرة الماء على الحركة خلال التشققات والفوالق أو الوصلات بين الصخور. ومن الأفضل أن تكون قاعدة المدفن فوق مستوى المياه الموسمية وأن تكون درجة النفاذية أقل من 10 سم للمقطع.

القابلية للدك: يمكن أن يؤثر الدك الميكانيكي على نفاذية التربة. وطبقاً للخصائص الطبيعية للتربة الطبيعية يمكن عمل دك كثيف باستخدام الوسائل الميكانيكية. ويعتمد مستوى الدك على العلاقة بين خصائص التربة ونسبة الرطوبة بها. وبصفة عامة، توضح المعلومات التالية العلاقة بين رطوبة التربة وعمليات الدك:

1- كلما زادت درجة الحبيبات في التربة (كلما كانت رملية) كلما زادت الكثافة الكلية وقلت الرطوبة الفعلية.

2- كلما زادت نعومة التربة (زيادة التربة الطينية) كلما قلت الكثافة الكلية وزاد تسطح منحنى الكثافة نتيجة وجود الرطوبة.

ثبات التربة: هي درجة مقاومة التربة للعوامل الطبيعية التي تسبب تآكل التربة. هناك ثلاثة عوامل رئيسية تسبب تآكل التربة في معظم أنواع المدافن. وجميع هذه العوامل أثرت على تكوين التربة في العصور الجيولوجية. ويوضح الشكل 3-5 هذه العوامل التي تشمل:

- تكوين الأخدود Gully
- تكوين الوديان Rill
- التكوين السطحي Sheet

ويشمل نظام الصرف السطحي للمدفن قنوات وممرات تصريف berms تستخدم لعزل مناطق التشغيل الفعلي للمدفن وخلايا المدفن عن تيار الماء الطبيعي في موقع المدفن. وبعض هذه القنوات من صنع الإنسان أو من فعل مشترك بين الإنسان والطبيعة. ويزداد عمق مسار التصريف أكثر بمرور الوقت وعوامل التعرية. وهذا يسمى بتكوين الأخدود بفعل التآكل (gully erosion).

شكل آخر من أشكال التآكل هو تكون الوديان rill erosion وهو إزالة التربة من المنحدرات الجانبية بسبب سقوط المياه على سطح الميل الجانبي. ويزداد هذا التآكل بحدّة نتيجة تركيز المياه ويسبب تلف التربة.

التآكل السطحي sheet هو فعل المياه عند وجودها على رقعة من الأرض دون وجود قنوات لتصريف المياه. وفي المناطق التي يوجد بها نسبة بسيطة من المسطحات الخضراء لا يكون هناك قدر كافي من ثبات الأرض لمنع حدوث التآكل، ولا توجد قنوات تصريف في الأرض. ونتيجة لذلك يحدث التآكل.

ويعتبر تثبيت الأرض فوق كافة الأسطح التي يمكن أن تمر بها المياه هو الحل الأمثل لمشكلة التآكل. ويساعد تشجير المنطقة على ثبات التربة. ويجب تثبيت الميل الجانبي للمدفن بأسرع ما يمكن عن طريق زرع حشائش طبيعية تمنع عملية تآكل التربة. أيضاً سوف يمنع التحكم في مجرى المياه حول المدفن وتحويلها للمناطق التي بها سيطرة على عملية التآكل حدوث المشاكل التي تسبب تحول التربة لمناطق غير مرغوبة.

هـ - توزيع حجم الحبيبات

من أهم الخصائص الطبيعية للتربة هو نسيج التربة. ونسيج التربة هو درجة نعومة أو خشونة هذه التربة وتوضحها عادةً نسب العناصر التي تتكون منها التربة. والمثلث الموجود في الشكل رقم 4-5 يوضح التركيب الذي تتكون منه مواد التربة بناء على النسب المئوية لها. مثلاً التربة التي تحتوي على 70% من الرمل و20% طمي و10% غرين تسمى تكوين رملي طيني. ومن الطبيعي أن حجم الرمل يتراوح من 0,05 ملم إلى 2,00 ملم. والغرين أصغر من الرمل ويتراوح حجمه عادةً بين 0,002 إلى 0,05 ملم. وحيث أنها الأصغر حجماً لا يمكن رؤية جزيئات الغرين بالعين المجردة.

و_ استخدام مواد التربة في تشغيل المدافن

كانت بعض المدافن في الماضي مصممة كمقالب طبيعية. واعتمد تصميم هذه المدافن على أن الرشيح سوف يتم تنقيته من خلال مروره في التربة أسفل المدفن. وللأسف، أدركنا الآن أنه لا يمكن حماية المياه الجوفية بطريقة سليمة في مثل هذه المدافن. وقد أدى هذا الإدراك إلى وجود التصميمات الحالية للمدافن الصحية ومواصفات التشغيل القياسية وأنه يجب إغلاق معظم المدافن غير المبطنّة. وخلال العشرين سنة الأخيرة تعلمنا الكثير عن حركة الملوثات والرشيح خلال

التربة. ومن المهم لمشغلي المدفن أن يعرفوا كيف تؤدي تصرفاتهم إلى التأثير على حجم التلف الذي قد يحدثه الرشيح.

وفي بعض المدافن القديمة الموجودة في تربة عالية المسامية (مثل التربة الرملية علي سبيل المثال) تم العثور على الملوثات على مسافات بعيدة. كما أن المركبات غير العضوية مثل أيونات الكلور أكثر مقاومة لعمليات الترشيح. وهذا أحد أسباب استخدام هذه المكونات في مراقبة حركة الرشيح.

2-5 حركة المياه السطحية

من أهم الاعتبارات في تحديد مكان المدفن هو تحديد إمكانية حدوث فيضانات. والفيضان هو غمر مؤقت بالمياه لمنطقة بسبب تيار مياه شديد بسبب تحرك المياه من مناطق منحدره مجاورة أو بسبب حركة المد والجزر. المياه التي تتبقى بعد سقوط الأمطار أو ذوبان الثلوج تعتبر فيضان والمياه التي تتبقى في حفرة أو سهول تعتبر بركة أكثر منها فيضان. ويمكن أن يؤدي تعرض المخلفات لمياه الفيضان إلى تلوث المياه السطحية ويعرض الناس والبيئة لمواد سامة.

عند إقامة مدفن صحي من المهم الأخذ في الاعتبار مدى تكرار حدوث فيضانات في موقع معين وكلما قلت كلما كان ذلك أفضل. ويمكن تصنيف الفيضانات إلى درجات هي: لا توجد، نادرة جداً، نادرة، شائعة، موسمية، متكررة، ومتكررة باستمرار.

- لا توجد: تعني أن الفيضانات غير محتمل حدوثها.
- نادرة جداً: تعني أن أنه من غير المحتمل غالباً ولكن من الممكن حدوثها بسبب ظروف مناخية غير عادية (أقل من 1% في السنة).
- نادرة: من غير المحتمل ولكن من الممكن حدوثها بسبب ظروف مناخية غير عادية (فرصة حدوث الفيضان من 1 إلى 5% في السنة).
- موسمية: تحدث بمتوسط مرة أو أقل كل سنتين (فرصة حدوث الفيضان من 5 إلى 50% في السنة ولكن أقل من 50% في جميع شهور السنة).
- متكررة: تحدث بمتوسط أكثر من مرة كل سنتين (فرصة حدوث الفيضان أكثر من 50% في السنة ولكن أقل من 50% في جميع شهور السنة).
- متكررة باستمرار: من المحتمل حدوثها باستمرار تحت ظروف المناخ العادية (فرصة حدوثها أكثر من 50% في جميع شهور السنة).
- شائعة: تستخدم عند الجمع بين الدرجات الموسمية والمتكررة لغرض معين.

وفي مصر توضح صورة التربة وقلة حجم الحصى والرمل والطيني المتحرك بواسطة مياه الفيضانات أن حدوث الفيضان في مصر أمر نادر. وعند إقامة مدفن من المهم عمل مسح هندسي تفصيلي لتحديد مسارات الفيضانات في حالة وجود فيضانات متكررة الحدوث. يجب أن تقام المدافن أكثر من عشر سنوات ومن الأفضل أكثر من 100 سنة من تاريخ حدوث آخر فيضان لأي نهر كبير.

وتعتبر الأراضي الرطبة التي تتصل مباشرة بمنشآت المياه السطحية مهمة جداً من حيث التنوع البيولوجي والسكان والبيئة. وقبل اختيار الموقع يجب تحديد الأراضي الرطبة وإمكانية تحفيها. فالأراضي الرطبة إذا تركت كما هي يمكن أن تكون عاملاً مساعداً في خفض التلوث في المدفن ويمكن استخدامها في المعالجة الثانوية أو الأولية للرشيح.

3-5 الظروف الجيولوجية والهيدروجيولوجية

من أهم العوامل في إقامة المدفن أو تقييم مدفن قائم هو عمق المياه الجوفية. ويمكن تعريف المياه الجوفية ببساطة على أنها المياه الموجودة في الفراغات في طبقات الأرض السفلية أو القاع

الصخري للأرض. وإذا كانت الأرض أو الطبقة الصخرية متشعبة يسمى المكان خزان جوفي. وعمق المياه في الخزان الجوفي يسمى مستوى المياه الجوفية. والجزء فوق الخزان الجوفي يعتبر المنطقة المفتوحة.

يمكن أن يكون الخزان الجوفي إما في الضغط الجوي (ظروف مستوى المياه) أو أقل من الضغط الجوي بسبب الظروف الارتوازية. والمياه الجوفية هي المياه التي تتحرك من الخزان الجوفي من ضغط مرتفع إلى ضغط منخفض. وتعتبر قدرة التربة على نقل المياه هي التي تحدد نفاذية أو احتواء التربة على المياه إذا كانت التربة متشعبة. ويوضح الشكل رقم

5-5 الخصائص المائية المختلفة للصخور بما فيها المسامية أو عدم المسامية. وتعتبر دورة المياه هي حركة الماء من الجو إلى المياه السطحية والجوفية وعودتها من خلال التبخر. ويسمى ترسيب المياه لأسفل أو حركة المياه من النهر أو البحيرات إلى الخزان الجوفي بعملية إعادة الشحن، كما تتسرب المياه الجوفية إلى الأنهار والبحيرات حيث تتبخر. ويوضح الشكل 5-6 الخصائص المختلفة للمياه الجوفية ودوران المياه.

ويسبب تلوث المياه الجوفية العديد من المشاكل. وأكثر هذه المشاكل شيوعاً هي مشاكل عدم الارتياح (مثل الرائحة والطعم والرهاوي) والمشاكل المتعلقة بصحة الإنسان مثل وجود للكائنات الدقيقة والكيماويات القابلة للاشتعال والانفجار والكيماويات السامة. وتعتبر حركة الرشيح في اتجاه وداخل المياه الجوفية مسألة متشعبة ومعقدة وتعتمد على عدد من العوامل منها:

- خصائص الرشيح
- معدل واتجاه حركة المياه الجوفية
- الخصائص المائية
- خصائص التربة

ويعتبر الموقع الجيد للمدفن والتصميم الجيد والإنشاء طبقاً للوائح إدارة المخلفات الصلبة ضماناً لمنع تسرب الرشيح. فالتشغيل الجيد للمدفن ووضع طبقة التغطية النهائية حسب التصميم وعمل طبقة تشجير جيدة في المدافن غير المبطنة سوف يخفض بشكل كبير من حركة الرشيح واحتمال حدوث تلوث. والعديد من المدافن القائمة لا يوجد بها طبقات تبطين طبيعية أو صناعية أو أنظمة تجميع للرشيح. وإذا تقرر أن الرشيح يلوث المياه الجوفية قد يتطلب الأمر إجراءات مكثفة لعلاج الوضع لمنع تسرب الرشيح أو لتلافي آثاره الضارة. وقد يشمل ذلك تركيب أنظمة ضخ ومعالجة للمياه الجوفية وتقليل الملوثات إلى الحد الآمن وإعادة المياه المعالجة لمجرى المياه تحت الأرض.

من المهم لمشغلي الموقع أن يفهموا كم هو صعب ومكلف أن تعالج المياه الجوفية إذا تلوّثت. والحد الأدنى هو أنه من الأفضل اقتصادياً منع التلوث بدلاً من معالجته بعد حدوثه.

أ- مصادر تلوث المياه الجوفية

تعتمد حركة الملوثات على خصائص التركيب الجيولوجي للأرض والخواص الطبيعية والكيميائية للملوثات نفسها. وفي السنوات الأخيرة تم الاهتمام أكثر بتلوث المياه الجوفية بسبب تسرب المركبات العضوية. وقد تم تحديد العديد من العناصر الكيميائية في المياه الجوفية منها 175 مركب عضوي و50 مركب غير عضوي كيميائي وإشعاعي.

ب- حركة وتلوث الرشيح

بعض الملوثات الموجودة في الرشيح لا تتحرك بسرعة. فبعضها يبقى في التربة وبالتالي تتقيد حركتها. وهناك عدد من الكيماويات التي وجدت في المخلفات الصلبة، وتشمل هذه المواد الصابون والمنظفات. وهي تعمل على تقييد امتصاص التربة للملوثات وبالتالي تزيد من حركتها واحتمال تسربها (السرعة والمسافة) من المدفن.

وبناءً على خصائص التربة التي تنتقل خلالها الملوثات سوف تكون هناك فرصة لتحرك بعض مكونات الرشيح من مدفن غير محكوم. ويسمى هذا بالتلوث الجماعي plume حيث أن الملوثات تتحرك بشكل جماعي من موقع المدفن. ومثال ذلك موجود في الشكل رقم 5-7 في الصفحة التالية.

وكما هو موضح في الشكل تستطيع الملوثات التحرك من المدفن غير المبطن (أو تتسرب من مدفن غير محكوم) وتؤثر على آبار المياه الجوفية والمياه السطحية. وتتأثر كمية وسرعة حركة الملوثات خلال الأرض بعدد من العوامل:

- نوع ومسامية وسمك الطبقة التحتية للتربة
- نوع مسامية الصخور (نفاذية أو بها فوالق)
- عمق المياه الجوفية

عموماً تتحرك الملوثات بالتوازي مع حركة المياه خلال الأرض نتيجة سقوط الأمطار وتحدث هبوط للأرض نتيجة حركة المياه. وهذا يؤدي إلى انتشار الملوثات في اتجاه حركة الرشيح بسبب الهبوط الأرضي. وفي التربة ذات المسامية العالية تكون معظم الحركة في اتجاه حركة الرشيح. وفي التربة الأقل مسامية تكون حركة الملوثات في اتجاه عمودي على المياه الجوفية.

قد تتغير مستويات التلوث حسب تحرك الرشيح من المدفن. وهذا يحدث نتيجة للترشيح الطبيعي للتربة (قدرة التربة على معالجة الملوثات) التي تتحرك فيها الملوثات. وتساعد الخواص الطبيعية للتربة على معالجة أو إزالة الملوثات من تيار الرشيح.

وفي المدافن الحديثة الجديدة يتم تركيب طبقات بطانة لمنع حركة الملوثات من المدفن. كما توجد أنظمة مراقبة للتأكد من أن طبقة البطانة تقوم بعملها. وعموماً، يتم وضع آبار مراقبة بصورة سليمة لمراقبة وجود أي رشيح يصل للطبقات التحتية للتربة خلال أو حول المدفن. ويتم اختبار آبار مراقبة المياه الجوفية بصفة منتظمة بموجب إجراءات صارمة لتحديد مدى تأثير نوعية المياه الجوفية بوجود المدفن. وفي بعض الحالات يتم مراقبة حدوث تسرب للرشيح من طبقة تبطين

المدفن باستخدام أجهزة قياس lysimeters

وهذا يؤدي إلى تجميع السوائل بصفة منتظمة من المدفن واختبارها لضمان عدم حدوث تسرب. ويجب الاهتمام بمنع تسرب الرشيح من سطح الميل الجانبي. ويمكن عمل ذلك عن طريق استخدام طبقة تغطية يومية من التراب. ومن الممكن أن يصل الرشيح إلى هذه الطبقة الحامية ويسير بمحاذاتها حتى يصل إلى السطح عند الميل الجانبي. ويمكن ملاحظة ذلك من تغير اللون أو وجود سائل على جانب الميل في مناطق التشغيل النشطة في المدفن. ويمكن أن يسبب طفو الرشيح على سطح المدفن عدداً من المشاكل مثل:

- مشاكل جمالية مثل تغير اللون أو الرائحة النفاذة.
- تلويث المياه السطحية.
- إتلاف المسطحات الخضراء.

ج- الظروف المثالية للتشغيل

يجب أن يتم اختيار الموقع المناسب لظروف التشغيل المثالية وخفض نفقات البناء وتقبل الرأي العام له حيث:

- لا يكون هناك آبار ري خاصة أو عامة أو للزراعة أو للمشاة داخل حرم المدفن أو بالقرب منه مباشرة.
- لا يكون هناك حجر جيري في التربة التحتية له أو كربونات أو تكوينات صخرية مسامية غير مناسبة لحجز الرشيح.
- على الأقل 10 إلى 20 متر فوق مستوى الماء الموسمي وقاعدة مسامية على الأقل 10سم/مقطع.
- بعيداً عن الفوالق الجيولوجية والصخور ذات الشقوق الكثيرة التي تساعد على حركة الرشيح والغازات بعيداً عن المدفن.
- بعيداً عن مناطق النشاط الزلزالي. قد يتلف الزلازل تجانس بناء المدفن ويساعد على وجود ممرات جديدة تتحرك من خلالها الرشيح وغازات المدفن بعيداً عن الموقع.

ومن الصعب للغاية العثور على موقع مثالي للمدفن من حيث الخصائص الجيولوجية والمائية. إلا أن تحديد موقع المدفن كأفضل ما يمكن الوصول إليه يمكن أن يخفف التكاليف المصاحبة لاستخدام طبقات التبطين والتصميم والمراقبة.

د- ظروف البيئة المحلية

تعتبر ظروف البيئة المحلية عامل مهم يجب وضعه في الاعتبار عند إقامة المدفن. وتشمل العناصر المهمة:

- القرب من المنازل والطرق الرئيسية والمناطق الصناعية وخطوط نقل الكهرباء والبنية التحتية الأخرى (مثل خطوط الغاز والمجاري والمياه، الخ) والمناطق البيئية الحساسة (مناطق الطيور والكائنات النادرة والمهددة بالانقراض، الخ) يجب الاهتمام بأن تكون الإنشاءات وخطوط النقل والمناطق الحساسة خارج حدود المدفن.
- اتجاه وسرعة الرياح. إذا كان ذلك ممكناً، يجب أن يكون الموقع بعيداً عن اتجاه الرياح والمناطق الصناعية ومناطق العمل.
- القرب من المطارات وحركة النقل الجوي. يجب أن يكون الموقع بعيداً على الأقل 3 كيلومتر من مطارات الطائرات النفاثة وعلى الأقل 1,6 كيلومتر من الطائرات المروحية.
- الرؤية. يجب أن يكون الموقع بعيداً عن الطرق الرئيسية والمراكز السكنية ومراكز العمل بحيث لا يمكن رؤيته.
- المواقع الحساسة من الناحية الاجتماعية والسياسية. يجب أن يكون الموقع بعيداً عن مواقع مثل المساجد والكنائس والمحميات والنصب التذكارية والمناطق الأخرى التي لا يتقبل الرأي العام وجود المدافن بها.

هـ- الاستخدام الأمثل للمدفن المكتمل

في النهاية سوف يصل المدفن لمرحلة الإغلاق. ويجب توجيه الاهتمام إلى الاستخدام النهائي للمدفن. وفي المدن مثل القاهرة والإسكندرية يمكن أن تتحول المدافن الممتلئة إلى حدائق ومنتزهات أو تصمم الحدائق الصناعية، وفي مناطق أخرى يمكن أن تصبح مناطق خالية.

4-5 عملية اختيار الموقع

يجب أن يشترك في عملية اختيار الموقع كل من الجمهور والسلطات النظامية والمعاهد الفنية والإدارات المركزية والمحلية والوزارات. وقد تم تطوير العديد من الوسائل للمساعدة في اختيار أفضل المواقع للغرض المنشود منها. وتأخذ هذه الوسائل في الاعتبار هذه القضايا وتعمل مع الجمهور لاختيار أفضل هذه المواقع. الشكل 5-8 بناء على دراسة Rushbrook & Pugh (1999) توضح الخطوات التي يمكن اتباعها في عملية اختيار الموقع. وبصفة عامة يمكن شرح الخطوات المذكورة أعلاه باختصار على النحو التالي:

الخطوة الأولى: تحديد العوائق: خلال هذه الخطوة يقوم فريق من الجهات المعنية من المواطنين والموظفين الحكوميين والفنيين بإعداد معايير تساعد على تحديد المواقع المقبولة. أيضاً يجب تحديد المناطق التي يجب استبعادها بناء على استخدامات الأرض والعوائق الجيولوجية والهيدروليكية والاعتبارات الاجتماعية والاقتصادية وملكية الأرض والتكلفة.

الخطوة الثانية: إعداد قائمة مطولة للمواقع الممكنة وهذه الخطوة تستخدم لتحديد المناطق المستهدفة التي لا يتم استبعادها وتحتاج لمزيد من التقييم المفصل.

الخطوة الثالثة: الاختيارات المبدئية للموقع: كجزء من هذه الخطوة يقوم فريق فني باستخدام قاعدة المعلومات الجغرافية ومراجعة البيانات وتفقد المواقع واختصار هذه القائمة باستخدام أنظمة تفضيل لهذه المواقع تتوافق مع الحد الأدنى للمتطلبات التنظيمية والعامة.

الخطوة الرابعة: التصميم المبدئي: بناء على الخطوة الثالثة يجب إعداد تصميم مبدئي وتقدير للتكلفة للمواقع المرشحة. وبناء على التكلفة والاعتبارات الأخرى يمكن اختيار موقع أو أكثر لإجراء تقييم مفصل للموقع.

الخطوة الخامسة: تقييم الموقع: تتكون هذه الخطوة من اختبارات تفصيلية للتربة والجيولوجيا والنواحي الفنية والهيدروليكية للموقع المفضل. مثل هذه الاختبارات تتكون من عمل حفر استكشافية وآبار مراقبة وإقامة محطات رصد لقياس سرعة واتجاه الرياح. أيضاً دراسات المياه الجوفية والسطحية والهواء يمكن استكمالها. وبناء على هذه الاختبارات يمكن عمل تصميم نهائي للموقع المختار. ثم يتم عمل دراسة جدوى للموقع المختار ودراسة الأثر البيئي. وإذا تم فحص أكثر من موقع، لا يتم تقييم الموقع الأقل من الناحية الفنية ما لم يتم الموافقة على هذا الموقع في دراسة الأثر البيئي.

الخطوة السادسة: تقرير الجدوى ودراسة الأثر البيئي: هذه الخطوة هي الخطوة النهائية لاتخاذ القرار النهائي بخصوص الموقع. وباستخدام المعلومات الفنية المتجمعة من الخطوة الخامسة بالإضافة للنواحي البيئية والاجتماعية والاقتصادية وعناصر التصميم مثل عوامل الحد من التلوث (مثل طبقات البطانة، التغطية، وخطط الإغلاق) يتم إعداد دراسة الأثر البيئي للموقع واستكمال دراسة الجدوى النهائية.

الخطوة السابعة: القرار النهائي: يتم اتخاذ القرار النهائي بناء على عناصر التكلفة والأثر البيئي والرأي العام. وإذا لم يتم اختيار الموقع المرشح، يتم تقييم المواقع الأخرى المختارة في الخطوة الخامسة من حيث التكلفة والأثر البيئي.

وخلال هذه العملية كلها، من المتوقع أن تشترك الهيئات الحكومية والرأي العام فيها. وهذا سوف يقلل من احتمال رفض الموقع المختار خلال عملية اتخاذ القرار النهائي. أما كيف يتم إشراك الرأي العام في هذه العملية فهذا موصوف فيما يلي:

5-5 الرأي العام

يمكن أن تصبح معارضة الرأي العام قوية وفاعلة. لذا يجب أن يعد المخطط لإشراك المجتمعات المعنية في عملية اختيار الموقع. يجب أن يتم عمل حوار وعلاقة عمل مع ممثلي المجتمعات المرشحة والتعامل مع اهتماماتهم بخصوص تصميم وتنفيذ خطة المدفن. وفي عملية إنشاء المدفن يجب تشجيع البلديات لتشجيع مشاركة الجمهور في تحديد المواقع المختارة للمدفن. ويجب مشاركة الجمهور على أساس استشاري بهدف:

- دعم مفهوم الحاجة للمدفن وأساسيات التشغيل.
- توعية الجمهور بخصائص المدفن وحالته من خلال عقد ندوات عامة وعمل إعلانات.
- مساندة الرأي العام.
- رفع الوعي العام لدى الجمهور بصفاتهم منتجي المخلفات.

وبالإضافة لهذه القضايا الموضحة أعلاه سوف يطرح الجمهور أسئلة تشمل عمليات تشغيل المدفن ويجب الإجابة عليها خلال عملية اختيار الموقع. وتشمل هذه الأسئلة:

- 1 هل عمالة المدفن سوف تفتش على موردي المخلفات ويقوموا بعمل فحص عشوائي للحمولات الواردة للموقع لضمان أن المخلفات الخطرة والمواد المحظورة لن تلقى في المدفن؟
- 2 هل ستوفر المنشأة التدريب للعمالة للتعرف على المخلفات وتداولها بطريقة آمنة؟
- 3 هل الموقع المقترح لديه خطة لمراقبة المياه الجوفية؟
- 4 هل يتم استخدام طبقة تبطين بلاستيك أو طينية لتقليل حركة الرشح للمياه الجوفية والبيئة المحيطة؟
- 5 هل سيتم استخدام طبقة تغطية يومية؟
- 6 هل سيتم اتخاذ احتياطات لتقليل عمليات تشغيل وإغلاق المدفن؟
- 7 هل سيتم اتخاذ إجراءات لخفض الغبار المتطاير من طرق نقل المخلفات للمدفن؟
- 8 هل تخفض خطة تشغيل المدفن من حركة المخلفات الصلبة في المدفن؟
- 9 هل ستتخذ المنشأة خطوات للتحكم في وتجميع وإعادة استخدام غاز الميثان وغازات المدفن الأخرى؟
- 10 ما هي الخطوات التي سوف يتم اتخاذها لمنع الغازات المضايقة والسامة من الوصول للمناطق السكنية المجاورة؟
- 11 هل تخطط المنشأة لإقامة مناطق عازلة للضوضاء والصوت للحد من التلوث السمعي في المناطق المحيطة؟
- 12 هل تتضمن خطة تشغيل المدفن لتحويل مخلفات الحدائق وعمليات التجميل الواردة للمدفن إلى سماد عضوي؟
- 13 هل يعمل موظفي المدفن بالتعاون الوثيق مع برامج إعادة التدوير والتسميد وبرامج إدارة المخلفات الأخرى؟

14) هل هناك شروط لإغلاق المدفن والاستخدام النهائي في خطة المدفن؟

وسيتناول هذه القضايا عن تشغيل المدفن وإغلاقه في الأجزاء التالية.

5-5 برامج مراقبة المياه الجوفية

يجب أن تزود المدافن الجديدة بأنظمة لمراقبة المياه الجوفية للتأكد من عدم حدث تلوث للمياه الجوفية. ويمكن عن طريق عمل آبار مراقبة توضع في أماكن استراتيجية أخذ عينات من المياه الجوفية قبل وبعد مرورها بموقع المدفن. وبصفة عامة يتطلب ذلك عمل بئر واحدة على الأقل بموقع المدفن وعدد من الآبار حول المدفن لمراقبة المياه الجوفية بفعالية. ويجب حماية هذه الآبار من التلوث والطمس. ولذلك يجب غلق المكان حولها ووضع علامات مميزة عندها. وفي معظم الحالات يتم أخذ عينات من آبار المراقبة تحت نظام صارم حيث يقوم أفراد مدربون بأخذ العينات بصفة منتظمة. وعادة تتم دورة أخذ العينات كل 3 أو 4 شهور. ويتم إرسال العينات إلى معامل معتمدة لاختبارها. وعادة يتم تقديم نتائج اختبار العينات بصفة منتظمة إلى الجهة المسؤولة بعد استلام المدفن لها.

لقد تم وضع عدد من القياسات لمعرفة هل يوجد تلوث للمياه الجوفية. وتشمل هذه القياسات:

- الأس الأيدوجيني: ينخفض معامل الأس الأيدوجيني عادة في المياه الجوفية إذا كان بها رشيح. وهذا الاختبار يتم إجراؤه في الموقع في وقت أخذ العينات.
- محتوى الأكسجين الكيميائي COD: وهو مقياس الأكسجين المستخدم في عملية أكسدة المادة العضوية في العينة. ومن البديهي أن أي مادة تتحد بالمادة العضوية في المياه الجوفية سوف تزيد من استهلاك الأكسجين الكيميائي. ويتم عمل هذا الاختبار في المعمل بعد أخذ العينة.
- الكلور والكبريتات: تستخدم هذه المواد كمؤشر على وجود الرشيح بسبب تركيزها العالي في الرشيح. ويتم عمل هذه الاختبارات في المعمل.
- درجة الحرارة: زيادة درجة حرارة المياه الجوفية قد تكون مؤشر على تلوثها بالرشيح. وهذا الاختبار يتم في الموقع عند أخذ العينة.
- التوصيلية النوعية: تستخدم التوصيلية النوعية لقياس قدرة السائل على حمل شحنة كهربائية. وتلوث الرشيح يؤدي إلى زيادة القدرة التوصيلية للمياه الجوفية. وهذا الاختبار يتم في الموقع عند أخذ العينة.
- اختبارات أخرى: قد تكون هناك حاجة لعمل اختبارات أخرى لأغراض الترخيص للمدفن. وقد تشمل هذه الاختبارات وجود معادن أو مواد عضوية أو أي مواد أخرى تطلبها الجهة المسئول عن المدفن.

بعض القياسات المذكورة أعلاه (درجة الحرارة والأس الأيدوجيني والتوصيلية النوعية) هي قياسات تتم بالفعل عند أخذ العينات من آبار المراقبة. والاختبارات الأخرى تتم في المعمل. وعادة يكون للمدفن علاقة مستمرة بمعمل معتمد لإجراء اختبارات عينات المياه الجوفية.

الجزء السادس

إدارة رشيح وغازات المدفن

في معظم دول العالم يجب تركيب بطانة للمدافن الصحية لمنع تسرب الرشيح من المدفن. وتزود البطانة بوسائل لتجميع ومعالجة الرشيح. كما تمنع البطانة إلى حد ما تسرب غازات المدفن الخطرة.

وهناك عدد من مواد البطانة التي تستخدم في إنشاء المدافن الصحية. ويمكن تقسيم هذه المواد إلى فئتين:

• مواد طبيعية أو معالجة.

• مواد مصنعة من أغشية صناعية.

ويتحكم تصميم المدفن عادةً في تحديد تصميم وخواص طبقة البطانة القاعدية للمدفن. ولدى العديد من دول العالم مواصفاتها الخاصة بها لتصميم وبناء طبقة البطانة. والجدير بالذكر في موضوع طبقات البطانة هو أنه لا يوجد شيء اسمه طبقة بطانة مانعة للتسرب بشكل كامل. سوف يتسرب الرشيح من طبقة البطانة من خلال عملية تسمى التخلل أو النفاذ. هذا بالإضافة إلى أن التسرب يمكن أن يحدث من خلال الوصلات التالفة بين طبقات البطانة سواء عند التركيب أو بعد بدء تشغيل المدفن.

5-1 أنواع البطانات

إن استخدام طبقات تبطين للمدافن الصحية ليس بالشيء الجديد على مدافن المخلفات الصلبة. فقد تم استخدامها عندما زادت معرفتنا بالتأثيرات المحتملة للرشيح على المياه الجوفية وزادت معلوماتنا عن مواد التبطين المتاحة. وقد أدى ذلك إلى تصميم طبقات البطانة بهدف توفير حماية أفضل وأقوى ولفترات أطول. وقبل فرض طبقات البطانة في الدول الصناعية، كان اختيار مواقع المدافن الصحية يتم بناء على الظروف العامة للتربة التي يمكن أن توفر معالجة فعالة للرشيح وبدون أن تؤدي إلى تلويث شديد للمياه الجوفية. وللأسف، فقد أدركنا الآن أنه من المستحيل منع التلوث ما لم تكن المدافن مصممة بطريقة آمنة بحيث يتم جمع ومعالجة الرشيح بصورة كاملة. وفي السنوات العشر الأخيرة، تنوعت طبقات البطانة من طبقة مفردة من الطمي المدكوك غير المزود بوسائل لاكتشاف التسرب إلى غشاء مزدوج مرن وأغشية مركبة مزودة بوسائل لاكتشاف التسرب. وقد أثبتت هذه الأنواع من البطانة قدرتها على التجميع الفعال للرشيح وتوفير حماية أكبر للمياه الجوفية ضد التلوث. إن اختيار مواد التبطين وتركيبها بطبقاتاً للتصميمات يخضع لاختيار المواد التي يمكن تركيبها بأقل عيوب ممكنة بحيث تكون فعالة على المدى الطويل. إن تركيب البطانة من العمليات الصعبة ويتطلب مستويات عالية من الجودة إذا أردنا لها النجاح. ويوضح الشكل 1-6 مقطع عام في تركيب طبقة البطانة.

البطانة المصنوعة من الطمي: تستخدم التربة الطينية كمادة تبطين في المدافن التي تستخدم طبقة تبطين طينية مفردة أو كأحد مكونات طبقة التبطين المتعددة الطبقات. وهذه المواد لها خصائص نافعة. يحتوي الطمي على حبيبات متساوية الحجم وناعمة جداً. وبينما يؤدي ذلك إلى وجود فراغات واسعة بين الحبيبات إلا أن للتمي خصائص امتصاص تمنع المياه من التسرب خلال هذه الفراغات. وبالرغم من أنه تم إجراء اختبارات مكثفة على مواد طينية خالصة إلا أن القوانين الحالية في الولايات المتحدة تسمح باستخدام مواد أقل نقاءً طالما أنها تحقق مستوى النفاذية المطلوب.

وتعتمد درجة الانتفاخ الفعلية

مواد طبقة البطانة في مصر

يوجد في مصر مصادر عديدة لمواد طبقة البطانة الطينية. يمكن تحويل الغرين والتمي الموجود فوق الطبقة الرملية للخران الجوفي لوادي النيل إلى مواد تبطين. أضف إلى ذلك

للتربة الطبيعية على كمية
المادة الطينية في التربة.

طبقات البطانة المزدوجة:

يوضح الشكل 1-6 مقطع
عرضي في نظام التبتين
المزدوج المعمول به في

الولايات المتحدة مع اختلاف التصميمات. وبصفة عامة، يتكون هذا النظام من طبقتين من غشاء
مرن (سُمك 60 ملي). وأحد مزايا هذا النظام (وأيضاً النظام المركب) أن الطبقة التحتية يمكن
أن تعمل كوسيلة لاكتشاف التسرب من الطبقة العليا. وهذا يسمح للمدفن أن يحدد حدوث التسرب
من الطبقة العليا. وهذا يتم ببساطة من خلال قياس كمية الرشيح المتجمعة في الطبقة الثانوية (أو
السفلى).

البطانة المركبة:

تتكون البطانة المركبة من مادتين للتبتين لكل منهما خصائص مختلفة تعمل معاً لمنع التسرب.
وقد وضع قانون الحفاظ على واسترجاع الموارد الأمريكي مواصفات قياسية لهذا النظام وهو
يستعمل الآن في معظم المدافن الصحية للمخلفات البلدية الصلبة. ويتكون التصميم القياسي
لطبقات البطانة المركبة من غشاء علوي وطبقة سفلية من التربة المدكوكة.
يجب أن يكون الغشاء العلوي بسُمك 30 ملي على الأقل (ملي = 1/1000 بوصة) ما لم يكن
مصنوعاً من البولي إيثيلين عالي الكثافة، وفي هذه الحالة يجب أن يكون سمك البطانة
60 ملي (في معظم المدافن التي تستخدم طبقة مزدوجة يكون سمك البطانة 60 ملي). ويتوقف
سمك البطانة على المواصفات المطلوبة في قوانين المنطقة التي يقام فيها المدفن.
يجب أن يكون سمك الطبقة الطينية التي تدخل في تركيب البطانة المركبة بسُمك 2 قدم على الأقل
ويجب أن تكون قدرتها التوصيلية للمياه أقل من $10^{-7} \times 1$ سم في الثانية.
وتتمثل الميزة الرئيسية للبطانة المركبة في قدرة مكونات البطانة على العمل معاً بكفاءة. إن أي
تسرب خلال الغشاء المرن للبطانة المركبة يتسبب في انتفاخ الطبقة الطينية المتخللة وبالتالي تسد
الفتحة التي يتسرب من خلالها الرشيح. وأحد الأدوار الرئيسية للغشاء المرن هو تقليل كمية
الرشيح التي تصل للتربة. ويوضح الشكل 2-6 الفرق بين البطانة الطينية والبطانة المركبة من
حيث تعرض البطانة الطينية للرشيح. وكما يوضح الشكل، ففي نظام الطبقة الطينية المنفردة
ينتشر الرشيح في كامل سطح الطبقة الطينية. بينما في الطبقة المركبة يصل الرشيح إلى الطبقة
الطينية من خلال نقاط التسرب في الطبقة العلوية فقط. وبشكل محتوى المادة الطينية عنصر
لحام مضاد للتسرب من الطبقة العلوية ذات الغشاء المرن.

البطانة المركبة المزدوجة: في الولايات المتحدة من الضروري عمل طبقة مركبة مزدوجة
لمقابل المخلفات الخطرة. وهذا يزيد من عنصر الأمان ضد التسرب من المدفن. وبالتساوي مع
الطبقات المزدوجة المذكورة أعلاه، توفر الطبقات المركبة المزدوجة وسيلة لمراقبة أي تسرب
من خلال الطبقة العلوية.

بطانة الأغشية المرنة: تستخدم الأغشية المرنة بمفردها أو مع مواد طينية في طبقات البطانة
المركبة. وبالرغم من وجود آلاف من المركبات الكيميائية التي يمكن استخدامها لصنع مواد
غشاء التربة، إلا أنه يوجد عدد قليل فقط تم استخدامه بكثافة في عمل البطانة الصماء والمدافن
الصحية. ويوضح الجدول 1-6 أنواع الأغشية المرنة. وبصفة عامة يتم تصنيع مواد التبتين

بموجب قواعد مراقبة جودة صارمة. ويعتمد نوع مادة التبطين على الغرض المطلوبة من أجله. بعض المواد يناسب بعض أنواع المخلفات أكثر من غيره. ويتم تصنيع البطانة عادةً بسمك من 30 إلى 100 ملي.

جدول 6-1 أنواع الأغشية المرنة المستخدمة في التبطين

- 1- لدائن الكبريت المرنة
 - مطاط البوتيل
 - البولي إيثيلين المكلور
 - مطاط إيثيلين البروبيلين
- 2- اللدائن المعالجة حرارياً
 - البولي إيثيلين وسلفات الكلور
- 3- اللدائن الحرارية
 - كلوريد البولفينيل
- 4- حبيبات البوليمرات
 - البولي إيثيلين عالي الكثافة
 - البولي إيثيلين متوسط ومنخفض ومتدني الكثافة

مراقبة التسرب

توجد عدة طرق يمكن عن طريقها تقليل التسرب من بطانة المدفن للحد الأدنى. التركيب الجيد يقلل من العيوب التي يمكن أن تؤدي إلى حدوث تسرب. الصيانة السليمة لأنظمة تجميع الرشيع يمكن أيضاً أن تساعد على منع التسرب. تعتمد كمية المياه التي يمكن أن تتسرب من أي فتحة على مستوى الماء فوق الرشيع. نظام تجميع الرشيع المناسب سوف يحفظ مستوى الرشيع فوق البطانة عند الحد الأدنى لضمان ضغط هيدروليكي منخفض فوق نقطة الرشيع. وفي بعض التصميمات تُستخدم مواد التربة المتماسكة والرخوة لتحسين خصائص انسياب الرشيع فوق البطانة للمساعدة على تقليل حجم الرشيع للحد الأدنى. وفي الولايات المتحدة، تحدد قوانين المدافن الصحية الحجم الأقصى للرشيع المسموح بتكوينه فوق البطانة كوسيلة لتقليل احتمالات حدوث الرشيع.

2-6 الرشيع

أ- تولد الرشيع

الرشيع هو السائل المتولد من رشح أو تقطر الماء من المخلفات الصلبة وانفصاله عن المكونات السائلة للمخلفات الصلبة. والعديد من مكونات المخلفات الصلبة عبارة عن مواد عضوية (بقايا الطعام، الخ) وسهلة التحلل. بعض المواد الأخرى مثل المعادن والبلاستيك تتحلل ببطء أكثر. وفيما يلي بعض الحقائق الأساسية عن الرشيع:

- الماء هو "المذيب العالمي". فتقريباً أي شئ يتصل بالماء يتحلل إلى حد ما.
- العديد من مكونات المخلفات الصلبة مواد عضوية تتحلل وتتسرب بسهولة. بعض المواد الأخرى مثل المعادن تستغرق وقتاً أطول ولكنها تتحلل وتتسرب أيضاً.
- العنصرين الأساسيين اللازمين لتولد الرشيع هما المخلفات الصلبة والماء.
- يحتوي الرشيع على مواد عضوية وغير عضوية ومواد عالقة وكائنات دقيقة (فيروسات وبكتيريا وفطريات). وبعض هذه المواد خطرة على الإنسان والحيوان.

- تعتمد مكونات الرشيش وتركيزاتها على عمر المدفن. وتختلف هذه العناصر حسب ظروف سرعة تحلل المواد العضوية في المخلفات وكمية الماء التي تتحرك خلال المدفن وتطبيقات التشغيل (إعادة تدوير الرشيش، الخ).
- قد يزداد تركيز الرشيش إذا قلت الكمية نتيجة انخفاض مستوى الارتشاح.
- الرشيش عبارة عن سائل داكن اللون له رائحة نفاذة. ويمكن أن يلوث المياه السطحية والجوفية. يجب تجنب تعرض العاملين أو لاقطي القمامة المباشر للرشيش.

ويختلف كل مدفن عن الآخر وكذلك تختلف كمية الرشيش المتولدة عن كل منها بناءً على نوع المخلفات التي تلقى في المدفن وعدد من العوامل الأخرى. ويتولد الرشيش من مصدرين هما:

- الماء المتساقط على المدفن والمتقطر من المخلفات الصلبة ليصبح جزءاً من تيار الرشيش.
- الماء المعتصر من المخلفات الصلبة نفسها عندما تتضغط تحت أكوام المواد الملقاة فوقها.

يمكن تقليل رشيش المدفن إلى الحد الأدنى عن طريق إبعاد السوائل عن المدفن بالتحكم الجيد في مياه الأمطار حتى لا تصل إلى المخلفات الصلبة. إن الفرز السليم للمخلفات الصلبة يمكن أن يبعد المخلفات الرطبة عن المدفن. أضف إلى ذلك، أن المراقبة الجيدة للمياه السطحية في المناطق التي تكثر بها الأمطار يمكن أن تقلل من وصول الماء للمخلفات وتلوثه بها. إذا وصل الماء إلى المخلفات يجب معاملته على أنه رشيش بسبب تلوثه بالمخلفات.

ب- خصائص الرشيش:

يعتمد مستوى الملوثات في الرشيش على نوع المخلفات الصلبة التي توضع في المدفن. ويحدد تأثير الماء المتقطر والتفاعل الكيميائي الذي يحدث في المدفن نوعية الرشيش. وما لم تكن المخلفات الصلبة التي تلقى في المدفن لها خصائص فريدة فليس من الضروري إجراء أي اختبارات معملية لتحديد تركيز الرشيش. وتوجد معلومات كثيرة عن أنواع الرشيش في المدافن المختلفة مما يسمح بالحصول على بعض النتائج العامة فيما يخص النوعية المتوقعة للرشيش. ويوضح الجدول 5-2 تكوين الرشيش في المدافن الصحية للدول الصناعية حيث يتم التخلص من أنواع مختلفة من المخلفات في المدافن. أيضاً، يوضح الجدول نسب التركيز لمكونات الرشيش والتي تشكل خطراً على صحة الإنسان.

وبصفة عامة، تسمح خصائص الرشيش بالمعالجة الفعالة باستخدام وسائل معالجة تقليدية. وفي معظم الحالات، يمكن ضخ الرشيش أو نقله في سيارات إلى محطة معالجة الصرف الصحي حيث يتم خلطه بمياه الصرف الصحي للمعالجة. وتتم معالجة الرشيش بطريقة فعالة باستخدام الوسائل التقليدية البيولوجية والطبيعية والكيميائية. ولا يمثل نقل الرشيش إلى محطة المعالجة أي مشكلة باستثناء تكلفة النقل والمعالجة. وبسبب التكلفة، فإن أي عمل يمكن أن يقوم به مشغلو الموقع لتقليل كمية الرشيش المتولدة يمكن أن يساهم بشكل كبير في خفض نفقات المعالجة.

3-6 تولد وتجميع غازات المدفن

أ - تولد الغازات

يتولد الغاز نتيجة تحلل المخلفات الصلبة بسبب التفاعل البيولوجي للكائنات الدقيقة. وبصفة مبدئية تم الاهتمام بتولد غازات المدافن بسبب الانفجارات التي حدثت في المناطق التي انتقل إليها غاز الميثان من المدفن. ويمكن أن تنتج عن غازات المدفن، ما لم يتم التحكم فيها، النتائج التالية:

- تدمير نظام غطاء المدفن

- تدمير المسطحات الخضراء المهمة لطبقة تغطية المدفن. ويمكن أن يحدث هذا التدمير بسبب نفاذ أكسجين التربة بسبب إزاحته أو تقليله بطريقة بيولوجية. إن وجود غازات المدفن الرئيسية (الميثان وثاني أكسيد الكربون) يسبب إزاحة الأكسجين وبالتالي تدمير المسطحات الخضراء.
- تسرب الغازات خارج المدفن إلى مناطق أخرى مما يسبب حدوث مشاكل.
- خلق ظروف تساعد على حدوث انفجارات سواء في المدفن أو مواقع أخرى خارجه (الميثان هو الغاز الرئيسي للمدفن. إذا كان تركيز الميثان من 5% إلى 15% يمكن حدوث انفجار إذا وجد مصدر اشتعال وحدث اتصال بالغاز).
- يساهم في تلوث الهواء على شكل بقايا مواد عضوية وظاهرة الاحتباس الحراري.

وهناك عدد من العوامل التي تؤثر في تولد الغاز من المدفن. بعض هذه العوامل يرجع إلى موقع المدفن وبعضها الآخر يرجع إلى الخصائص العامة للمدفن.

11- دورة تولد غازات المدفن

يحدث التحلل في أربع خطوات كما هو موضح في الشكل رقم **. ونتيجة لذلك يمكن لمصممي المدفن أن يتوقعوا النقطة التي عندها يصل تولد الغاز إلى الذروة. ومن المنطقي أن كمية الغاز والوقت الذي تستغرقه عملية تولد الغاز يعتمد على عدد من العوامل منها نوع المخلفات الصلبة الملقاة في المدفن ونسبة الرطوبة. وفيما يلي الخطوات التي تستغرقها عملية تحلل المخلفات الصلبة:

- الخطوة الأولى: تحدث فور إلقاء المخلفات الصلبة في الموقع، حيث تبدأ الكائنات الهوائية الدقيقة (الكائنات التي تحتاج إلى الأكسجين لتعيش) في تكسير المواد العضوية باستخدام الأكسجين الموجود في المخلفات.
- الخطوة الثانية: نتيجة نقص تركيز النتروجين والأكسجين في المدفن تصبح عملية التحلل لا هوائية بشكل أساسي (حيث لا يتوفر الأكسجين أو الهواء). ثم تصبح الكائنات اللاهوائية هي السائدة. وتستغرق هذه الخطوة 45 يوماً فقط وتتميز بكثرة أول أكسيد الكربون وكبريتات الهيدروجين.
- الخطوة الثالثة: يبدأ تولد غاز الميثان. ويرتفع تركيز الميثان إلى حوالي 50-55% من إجمالي حجم الغازات.
- الخطوة الرابعة: تبدأ العمليات البيولوجية والكيميائية لتولد الغاز على المدى الطويل.

خصائص غازات المدفن

تعتمد خصائص غازات المدفن على العناصر الكيميائية التي يتكون منها الغاز. ويوضح الجدول رقم 3-6 التكوين النمطي لغازات المدفن التي تتولد من تحلل المخلفات البلدية الصلبة في الدول الصناعية.

جدول 3-6

العناصر الرئيسية غير العضوية لغازات المدفن

العنصر	الحجم %
الميثان	صفر-85
ثاني أكسيد الكربون	صفر-88

أول أكسيد الكربون	صفر-3
الهيدروجين	صفر-3.6
الأكسجين	صفر-31
النترجين	صفر-82.5
الأمونيا	صفر- 0.35 (جزء في المليون)
كبريتات الهيدروجين	صفر-70 (جزء في المليون)

ويتأثر تولد الغاز بنسبة الرطوبة ودرجة الحرارة. وتزيد الرطوبة ودرجة الحرارة العالية من تولد الغاز بسبب مساهمتها في تحلل المخلفات. ويتولد 7-9 قدم مكعب من الغاز عادةً من رطل واحد من المواد العضوية الجافة. وبناء على خطوات تولد الغاز يمكن أن يتولد سنوياً ما بين 0.05 إلى 0.02 قدم مكعب من الغاز من كل رطل من المخلفات الصلبة في المدفن.

خصائص عناصر غازات المدفن

الغازات الرئيسية المتولدة من المدفن هي الميثان وثنائي أكسيد الكربون. وفيما يلي الخصائص الرئيسية لكل غاز:

الميثان: الميثان هو أحد نواتج عملية التحلل اللاهوائية للمخلفات الصلبة. وبسبب احتمال انفجاره وتأثيره على درجة حرارة الجو (الاحتباس الحراري) يعتبر الميثان أهم غازات المدفن المثيرة للقلق.

والميثان عبارة عن غاز:

- عديم اللون
- عديم الرائحة
- ليس له طعم
- سريع الانفجار (عندما يصل تركيزه في الجو من 5 إلى 15%)
- أخف من الهواء
- غير قابل للذوبان في الماء

ثاني أكسيد الكربون: ثاني أكسيد الكربون هو أحد نواتج عمليتي التحلل الهوائي واللاهوائي وهو غاز:

- عديم اللون
- عديم الرائحة
- أثقل من الهواء
- سريع الذوبان في الماء
- غير قابل للاشتعال

غازات أخرى: هناك بعض الغازات الأخرى التي وجدت ضمن غازات المدافن بكميات أقل. كبريتات الهيدروجين من الغازات عديمة اللون وله رائحة قوية تشبه رائحة البيض الفاسد. وتبدأ هذه الرائحة في الظهور عند التركيزات المنخفضة للغاز (5 أجزاء في البليون). وهذا الغاز خطر للغاية ويمكن أن يسبب الوفاة عند التركيزات العالية. وأحد المشاكل المصاحبة لهذا الغاز هو صعوبة التفريق بين رائحته في حالتي التركيز المنخفض والعالي. وهناك عدة حالات وفاة مسجلة في المشروعات التي تعمل في مجال إنشاءات وصيانة المجاري نتيجة التعرض لهذا الغاز. ويمكن أن تحدث الوفاة أو الأمراض الخطيرة نتيجة التعرض لتركيزات 300 جزء في

المليون وتوصي منظمة الصحة OSHA باتخاذ إجراءات وقائية عند التعرض لتركيز 10-20 جزء في المليون. وتوجد كبريتات الهيدروجين بتركيز عالي في غازات المدفن عند إلقاء الجبس بكميات كبيرة في المدفن.

هناك غازات أخرى تسمى الغازات النادرة تتولد في المدافن (5% أو أقل من الحجم الكلي للغازات). الهيدروكربونات (البنزين والتولوين) قد توجد بكميات بسيطة. وتشمل المركبات العضوية الأخرى: كلوريد الفينيل، والقلويات والأملاح العضوية. ويتولد النتروجين بكميات كبيرة ثم ينخفض بدرجة سريعة حتى يستقر عند مستوى بسيط.

وقد تم الاهتمام مؤخراً في الولايات المتحدة بانبعثات المدافن في الهواء. غاز الميثان على سبيل المثال هو من الغازات المسببة لظاهرة الاحتباس الحراري والتي تؤثر على طبقة الأوزون. وقد أدى ذلك مع وجود المركبات العضوية غير المحتوية على الميثان إلى إصدار قوانين جديدة بواسطة جهاز حماية البيئة الأمريكي حيث يجب تجميع غازات المدافن ومعالجتها لمنع الإضرار بالبيئة أو الإنسان.

تحرك غازات المدافن

تعتمد حركة غازات المدفن في التربة المقام فوقها المدفن على خصائص المدفن وظروف التربة المحيطة ونوع الغاز. وعموماً، تتحرك الغازات نتيجة التغير في الضغط. كلما زاد ضغط الغاز في المدفن يبدأ الغاز في الهرب حيث يزيد ضغط الغاز عن الضغط الجوي. وتعتمد حركة الغاز على الاتجاه الذي يواجه فيه الغاز أضعف نقاط المقاومة في حركته. وعموماً تأتي حركة الغاز من:

- كمية وعمر المخلفات الصلبة الموجودة في المدفن.
- خصائص (النفاذية، الرطوبة، الخ) التربة تحت أو حول المدفن.
- أنواع المخلفات الصلبة الموضوعة في المدفن (المواد الصلبة مثل مخلفات المسابك أو رماد أفران حرق المخلفات تحتوي على مواد عضوية قليلة يمكن أن يتولد منها الغاز).

احتمالات حدوث انفجارات

أصبحت غازات المدافن محل اهتمام بسبب حدوث عدد من الانفجارات في أو بالقرب من مواقع المدافن الصحية. ومن المعروف عن غاز الميثان وهو الغاز الرئيسي المتولد عن المدافن أنه غاز قابل للانفجار. وتتص القوانين في الولايات المتحدة على ألا يزيد مستوى الميثان في المدفن عن 25% من الحد الأدنى القابل للانفجار أو 5% في التربة الموجودة داخل حدود المدفن. والحد الأدنى القابل للانفجار LEL، هو أقل تركيز للغاز يؤدي لحدوث انفجار. بينما الحد الأقصى للانفجار هو UEL. وهو التركيز الأعلى الذي يمكن أن يحدث عنده الانفجار. وفيما فوق هذا التركيز لا تتوافر الظروف المطلوبة لحدوث الانفجار، فعند المستويات التي تتعدى هذا الحد يحترق غاز الميثان ولا ينفجر. يجب مراقبة أي منطقة محددة في أو بالقرب من المدفن بصفة منتظمة للتأكد من عدم تراكم الغاز بحيث يشكل خطراً على العاملين بالمدفن.

في المدافن التي يوجد بها طبقات بطانة وتغطية يجب الاهتمام بموضوع ضغط الغاز على الطبقة العليا. وبدون القدرة على التحرك بمحاذاة أو من خلال قمة المدفن سوف يزيد ضغط الغاز ويجد طريقه للخارج من خلال أي نقطة ضعيفة في بناء المدفن مثل نظام تجميع الرشيح. وفي المدافن التي تستخدم مواد طبيعية كطبقة تغطية حدثت مشاكل بسبب طبيعة هذه المواد. ومع حركة الغاز خلال التربة يحدث جفاف في طبقة التغطية ونتيجة لذلك تفقد كفاءتها كطبقة غطاء. ومع تزايد مسامية التربة نتيجة حركة الغاز يتزايد تولد الرشيح. كما يمكن أن يؤدي هروب الغاز إلى تدمير المسطحات الخضراء المستخدمة في طبقة الغطاء. يمكن أن يسبب الغاز تلف المسطحات الخضراء وفقدان ثبات التربة بسبب مشاكل التآكل الناتجة.

ج - مراقبة الغازات

معدات المراقبة: يتم تركيب مجسات في المدفن للكشف عن أي تحرك محتمل لغازات المدفن. ويوضح الشكل رقم 4-6 أمثلة لمجسات مراقبة الغازات. ومن الطبيعي أن الميثان هو الغاز الذي ستم مراقبته حيث من السهل اختباره. ويمكن لمشغلي الموقع اختبار وجود غاز الميثان بواسطة معدات محمولة تعطيمهم إشارة في الحال عند وجود الغاز.

وتتص القوانين في الولايات المتحدة على ضرورة المراقبة الدورية لغاز الميثان. وبناء على هذه القوانين يجب تصميم برنامج المراقبة بناء على ظروف المدفن المخصصة له. فعلى سبيل المثال قد يحتاج مدفن مبني على تربة عالية المسامية مراقبة دقيقة أكثر من المدفن المبني على تربة أقل مسامية. أيضاً، يجب ملاحظة المنشآت تحت الأرض مثل المواسير بدقة حيث من الممكن أن تمثل هذه المنشآت ممرات لهروب الغاز. إن استخدام الحصى كطبقة مبطنة لهذه المنشآت يعمل كقنوات تصريف للغاز.

وكحد أدنى، يجب أن تستخدم المدافن أجهزة متنقلة للكشف عن الميثان أو الغازات المتنوعة لمراقبة تراكم الغاز في المناطق المحتمل حدوث مشاكل بها. فمثلاً من الأساسيات بصفة خاصة مراقبة غازات المدفن في المناطق التي تحدث فيها أعمال صيانة بواسطة معدات. فعمليات اللحام قد تكون هي مصدر الاشتعال الذي يسبب انفجار غاز الميثان. أيضاً، من المهم القيام بمراقبة الغاز في المناطق التي قد يتراكم بها الغاز مثل البنية التحتية أو الخزانات الأرضية.

يجب اتخاذ إجراءات تصحيحية إذا لوحظ ارتفاع مستويات الميثان من خلال عمليات المراقبة. إذا لوحظ زيادة مستوى الغاز في المباني يجب إخلاء المبنى وتهوية الغاز.

اكتشاف الغاز بكثرة في منشآت المدفن مثل غرف التنقيش (المانهولات) يجب أن يؤدي إلى تهوية هذه الغرف وأي إجراءات أخرى لتحقيق الأمان. كما يجب أن يتم عمل ذلك في المنشآت التي يجب دخولها لسبب أو لآخر بواسطة العاملين بالمدفن. يجب اختبار وجود الغاز قبل دخول هذه الأماكن كما يجب اتخاذ خطوات أخرى حسب الحاجة مثل التهوية.

قد يلاحظ العاملين بالمدفن بعض الظروف التي قد تكون ناتجة عن تأثير غاز المدفن مثل وجود بقع جرداء في المسطحات الخضراء أو تغير لون بعض النباتات أو تلونها باللون الأبيض وهي من المشاكل التي يحدثها الغاز.

د - أنواع أنظمة تجميع غازات المدافن

تشمل البدائل العامة لأنظمة إدارة غازات المدافن ما يلي:

- تهوية الغاز وتحويله للهواء الخارجي.
 - حرق الغاز باستخدام نظام للحرق.
 - استعادة الطاقة وتوليد الكهرباء أو تطوير الغاز لاستخدامه في المرافق.
- إلا أنه قبل معالجة الغاز يجب جمعه أولاً إما لحرقه أو لإعادة استخدامه في توليد الطاقة، ويجب جمعه بكفاءة. والأنظمة الموصوفة أسفل هي الأنظمة الشائعة الاستخدام لجمع أو تهوية الغازات.

نظام التجميع السلبي: أبسط أنواع أنظمة التجميع هي أنظمة التجميع السلبية التي تستخدم ممرات وآبار التهوية بدون استخدام وسائل ميكانيكية (مضخات أو مكابس) لتحريك الغاز. والفكرة التي تعتمد عليها هذه الأنظمة هو أن الغاز يمكن تحريكه بواسطة عمل ممر له لكي يترك المدفن إلى موقع محكم. وأساس هذه الحركة هو ضغط المدفن الذي يجعل الغاز يتحرك إلى المناطق الأقل ضغطاً. وفي بعض المدافن تستخدم هذه الطريقة لحماية طبقة التغطية. ويوضح الشكل 5-6 مثال لهذه الطريقة.

بعض أنظمة التحكم في حركة الغاز يتم إنشائها خارج مناطق التشغيل الفعلية للمدفن. وهذا يعمل على اعتراض حركة الغاز وتحويلها إلى موقع يمكن التحكم فيه بفاعلية. والأنظمة الداخلية

مصممة لكي تتركب في المناطق العليا من مناطق التشغيل الفعلية للموقع. ويتم تركيب مجمعات وشفاطات الغاز لعمل ممر يسمح بحركة الغاز.

أنظمة التجميع الإيجابية: في أنظمة التجميع الإيجابية يتم تركيب شفاط أو ضاغط جوي إيجابي لسحب الغاز خلال الممرات أو الأبار إلى موقع يمكن معالجة الغاز فيه. ويوضح الشكل رقم 6- نظام تجميع داخلي للغاز.

ويعمل الشفاط على سحب الغاز من المدفن إلى أبار التجميع ومنها إلى نظام التجميع. ثم يتم دفع الغازات المسحوبة داخل نظام التجميع إلى الهواء الخارجي، أو حرقها في نظام خاص بذلك أو استخدامها كوقود. وغاز المدفن الذي يستخدم كوقود في محرقة الغازات أو الأفران أو أنظمة استعادة الطاقة يكون عادة من الوقود متوسط الجودة الذي ينتج 500 وحدة طاقة حرارية بريطانية للرطل (BTU) وهي الوحدة التي تقاس بها القيمة الحرارية للوقود. وحسب التعريف العلمي، هي كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل من الماء درجة واحدة فهرنهايت.

وتعتبر أنظمة التجميع الإيجابية مناسبة أكثر لتحقيق الأهداف العملية والبيئية من التحكم في غازات المدفن. مثل هذه الأنظمة يمكنها منع الحركة الجانبية لغازات المدفن وفي نفس الوقت تسمح بمعالجة هذه الغازات من خلال الحرق أو استعادة الطاقة. وسوف تؤدي عملية الحرق إلى التخلص من الميثان والمركبات العضوية التي لا تحتوي على الميثان. ويوضح الشكل رقم 6-7 بئر تجميع للغاز.

الجزء السابع عمليات التشغيل

1-7 أهداف عمليات التشغيل الفعال

تهدف عمليات تشغيل المدفن إلى تحقيق ما يلي:

- 1- حماية صحة وحياة العاملين وناقلي القمامة والناس.
- 2- حماية البيئة.
- 3- إدارة أي مسؤولية تنشأ عن أعمال المدفن.
- 4- تحقيق الغرض من تصميم المدفن.

ويمكن فقط تحقيق التشغيل الجيد من خلال فهم العاملين والمديرين أسباب وجود اللوائح المنظمة للعمل بالمدفن وسبب وجود أنظمة وإجراءات معينة من أجل التقيد بها. وتساعد هذه المعرفة العاملين على فهم أهمية دورهم في ضمان تشغيل المدفن بطريقة تفي بمتطلبات إدارة المخلفات الصلبة.

ويمكن تقسيم دورة حياة أي مدفن إلى 6 مراحل تشمل:

- 1- استخراج النصاريج والموافقات.
- 2- إعداد التصميم.
- 3- الإنشاءات.
- 4- التشغيل.
- 5- الإغلاق.
- 6- ما بعد الإغلاق.

ولا يشترط أن تأتي هذه المراحل بالترتيب. فمثلاً، إنشاء الخلايا الفردية ومكونات المدفن الأخرى يمكن أن يتم بينما تكون أجزاء أخرى من المدفن في حالة تشغيل فعلية. وعملياتاً قد يأتي وقت يحدث فيه تشغيل لكافة قطاعات المدفن. وقد تكون التوسعات في المدفن لا تزال في مرحلة استخراج النصاريج والتصميمات بينما تكون الخلايا السابقة التي تمت الموافقة عليها تحت الإنشاء وتستخدم فعلياً في التخلص من المخلفات أو قد تم إغلاقها بعد أن تكون قد امتلأت. ولمشغلي المدفن وخاصة المديرين دور فعال في كل مرحلة. وبالتالي يجب أن يفهموا أهمية جهودهم في تحقيق النجاح لكل مرحلة. يجب أن يفهم المشغلين والمديرين بصفة خاصة أهمية دورهم في إنجاح أهداف المدفن بصفة عامة. إن التشغيل الناجح سوف يساعد على نجاح الحصول على الموافقات اللازمة للتوسع في المشروع عن طريق إثبات أن المدفن يدار بطريقة فعالة.

أ – مسؤولية مشغلي المدفن

من الطبيعي أنه بمجرد اكتمال تصميم وإنشاء مدفن جديد يتم تسليمه لمجموعة من المشغلين يكونون مسؤولين عن تشغيله على المدى الطويل. ومن الضروري وجود تنسيق جيد بين عمليات التصميم والإنشاء والتشغيل إذا أردنا تحقيق الهدف الأساسي من التصميم والتنظيم الخاص بالمدفن. وفي إدارة المخلفات الصلبة، توجد أمثلة عديدة بالملاحظة عن غياب التنسيق بين مراحل المشروع مما أدى لفشل أو على الأقل عدم تحقيق النتائج البيئية أو المالية المتوقعة من المشروع.

ويلزم لنجاح أي مشروع مدفن صحي أن تكون جميع مراحل المشروع متوافقة مع الأهداف العامة له. ومن الطبيعي أن يكون هناك خطط بيئية ومالية ضمن خطط المدفن (أو أي منشأة أخرى لإدارة المخلفات الصلبة). وهذا ينطبق على جميع أنواع وأحجام المدافن الصحية من

مدافن المخلفات البلدية الصغيرة أو الصناعية أو العامة أو الخاصة التي تخدم عدد من البلديات والصناعات.

وعادةً تستغرق عملية التخطيط من أجل تنفيذ منشأة جديدة وكبيرة لإدارة المخلفات الصلبة عدة سنوات وتستلزم نفقات كبيرة. وخلال كل هذه المراحل، يتوقع مالكو هذه المنشأة (سواء قطاع عام أو خاص) طريقة تشغيل معينة. كما تكون هناك توقعات لدى الأطراف الأخرى المشاركة في التخطيط والتنفيذ مثل المؤسسات المالية التي تمول التصميم والإنشاءات أو واضعي القوانين والتنظيمات الذي يصدر عن التصاريح والموافقات. وعند وجود هذه التوقعات يتم إدرجها خلال مراحل المشروع ويعتمد تحقيقها على أداء مشغلي الموقع.

وبصفة عامة يجب تحقيق ما يلي من أجل نجاح المدفن الصحي:

- 1- يجب أن يقوم المهندسون المسؤولون عن تصميم المدفن بعمل الخطط والمواصفات بما يتوافق مع القوانين البيئية المعمول بها.
- 2- يجب أن يعمل مخطوطو البرامج المالية على تأمين التمويل اللازم للتصميم والإنشاءات. وهذا يشمل الحصول على موافقة والتزام المؤسسات المالية بتوفير الأموال اللازمة للتنفيذ أو إبرام العقود لتوريد المخلفات الصلبة مع متعهدي المخلفات.
- 3- يجب بعد ذلك التعاقد مع مقاول لبناء المدفن وجميع مكوناته. وعموماً، يستخدم المقاول التصميمات والمواصفات في بناء المدفن بينما يراقب المهندس نيابة عن المالك أنشطة المقاول لضمان أن العمل يسير وفقاً للتصميمات. وفي حالات عديدة، يكون المدفن الذي يحتوي على مواصفات خاصة مثل طبقات البطانة وأنظمة تجميع الرشيح مشتملاً على أنظمة مراقبة وتأكيد الجودة لضمان أن عمليات البناء مطابقة لمواصفات التصميم.
- 4- وبمجرد انتهاء كافة أعمال الإنشاءات في المدفن والحصول على كافة الموافقات واستقبال المخلفات يمكن البدء في تشغيل المدفن. وفي المدافن التي تعمل بشكل جيد يتم وضع تفاصيل العمل في خطة التشغيل التي تغطي كافة المواقع الطبيعية والاستثنائية التي قد يواجهها مشغلي الموقع وسبل السيطرة الجيدة عليها.

وضع خطة التشغيل

أي مدفن يمر بعملية صعبة للحصول على التصاريح اللازمة (كما هو الحال في العديد من الدول الصناعية) سوف يضع خطة تشغيل ترفق مع طلب الحصول على التصريح. وبينما يتم وضع خطة تشغيل نهائية طبقاً للقانون هناك عدة مزايا أخرى هامة لتطبيق خطة التشغيل فعلياً. يتم وضع خطة التشغيل أساساً لتوفير جسر بين معايير القانون والتصميم والتشغيل. وإذا تم وضع واستخدام خطة التشغيل بطريقة سليمة تصبح هذه الخطة وسيلة لتحقيق التشغيل الفعال للمدفن. وهذه المصادقية يمكن تحقيقها من خلال عدة عوامل مهمة لتشغيل المدفن على المدى الطويل.

ومن منظور بيئي، تحتاج عمليات التشغيل في المدفن إلى:

- 1- استبعاد المخلفات الخطرة من المخلفات التي توضع في المدفن.
- 2- وضع طبقة تغطية يومية جيدة.
- 3- مكافحة القوارض التي تنقل الأمراض.
- 4- مراقبة تكون وحركة غازات المدفن.
- 5- منع تسرب الرشيح الذي يمكن أن يلوث المياه الجوفية.
- 6- التحكم في دخول العامة للموقع.
- 7- التحكم في دخول وخروج المياه من الموقع.
- 8- التحكم في تسرب الرشيح للمياه السطحية.
- 9- المحافظة على جميع أنظمة المدفن في حالة تشغيل جيدة.
- 10- الاحتفاظ بالسجلات التي تثبت التزام المنشأة بالقوانين والأنظمة المعمول بها.

يجب أن تتسم خطة التشغيل المناسبة بالشمولية والتفاصيل. كما يجب أن توضع بالتعاون مع مالكي المدفن والمصممين والموردين للمعدات الرئيسية وواضعي القوانين، الخ. وغالباً تتطلب جميع إجراءات الحصول على التصاريح وجود خطة تشغيل كجزء من إجراءات التصريح. وللأسف، تكون هذه الخطة قد وضعت مبكراً أثناء عملية الإعداد للمدفن وتحتاج إلى التحديث قبل التشغيل الفعلي للمدفن. ومن أجل تحقيق تشغيل ناجح يجب أن تتضمن خطة تشغيل المدفن جميع المعلومات التفصيلية التي تم الحصول عليها أثناء وضع التصميم ومرحلة إنشاء المدفن.

وإذا تم وضعها بعناية، توفر خطة تشغيل المدفن الناجحة تعليمات وإجراءات تشغيل وصيانة واضحة. التعليمات الواضحة هي تلك التعليمات التي يمكن استخدامها بواسطة العاملين المؤهلين لتشغيل المدفن دون الحاجة إلى تعليمات إضافية. كما تساعد خطة تشغيل المدفن على تطوير قدرات العاملين والمديرين لتحقيق الهدف الأصلي للمدفن بينما تتضمن المعلومات التي يتم الحصول عليها أثناء تنفيذ مراحل المشروع المختلفة. وتساعد خطة التشغيل الشاملة مع آراء المشاركين الرئيسيين في المشروع (المالك، المصمم، المقاول، المتعهدين، الخ) على تحديد المسؤولية في حالة حدوث مشاكل في التشغيل أو عدم تحقيق أهداف المشروع.

وعادة يوضع المشغلين في موقف صعب عندما لا تتحقق أهداف المشروع حيث أنهم المسؤولون عن التشغيل. وفي بعض الحالات يمكن تحديد المشاكل في التصميم أو الإنشاءات بعد بدء التشغيل الفعلي للمدفن. وهذا يلقي بالعبء على المشغلين لكي يثبتوا أن تشغيل المدفن يتمتع بالكفاءة ويحقق أهداف خطة التشغيل.

وفي بعض الحالات، لا يتم تحقيق أهداف المشروع لأسباب خارجة عن إرادة المشغلين. فمثلاً، حدوث مشكلة في توريد المخلفات قد يكون له تأثير كبير على نجاح المنشآت الخاصة لإدارة المخلفات الصلبة، حيث يقاس النجاح المالي بمستوى معين من تحصيل الرسوم من إلقاء المخلفات (للأسف مثل هذه المشاكل يمكن أن تؤثر على أداء العاملين عن طريق ضغط النفقات المطلوبة لأعمال التشغيل والصيانة الفعالة للمدفن). وهناك عناصر معينة يجب أن تشملها خطة التشغيل الفعالة للمدفن. وكحد أدنى يجب أن تشمل الخطة ما يلي:

- 1- جدول الوظائف والتوصيف الوظيفي.
- 2- أعمال تشغيل وصيانة المعدات.
- 3- تعريف ومراقبة المخلفات المقبولة في المدفن.
- 4- إجراءات التشغيل.
- 5- إجراءات الطوارئ.
- 6- متطلبات المراقبة وإعداد التقارير.
- 7- إجراءات الصحة والسلامة.
- 8- القواعد واللوائح المنظمة لعمل متعهدي المخلفات.

جدول الوظائف والتوصيف الوظيفي: تتمثل بعض مفاتيح النجاح في تشغيل أي مدفن في التصميم والإنشاء وجودة التصنيع لمكونات نظام المدفن. إلا أن أفضل تصميم وتصنيع وإنشاء للمدفن سوف ينجح فقط في حالة تشغيل وصيانة الأنظمة الناتجة عنها بكفاءة بواسطة عمالة مؤهلة ومدربة ذات خبرة وطموح. وأحد القواعد الجيدة للمنشآت التي تستخدم أنظمة فنية ومعدات هي أن "الألة الجيدة تحتاج إلى عامل جيد".

وفي هذا الإطار، يكون العنصر البشري مهم للغاية في تحديد ما إذا كان المدفن سوف يحقق الهدف المنشود منه. كل فرد من عمالة المدفن من المدير حتى العامل العادي يجب أن ينفذ المهام الموكلة إليه بكفاءة مع إدراكهم لأهمية عملهم في منظومة عمل المدفن بوجه عام. يجب تصميم

مستوى العمالة والهيكل الإداري لتشغيل المدفن بشكل متكامل بحيث تضمن نجاح تطوير وتصميم والموافقة على تشغيل المدفن.

إن تعريف الواجبات والتكاليف المحددة لكل وظيفة يجب أن يتم بكل وضوح في إطار الهدف الأساسي للمدفن وهو التشغيل الناجح للمدفن. يجب القيام بالمهام المطلوبة بدءاً من إدارة المدفن حتى أعمال النظافة العادية بكفاءة حتى يمكن اعتبار المدفن ناجحاً.

يجب تدريب كافة العاملين بالمدفن بشكل مناسب على أداء عملهم كما يجب أن يكونوا مسؤولين عن أدائهم من خلال المراقبة والإدارة الفعالة. ويحتاج التشغيل الجيد إلى عدم وجود غموض حول مسؤولية كل فرد من فريق المشغلين عن التشغيل العام وصيانة المدفن. إن الاعتراف بأهمية العمل بروح الفريق وتنسيق الجهود من أجل نجاح تشغيل المدفن يلقي بالمسؤولية على الإدارة وكبار العاملين لضمان أن كافة الاتصالات وأعمال المراقبة تتم بكفاءة.

ويتطلب إعداد توصيف وظيفي مفصل تحليل وتعريف كافة المهام التي يجب إنجازها لضمان التشغيل الفعال للمدفن. وتشبه إجراءات تحليل الوظائف إجراءات تحديد متطلبات التدريب للعاملين. وبناء عليه، إذا تم إعداد التوصيف الوظيفي الذي هو جزء من تفاصيل خطة التشغيل بشكل جيد طبقاً للتحليل التفصيلي للوظائف تكون عملية تحديد احتياجات التدريب قد تم إعدادها أيضاً.

تشغيل وصيانة معدات المدفن: تحدد خطة التشغيل التفصيلية جميع الإجراءات المطلوبة لتشغيل وصيانة أنظمة ومكونات المدفن. والمستوى المطلوب من التفاصيل هو المستوى الذي يسمح للفنيين المؤهلين بتشغيل وصيانة المدفن بكفاءة دون الحاجة لتعليمات إضافية. وهذا يساعد على ضمان أن:

- 1- مستوى الصيانة مناسب لضمان الأداء الأمثل لجميع أنظمة ومعدات المدفن. وفي حالة وجود معدات ميكانيكية مثل اللوادر الشوكية أو المدمجات، الخ، يكون مستوى الصيانة مبنياً على تعليمات صانعي هذه الأنظمة والمعدات.
- 2- يجب أن تكون عمليات تشغيل وصيانة مكونات المدفن ثابتة حتى لو كانت هناك حركة تغييرات كبيرة في عمالة وإدارة المدفن.

تعريف ومراقبة المخلفات المقبولة في المدفن: إن مراقبة وفرز المخلفات الواردة للمدفن هي من أهم الأعمال التي يقوم بها المشغلين في المدفن. وغالباً يكون الأفراد المسؤولون عن ذلك من العمالة الموجودة بموقع العمل. يجب أن تتضمن خطة تشغيل المدفن تعريف واضح للمخلفات التي يتم قبولها في المدفن وإجراءات تحديد وتداول أي مواد مشكوك فيها أو غير مقبولة تصل للمدفن.

إجراءات التشغيل: يجب أن تتضمن خطة التشغيل الجيدة أيضاً إجراءات التشغيل التي تغطي كافة المواقف العادية والاستثنائية التي تحدث في الموقع. وفي حالة وجود معدات ميكانيكية مثل اللوادر والمدمجات والقلابات، الخ، يتم تشغيلها وفقاً لتعليمات التشغيل الواردة من الصانع والتي يجب إدراجها ضمن خطة التشغيل.

إجراءات الطوارئ: يجب أن تتضمن خطة التشغيل كذلك خطط طوارئ تفصيلية للتعامل مع الحالات الطارئة، مثل الحرائق والحوادث، الأزمات الصحية والانسكاب. يجب ذكر إجراءات الطوارئ بالتفصيل في خطة التشغيل حيث أنها تشكل أساس التدريب للعاملين على التصرف الفوري طبقاً للموقف الذي يواجهونه. إن ملائمة هذا التدريب وكفاءة الاستجابة للحالات الطارئة تعني مسألة حياة أو موت في حالات الطوارئ الصحية. كما أنها تحدد أيضاً مدى الضرر الذي يصيب البيئة من حوادث الانسكاب أو تحرر المواد الضارة بالبيئة.

متطلبات المراقبة وإعداد التقارير: سوف يكون هناك حاجة للمراقبة وإعداد التقارير عن ظروف المدفن وعمليات التشغيل لعدد من الأسباب منها الأسباب المذكورة في إجراءات الترخيص للمدفن أو في القوانين المنظمة لإدارة المخلفات الصلبة. يجب أن تشمل خطة التشغيل قائمة باحتياجات المراقبة وكتابة التقارير والإجراءات المطلوبة لتحقيق ذلك. أيضاً يجب أن تشمل خطة التشغيل بالإضافة إلى أعمال المراقبة الخارجية وإعداد التقارير تعليمات تفصيلية عن أي تقارير أو مراقبة داخلية مطلوبة لمهام أخرى مثل قواعد السلامة والحسابات وشئون الأفراد، الخ.

قواعد الصحة والسلامة: هناك مخاطر صحية تنجم عن تشغيل المدافن الصحية. يجب تعريف كافة هذه المخاطر ووضع قواعد لحماية العاملين والزائرين للمدفن من تعرضهم للأذى. وهذا الجزء من أهم أجزاء خطة التشغيل حيث أن ذلك يضمن تقنين مواصفات السلامة وتطبيقها بكل حزم. كما يساعد ذلك على ضمان أن المحافظة على الصحة والسلامة من أهم أولويات تشغيل المدفن الصحي.

القواعد واللوائح المنظمة لعمل متعهدي المخلفات: إن ممارسات متعهدي المخلفات في المدفن تؤثر كثيراً على كفاءة وسلامة عمليات التشغيل في المدفن. وسوف يساعد وجود حزمة من اللوائح والقواعد الحازمة لعمل متعهدي المخلفات على تأكيد أن أنشطتهم تتوافق مع المستويات المقبولة. إن فعالية تطبيق القواعد المنظمة لعمل متعهدي المخلفات تأتي من أن استبعادهم من عملية نقل المخلفات للمدفن سوف يؤثر على مستوى معيشتهم. وإذا تم إعداد اللوائح المنظمة لعمل متعهدي المخلفات كجزء من خطة التشغيل فسوف تكون متاحة عند إعداد قواعد العلاقة بين المدفن وبين متعهدي المخلفات. وهذه العملية أقل أهمية في المدافن التي تتولى بنفسها عملية جمع ونقل المخلفات.

تعديل خطة التشغيل: إن خطة التشغيل الفعالة يجب أن تتضمن إجراءات لتحديث الخطة بناء على تغير ظروف التشغيل في المدفن. وهذا مهم لتحقيق فعالية خطة التشغيل. وبينما يتطلب تحديث خطة التشغيل بعض الجهد (عادة من جانب مدير المدفن)، فهذا يحقق الفائدة المرجوة من وجود عمليات تشغيل تحقق الهدف المنشود من المدفن على مدار عمره.

ج- عمليات موقع المدفن

إن التصميم والموقع الجيدان للمدفن لن يؤديا إلا إلى وجود مقلب مفتوح للمخلفات ما لم يتم تشغيل المدفن بطريقة سليمة. وتتحكم عدة عوامل في تحديد إجراءات تشغيل المدفن. بعض هذه العوامل يرجع لاشتراطات الترخيص والبعض الآخر يحدده تصميم المدفن ومكوناته. ونتيجة لذلك فقد تختلف إجراءات التشغيل من موقع لآخر. ولكل مدفن خصائصه الخاصة به. وإذا تم وضع خطة تشغيل شاملة للمدفن يجب أخذ خصائص الموقع في الاعتبار عند وضع إجراءات التشغيل. وبينما لا يهدف هذا الجزء إلى تغطية كافة إجراءات التشغيل لكل موقع على حدة، فهو يهدف إلى وصف الإجراءات الضرورية والشائعة لتشغيل المدافن بطريقة بيئية واقتصادية سليمة. وتتحكم مجموعة من الأهداف في تحديد إجراءات التشغيل. وهذه الأهداف بالإضافة إلى التشغيل والصيانة الجيدين هي:

- 1- الحد من الآثار الضارة بالبيئة.
- 2- تلبية احتياجات المنطقة التي يخدمها المدفن للتخلص من المخلفات.
- 3- خفض تكلفة تشغيل المدفن على المدى الطويل للحد الأدنى.
- 4- إطالة عمر المدفن بالاستخدام الأمثل لطاقته الاستيعابية.
- 5- تنفيذ والمحافظة على الالتزام بالقوانين.

- 6- الحد من الحوادث والمطالبات والمسئوليات المترتبة عليها.
- 7- الحد من تأثير المدفن على الممتلكات المجاورة.
- 8- إعطاء والحفاظ على انطباع عام جيد عن المدفن.
- 9- إظهار القدرة على إدارة وتشغيل المدافن الجديدة أو التوسع في المدافن القائمة عند الحاجة لذلك.

في العديد من الدول الصناعية، تعتمد متطلبات تشغيل المدافن الصحية على وجود قواعد واضحة لإدارة المخلفات الصلبة والخطرة. وبناءً على الظروف الخاصة بالموقع ونوع المخلفات التي تم تصميم المدفن من أجلها قد تختلف هذه المتطلبات من موقع لآخر. وتتعتمد كافة الإجراءات التي تحدد كيفية تشغيل المدفن في النهاية على تصميم المدفن. وقد تحتوي التصميمات الهندسية التي تقدم للحصول على التراخيص اللازمة على الخطط والمواصفات وتقارير التصميمات والدراسات الهيدروليكية. وبمجرد الانتهاء من هذه التصميمات الهندسية تمثل هذه التصميمات الأساس الذي يتم بموجبه التقدم للحصول على الترخيص. ويتم إعداد التصميمات بناءً على المعلومات الهيدروليكية والطاقة الاستيعابية المتاحة للمدفن وأنواع وكميات المخلفات الصلبة التي سيستقبلها المدفن والتأثيرات الصحية والبيئية المحتملة للمخلفات ونواتجها (الرشيح، الغازات، الخ). ويجب أن تعكس الخطة عمليات الحفر والردم والحدود الجانبية للردم ووسائل التصريف وتصميم الميل الجانبي وأي معلومات أخرى مطلوبة لتحديد المدفن.

1-7 استقبال المخلفات وحركة المرور

أ - مدخل سيارات نقل المخلفات للموقع

في البلاد التي يوجد بها قوانين حازمة لإدارة المخلفات الصلبة، تنص هذه القوانين على أن مدخل الموقع الذي لا توجد به مراقبة مستمرة على مدار الأربع والعشرين ساعة يجب أن توجد به بوابات محكمة يمكن إغلاقها وأسوار أو حواجز طبيعية حول الموقع. كما يمكن التحكم في المدخل أيضاً عن طريق وجود كثبان رملية طبيعية أو حواجز من صنع الإنسان (حوائط حاجزة) حول الموقع. من الضروري تأمين منشآت المخلفات الصلبة لضمان سلامة الناس والسماح بدخول الموقع فقط للأفراد المسموح لهم بذلك.

يجب تصميم طرق دخول للموقع داخل حرم المنشأة لمنع ارتباك حركة المرور والحد من المخاطر الصحية والمتعلقة بالسلامة. يجب وضع لافتات وعلامات بطريقة واضحة لتوجيه مستخدمي المدفن لمناطق العمل أو مناطق محددة للتخلص من المخلفات. وإذا أمكن من الأفضل في ساعات الذروة المرورية وجود شخص يقوم بتوجيه المرور في الموقع. يجب على المسؤولين في الموقع وضع لافتات إرشادية عند المدخل توضح:

- اسم المنشأة
- رقم تليفونات الطوارئ
- نوع المخلفات المقبولة في المدفن
- الغرامات المفروضة ضد المخالفين
- احتياطات السلامة الضرورية
- أيام وساعات العمل

معظم المدافن يمكنها استلام المخلفات من الأفراد أو بكميات كبيرة من البلديات أو سيارات النقل التجارية أو متعهدي القمامة. وفي جميع الأحوال، من أهداف تشغيل المدافن بطريقة جيدة هو

استلام المخلفات في أقل وقت ممكن مع التأكد من أنه في جميع الأوقات يتم تطبيق إجراءات السلامة.

إن الدخول لموقع المدفن يجب التحكم فيه بحيث لا تستطيع سيارة نقل مخلفات أن تدخل الموقع بدون مراقبة. يجب إغلاق مدخل الموقع وتأمينه في جميع الأوقات التي لا يتواجد فيها عاملين بالموقع. وهذا يؤدي إلى منع أي إجراء مخالف للقانون للتخلص من المخلفات عندما لا يمكن فحص المخلفات. ولا يجب تحت أي ظرف من الظروف تفريغ أي مخلفات في أي وقت بدون فحصها.

يجب أن يضمن التشغيل الجيد الفحص المناسب لجميع حمولات المخلفات للتأكد من عدم إلقاء أي مخلفات خطيرة أو غير مقبولة في المدفن. وبالإضافة إلى توفير بيانات دقيقة عن كميات المخلفات الواردة للمدفن، يوفر ميزان السيارات أيضاً وسيلة تفتيش وفرز مبدئية للمخلفات. فمثلاً يمكن لملاحظي الميزان مراقبة أي حمولات مكشوفة تتطاير منها المخلفات على الطريق الموصل للمدفن. أيضاً يمكن للملاحظين مراقبة السيارات التي تغادر المدفن وبها مواد تخصهم ويقوموا بالتخلص منها على الطرق بعد مغادرة المدفن.

وفي معظم المدافن توجد وسيلة لتسليم المخلفات تساعد المشغلين على توقع معدلات التشغيل اليومية. وقد تشمل هذه الوسيلة الوقت الذي تصل فيه عادةً بعض أنواع سيارات المخلفات وعدد المرات التي ترد فيها إلى الموقع يومياً. وفي حالة متعهدي المخلفات البلدية قد تعتمد هذه الوسيلة على مسارات تجميع المخلفات والوقت اللازم لنقل المخلفات من نقطة التجميع إلى المدفن. وسوف يبدأ الملاحظون في الموقع في تحديد ساعات الذروة من واقع التجربة.

ب- تشغيل ميزان السيارات

في معظم المدافن التي تستقبل مخلفات من مصادر مختلفة، يتم إقامة موازين للسيارات لوزن كميات المخلفات الواردة للمدفن. ومن الصعب جداً تحديد كمية المخلفات عن طريق إحصاء عدد السيارات. السيارات المختلفة لنقل المخلفات سوف تحمل كميات مختلفة من المخلفات، كما أن السيارات المغطاة ليس من الضروري أن تكون ممثلة عند وصولها للموقع. وهذا الوضع يؤدي لاختلافات كثيرة في حساب كميات المخلفات الصلبة الواردة للموقع بطريقة إحصاء عدد السيارات.

وتوفر موازين السيارات مثل الموجودة في الشكل 7-1 وسيلة دقيقة لحساب الكمية الفعلية الواردة للموقع. وعن طريق حساب وزن السيارة عند الوصول وعند مغادرة الموقع يمكن حساب وزن المخلفات الواردة للمدفن بدقة عن طريق طرح وزن السيارة فارغة من وزنها ممثلة. وهذا الأمر مهم لعدة أسباب منها:

- يمكن تحديد كمية المخلفات الصلبة المتولدة من المصادر الفردية للمخلفات عن طريق مراقبة كمية المخلفات الواردة من هذه المصادر. وفي حالة المدافن التجارية تصبح هذه العملية مهمة لمحااسبة الموردين على رسوم التخلص من المخلفات. وفي حالة المدافن الإقليمية العامة، تصبح هذه العملية مهمة لرصد كمية المخلفات الواردة من المنشآت الخاصة بحيث تساهم في التكلفة العامة لتملك وتشغيل المدفن حسب استخدامها للجزء المخصص لها.
- عن طريق تحليل سجلات الوزن يمكن تحديد مدى كفاءة مسارات التجميع عن طريق الكمية وتتابع عمليات النقل للمدفن بواسطة جامعي القمامة من الأفراد.
- يمكن قياس كفاءة استخدام مساحة المدفن عن طريق مقارنة حجم الفراغات المستخدمة بوزن المخلفات الواردة خلال مدة محددة. ويمكن استخدام هذا النوع من التقييم لقياس كفاءة عمليات دك المخلفات والإجراءات الأخرى التي تهدف إلى تعظيم الاستفادة من مساحة المدفن المستغلة.

أنواع موازين السيارات

هناك أنواع مختلفة من موازين السيارات المستخدمة في مدافن المخلفات. والأنواع المستخدمة في المدافن الصحية هي نفس الأنواع المستخدمة للأغراض الأخرى لوزن السيارات. وفي بعض المدافن الكبيرة في الدول الصناعية، يتم تركيب موازين السيارات بحيث تسمح بوزن السيارة وإعطاء تذكرة الوزن للسائق دون أن يغادر السائق سيارته.

أنظمة إدارة الموازين باستخدام الكمبيوتر

العديد من موازين السيارات الموجودة في المدافن مرتبطة بنظام كمبيوتر. ومن خلال هذه الأنظمة يتم الاحتفاظ بقاعدة بيانات عن المخلفات التي يتم استقبالها في الموقع. وتشمل هذه المعلومات: مواعيد وصول سيارات نقل المخلفات للموقع ومواعيد مغادرتها وكمية المخلفات التي وردت للمدفن، الخ. كما تسجل قاعدة البيانات وزن المواد التي تخرج من المدفن مثل المواد التي يعاد تدويرها وإطارات السيارات، الخ. كما يمكن عن طريق هذا النظام طبع تذاكر وزن السيارات. كما يمكن أيضاً طبع تذاكر الوزن من عدة نسخ بحيث يتم إعطاء سائق السيارة نسخة منها كمستند يدل على تسليمه لحمولة السيارة في المدفن.

ويوجد في معظم برامج الكمبيوتر الخاصة بموازين السيارات إمكانية تسجيل وزن السيارة وهي فارغة وذلك بالنسبة للسيارات التي تصل للمدفن بصورة منتظمة. وبهذه الطريقة يمكن لملاحظ الميزان أن يزن السيارة فقط عند وصولها محملة للمدفن حيث أن وزنها فارغة يكون مسجل عنده على الكمبيوتر ويمكن حساب وزن المخلفات في الحال عن طريق طرح وزن السيارة عند الوصول من الوزن الفارغ المسجل على الكمبيوتر.

جميع أنظمة إدارة موازين السيارات بالكمبيوتر يمكنها إعداد تقارير دورية من واقع قاعدة البيانات. وبينما تكون هذه التقارير مهمة للعمل (إصدار الفواتير، مراقبة الحجم المستخدم من المدفن، الخ) فهي أيضاً مطلوبة بواسطة الأجهزة التنظيمية لمراقبة كمية وأنواع المخلفات الواردة للمدفن. مثل هذه التقارير توفر البيانات اللازمة لعملية التخطيط لإدارة المخلفات الصلبة.

إعداد والاحتفاظ بالسجلات

أي عمل يحتاج إلى سجلات. وفي المدافن الصحية، يتم الاحتفاظ بسجلات عن أوزان كميات المخلفات الواردة للمدفن لأغراض الحسابات ومراقبة المخلفات التي ترد للموقع. ومن خلال إجراءات التراخيص في بعض البلاد يجب على المدافن أن تحتفظ بسجلات معينة لوقت محدد، يكون مذكوراً عادةً في لوائح المدفن. وتشمل هذه السجلات ما يلي:

- سجلات توريد المخلفات
- سجلات بيانات العاملين
- سجلات الفواتير، إذا كان ذلك مناسباً
- سجلات الشكاوى أو الأحداث غير العادية
- سجلات إجراءات السلامة
- سجلات الطوارئ
- سجلات مواد إعادة التدوير
- سجلات الالتزام البيئي
- سجلات الاختبارات والفحوصات

ج- الدخول لموقع العمل

أحد الأهداف الرئيسية للمدافن الصحية هو أن تكون مساحة منطقة التشغيل في المدفن أقل ما يمكن. وهذا يهدف إلى تحقيق ما يلي:

- تقليل مساحة طبقة التغطية اليومية للحد الأدنى.
 - تقليل فرصة القوارض في الحصول على الغذاء وتقليل جاذبية المدفن لها للتكاثر فيه.
 - تمكين ملاحظي فرز المخلفات بالمدفن من المراقبة للصيقة لحمولات المخلفات.
- ويعتمد التحكم في طريق الدخول لمنطقة العمل بالمدفن وحجم هذا الطريق على أنواع السيارات المسموح بدخولها لتوريد المخلفات لموقع العمل. وفي عمليات التشغيل النمطية في الموقع، وجد أن الوقت اللازم لتفريغ حمولة المخلفات من سيارة نصف نقل أكبر من الوقت اللازم لتفريغ السيارات الأكبر حجماً. وبناءً عليه، تحظر العديد من المدافن توريد المخلفات بسيارات نقل صغيرة. وفي هذه الحالة تحدد المدافن مواقع تفريغ للسيارات الصغيرة خارج منطقة عمل المدفن حيث يمكن للسيارات الصغيرة تفريغ حمولتها دون إعاقة حركة العمل في الموقع. وبينما يعني هذا ضرورة تعيين عدد أكبر من العمالة لمراقبة عملية تسليم المخلفات فهذا يعني أيضاً أن مساحة منطقة العمل بالمدفن سيتم تقليصها للحد الأدنى.
- يجب على ملاحظي العمل في منطقة الموقع مراقبة السيارات بحيث يتأكدوا من أن السيارات تفرغ محتوياتها في المنطقة المخصصة لذلك. وبالإضافة للتوجيهات الشخصية يمكن لملاحظي الموقع وضع حواجز وعلامات مرورية أو ما يشابهها للتحكم في حركة مرور السيارات. إن التحكم في حركة السيارات مهم للغاية للأسباب التالية:
- توفير ظروف السلامة والأمان في الموقع عن طريق التحكم في حركة السيارات في الموقع.
 - تقليل مساحة منطقة العمل بالمدفن للحد الأدنى وبالتالي تسهيل وضع طبقة الغطاء اليومية ومنع تطاير القمامة وتوفير مساحة كافية لحركة المعدات التي تعمل بالموقع.
 - استمرار حركة السيارات وبالتالي تقليل الوقت الذي تمكثه بالموقع. وهذا أيضاً في مصلحة العمالة المسؤولة عن تجميع المخلفات حيث يساعدهم ذلك على إنجاز مهمتهم في الوقت المحدد.
 - تمكن ملاحظ الموقع من فصل السيارات الصغيرة عن الكبيرة. وتستغرق السيارات الصغيرة وقتاً أكبر لتفريغ حمولتها عن السيارات الكبيرة. وعن طريق فصل السيارات الصغيرة يمكن تقليل الوقت اللازم لتفريغ السيارات الكبيرة.
 - يجب على ملاحظ الموقع منع عمليات النقاط القمامة بواسطة مشغلي سيارات نقل القمامة أو غيرهم.

فرز وفحص المخلفات: إن فرز والتفتيش على المخلفات من أهم واجبات مشغلي الموقع. يجب تأمين المدفن ضد ورود مخلفات مرفوضة قد تلوث البيئة أو تعرض صحة العاملين بالمدفن للخطر.

يجب وجود رقابة حازمة لضمان عدم دخول المواد الخطرة كما يجب عدم استلام أي مواد قابلة لإعادة الاستخدام أو التدوير. إن الهدف من التفتيش على المخلفات هو تحديد المخلفات المرفوضة بسرعة (من الأفضل قبل تفريغها من السيارة).

كما يجب أن تحدد عمليات التفتيش على المخلفات في الموقع المواد التي يمكن أن تسبب مشاكل في التشغيل. فمثلاً، إطارات السيارات يتم فصلها عن المخلفات وتجميعها في موقع العمل على مدار اليوم ومن ثم نقلها بعيداً آخر اليوم. وبعد تجميع عدد كافي من هذه الإطارات يتم نقلها من المدفن حيث يتم التخلص منها في مكان آخر أو إعادة تدويرها واستخدامها.

يجب على ملاحظي الموقع بصفة خاصة مراقبة المواد الخطرة التي قد تصل للموقع. وهناك عدة طرق يمكن بها لمراقبي الموقع فرز المخلفات:

- التفقيش العشوائي على المخلفات عن طريق الاختيار العشوائي لعدد من السيارات لتحديد المواد الموجودة بها.
- يجب على إدارة المدفن معرفة جميع متعهدي وناقلي المخلفات الذين ينقلون القمامة للمدفن. هذه المعرفة سوف تساعد على تعريف مولدي وناقلي المخلفات بأهمية منع المواد غير المقبولة من الوصول للمدفن.
- لا يجب السماح لأي جهة تحضر مخلفات غير مقبولة للمدفن من التهرب من فعلتها. فعند وضع المخلفات في المدفن يكون من المستحيل تقريباً تحديد مصدر هذه المخلفات باستثناء المخلفات ذات المواصفات الفريدة. كما يجب إجبار ناقلي المخلفات الذين يحضرون مخلفات غير مقبولة للمدفن على إعادة تحميلها من المدفن أو تحمل نفقات إزالتها إذا أمكن.

12- المخلفات التي تحتاج لمعاملة خاصة

هناك عدد من المخلفات التي ترد للمدفن وتحتاج لإجراءات خاصة في التداول، ويجب وضع إجراءات موحدة لهذه المواد بسبب خصائصها الفريدة التي تؤثر على عمليات التشغيل أو تسبب مشاكل في المدفن. ويتم حالياً في الدول التي تكون فيها المدافن مكلفة وصعبة المنال تجميع المخلفات التي كان من المعتاد دفنها، خارج منطقة عمل المدفن وشحنها بصفة دورية للأسواق أو مواقع أخرى للتخلص منها. ومن أمثلة هذه المواد الأجهزة الكهربائية وإطارات السيارات. وتشمل بعض الإجراءات التي يجب اتباعها مع المواد صعبة التداول ما يلي:

- يجب وضع المواد كبيرة الحجم في المدفن في أقل مساحة ممكنة، لذا يجب تكسييرها بطريقة مناسبة.
- في بعض الحالات، ترد للمدفن مواد بناء وهدم وهذه المواد صلبة في العادة وتشغل حيز كبير من المدفن. وفي العديد من المناطق يتم معالجة هذه المواد لاستعادة بعض المكونات منها واستخدام الباقي في عملية التغطية اليومية.
- يجب على ملاحظي الموقع أيضاً مراقبة العبوات التي قد ترد للمدفن مع المخلفات. قد تحتوي هذه العبوات على سوائل تسبب مشاكل صحية أو بيئية.
- مادة الأسبستوس من المواد الصلبة وعادة توضع في الدفن بسبب طبيعتها. ويرجع السبب في ذلك إلى كونها لن تتحلل أو تلوث المياه الجوفية. إلا أنه يجب تداول هذه المواد بعناية بسبب خطورتها على العاملين بالموقع. ويتمثل الخطر الرئيسي للأسبستوس في استنشاق الألياف الدقيقة التي تتفصل عنه وتسبب تأثيرات صحية على المدى الطويل.
- في بعض المدافن الصحية، يتم توريد بعض المخلفات الطبية المعالجة للتخلص منها. وفي حالة المخلفات الطبية المعالجة عن طريق الحرق، فيمكن اعتبار أنه تم معالجتها عن طريق تغيير خواصها بسبب الحرق وأصبحت آمنة. وفي حالات أخرى تعالج المخلفات الطبية باستخدام وسائل تعقيم أخرى مثل أشعة الميكروويف وأجهزة الأوتوكلاف، الخ. وفي هذه الحالات، لا تتغير الخواص الطبيعية للمخلفات بصورة كبيرة. ولهذا السبب يجب على مشغلي الموقع معاملة هذه المخلفات المعقمة على أنها لا تزال مصدراً ممكناً للعدوى. وهذا يوفر الطريقة المناسبة للتعامل مع هذه المخلفات بواسطة مشغلي الموقع مما يمنع تعرضهم لمشاكل صحية بسبب هذه المخلفات. ويجب توجيه عناية خاصة للأجسام الحادة التي يمكن أن ترد للموقع (الإبر والزجاج المكسور، الخ) ضمن المخلفات الطبية، فمن الشائع ملاحظة وجود إبر العلاج في المدافن، وغالباً

تأتي هذه الإبر مع المخلفات المنزلية نتيجة علاج مرضى السكر الذين يتعاطون الأنسولين بالإضافة لمراكز العلاج الطبية.

● يمكن إعادة تدوير إطارات السيارات بكفاءة. وعادةً يتسلم العديد من المدافن هذه الإطارات في مناطق خاصة بالمدفن حتى تتجمع لديها كميات كافية يتم شحنها للأسواق لبيعها.

● وتشمل المخلفات التي تحتاج لمعاملة خاصة في التداول ما يلي:

- رماد الوقود من محطات توليد الطاقة
- رماد المحارق والأفران
- مخلفات المناجم وصناعة التعدين
- مخلفات تصنيع الطعام
- المخلفات الأدمية
- الحمأة الناتجة من خزانات ومحطات معالجة الصرف الصحي
- خردة المعادن
- المخلفات الصلبة وشبه الصلبة من الزيوت

2-7 تشغيل موقع العمل

أ - أنواع مناطق العمل

في المناطق التي يوجد بها مدافن ليس لها طبقات بطانة، يوجد نوعين شائعين من عمليات التشغيل، هما طريقة المنطقة المسطحة وطريقة الخندق (الترنش). ويوضح الشكلان 4-7 و 7-5 هذه الطرق.

وطريقة المنطقة المسطحة سهلة جداً ومناسبة للتضاريس المنبسطة والدائرية والمرتفعة. وعند إقامة المدفن فوق منطقة مسطحة أو دائرية يتم عمل منحدر لذلك المخلفات في اتجاهه. ويتم إلقاء المخلفات في قاع الانحدار ودكها في طبقات حتى حافة الميل الجانبي. ومن عيوب هذه الطريقة أنه يتعين إحضار طبقة التغطية من مسافة بعيدة نسبياً كما يجب التحكم في مجرى المياه السطحية من أعلى حتى لا تصل للمخلفات.

وطريقة الخندق مناسبة للتضاريس المسطحة ذات المياه الجوفية العميقة. وفي هذه الطريقة يتم حفر خندق في الأرض ووضع المخلفات فيه. ثم تدك المخلفات في طبقات رقيقة وتغطي بالتربة التي تم استخراجها من قبل من الحفر. يجب عمل ميل في قاع الخندق بعيداً عن منطقة تفريغ المخلفات لتوفير وسيلة تصريف مناسبة. وهذه الطريقة لا تستخدم في المدافن الجديدة في الولايات المتحدة ودول الاتحاد الأوروبي بسبب البطانة المركبة. إن الطبقات المركبة تجعل من المستحيل حفر الخنادق لإلقاء المخلفات بها.

وعند حفر الخندق، يجب عمل الحوائط الجانبية بميل يمنعها من الانهيار. وتحدد عوامل النوع والرطوبة ودرجة الدك والخواص الطبيعية للتربة، الزاوية المناسبة للحوائط الجانبية للخندق. وفي الغالب يجب ترك 2 قدم من التربة بين كل خندق. وإذا تم حفر الخندق بزوايا قائمة على اتجاه الريح فسوف يساعد ذلك على منع تطاير القمامة. كما تؤدي هذه الطريقة أيضاً إلى تقليص مساحة منطقة العمل.

يمكن أن تحدث مشاكل إذا لم يتم مراقبة الخنادق جيداً. وهذا يعني عدم ترك الخنادق مفتوحة عند نهاية الصرف بحيث تتجمع المياه عند الطرف البعيد من الخندق. إذا كان من الضروري عمل الخنادق المغلقة يجب وضع مضخة لتصريف المياه المتجمعة بصفة منتظمة. يجب تصريف المياه بطريقة مناسبة بسبب احتمال وصولها للمخلفات الموضوعة في الخندق. ومعظم المدافن تستخدم خليط من هذه الطرق بناء على الخواص الطبيعية للموقع.

وأحد الطرق الشائعة المستخدمة في العديد من المدافن هي الميل الجانبي أو المنحدر. وفي هذه الطريقة يتم فرد المخلفات ودكها فوق منحدر. وفي المدافن التي تستخدم هذه الطريقة يتم

الحصول على طبقة التغطية من أمام منطقة العمل مباشرة، ثم تدك فوق المخلفات في نهاية اليوم. وبهذه الطريقة يتم حفر جزء بسيط من الأرض لعمل اليوم التالي. وهذه الطريقة تسمح بالاستخدام السليم للموقع حيث يتم بناء طبقة مفردة مع عدم اللجوء لنقل التربة من مكان بعيد كما أن جزءاً من المخلفات يتم التخلص منه تحت السطح الأصلي. والخطورة التي قد تنجم عن هذه الطريقة هي انهيار الميل بسبب الحفر عند طرف منطقة الردم التي لم تدك جيداً. وبمجرد إعداد الموقع، يمكن بناء عدة طبقات بتعديل طريقة المنطقة المسطحة (بناء على التصميمات) وتشوين مواد التغطية أو نقلها من أماكن أخرى. إن عملية نقل مواد التغطية عملية مكلفة جداً عادةً كما أن تعرض منطقة العمل للرياح يزيد من تطاير القمامة. ويتحدد الارتفاع الرأسي للمخلفات بمدى استقرار الميل الجانبي والحدود الجانبية لمنطقة تفريغ المخلفات وعوائق انسيابية الميل.

في المدافن المبطنة، تستخدم طريقة الانحدار مع نقل مواد التغطية من منطقة حفر داخل المدفن أو خارجه. وهذه التكلفة الإضافية (وارتفاع سعر الأرض، نتيجة عدم توافر الأرض المناسبة للمدافن في معظم الولايات بأمريكا) أدى إلى تعظيم الاستفادة من طبقات التغطية البديلة التي لا تعتمد على المواد الطبيعية في التربة.

إن عملية بناء مدفن صحي تشمل إنشاء خلايا تستخدم كجيوب لوضع المخلفات بها. ومن الطبيعي أن المخلفات الصلبة التي ترد للمدفن في أي يوم من الأيام يتم تغطيتها في نهاية ذلك اليوم، وهذا ينشئ ما يسمى بالخلايا. وتسمى مجموعة الخلايا التي يتم إنشاؤها في نفس المستوى بالطبقة. ويوضح الشكل 6-7 و 7-7 تشكيل الخلايا والطبقات. وهذا يسمح لمشغلي المدفن بالتخطيط للتوسعات المطلوبة عند امتلاء المدفن.

وتهدف عمليات الموقع إلى التحكم في عاملين رئيسيين، هما:

- الرطوبة
- وضع المخلفات

وإذا تم التحكم بكفاءة في هذين العاملين، فسوف يعود ذلك بفوائد بيئية واقتصادية كثيرة. إن الهدف الرئيسي هو تقليل مساحة منطقة العمل بالمدفن لأقل مساحة ممكنة. وهذا له فوائد عديدة منها:

- تقليل كمية المخلفات التي تتعرض لها القوارض، والحد من تأثير الرياح عليها، وانبعثات الروائح غير المرغوبة.
- تقليل تولد الرشح للحد الأدنى.
- تقليل كمية طبقة التغطية اليومية المطلوبة من أجل تغطية المخلفات تغطية كاملة.
- تعظيم التحكم في حركة سيارات المخلفات بالموقع، وهذا يساعد على توفير تفقيش وفرز فعال للمخلفات الواردة للمدفن.

3-7 دك المخلفات

من أهم العمليات التي تحدث في منطقة عمل المدفن عملية دك المخلفات. وتساعد عملية الدك السليم للمخلفات في تحديد درجة الاستقرار والهبوط التي تحدث في المدفن مع مرور الوقت. وجميع المدافن يحدث بها هبوط، وهذا بسبب كثافة الدك نتيجة وزن المواد التي توضع فوق المخلفات ونتيجة تحلل المواد العضوية في المخلفات. ويساعد الدك السليم على تقليل أثر الدك الطبيعي ويمنع اختلاف درجة استواء الأرض التي تدمر الطبقة السطحية فوق المدفن. وهناك عدة أنواع من المعدات المتاحة لأغراض دك المخلفات فقط. وتم تصميم هذه المعدات بمكونات خاصة تهدف إلى التعامل السليم مع مواد المخلفات الصلبة وتعظيم الاستفادة من عمليات الدك.

أ- دواعي الدك

هناك عدة أسباب لعملية دك المخلفات، منها:

- الاستخدام الأمثل لمساحة منطقة العمل.
- السيطرة على مساحات المدفن المغلقة ومنع تفاوت درجات استواء السطح وتوفير سطح مستو.

وفي المدافن المرخص لها حجم محدد للاستخدام (مثل الولايات المتحدة ودول الاتحاد الأوروبي)، من المهم للغاية استخدام المساحات المخصصة الاستخدام الأمثل إذا أردنا تعظيم عائد الاستثمار في هذه المدافن. ويسمح الدك الأمثل بزيادة كميات المخلفات الصلبة الواردة للمدفن. بينما يؤدي الدك غير السليم إلى إهدار المساحات المصرح بها كما يؤدي إلى هبوط حاد في سطح الأماكن المغلقة بالمدفن مع مرور الوقت. وهذا يمكن أن يؤدي إلى حدوث مشاكل في تركيبية السطح تساهم في زيادة التآكل وتولد الرشيح.

وتختلف كثافة المخلفات في المدفن بناء على نوع المخلفات والطريقة التي يتم دكها بها. يجب أن يكون هدف تشغيل منطقة العمل في المدفن هو تحقيق كثافة عالية للمخلفات بأكبر قدر ممكن. فالكثافة العالية للمخلفات تؤكد أن مساحة الموقع قد تم استخدامها بأقصى قدر ممكن. وفي المدافن التجارية التابعة للقطاع الخاص، تترجم هذه الاستفادة مباشرة إلى عائدات وأرباح. وفي مدافن القطاع العام، يؤدي الدك الأمثل والاستخدام السليم لمساحة الموقع إلى إطالة عمر المدفن وتقليل تكلفة التوسعات في المدفن أو الحاجة إلى تغييره.

يؤدي الدك الجيد للمخلفات إلى:

- خفض معدل استهلاك المساحة المتاحة وإطالة عمر المدفن.
- تقليل مسامية التربة وبالتالي تحسين تصريف المياه.
- تقليل هبوط المخلفات والحد من مشاكل الرعاية على المدى الطويل التي قد تنجم من هبوط السطح.
- خفض احتمالات تولد الرشيح عن طريق تحسين عملية تصريف المياه.
- تقليل الحاجة لطبقة تغطية المخلفات نتيجة سقوط التربة بين المخلفات.
- تحسين القدرة على التنقل فوق منطقة العمل أو فوق المخلفات التي سبق وضعها.
- الحد من احتمالات انتشار أي حرائق تحدث في منطقة العمل.

ب- الاستخدام الأمثل لمنطقة العمل بالمدفن

تعتمد كفاءة الدك على كفاءة المعدات المستخدمة في الدك والتقنيات المستخدمة. وبصفة عامة، يجب وضع المخلفات في قاع منطقة العمل ودفعها في اتجاه الميل الجانبي. وهذا يؤدي إلى:

- توفير دك أفضل حيث يتم فرد المخلفات لأعلى. يؤدي التشغيل لأسفل إلى انزلاق المخلفات إلى قاع الميل دون دك.
- توفير ظروف رؤية وراحة وسلامة أفضل لمشغل المعدات والعاملين بالموقع وملاحظي الموقع وناقلي المخلفات.
- السيطرة بشكل أفضل على تطاير القمامة نتيجة تقليل تعرضها للرياح والتحكم في حجم منطقة العمل.

ج- مراقبة نتائج الدك

في المدافن التي يوجد بها موازين للسيارات يمكن مراقبة معدلات الدك بكفاءة عن طريق مقارنة وزن المخلفات الواردة بحجم المساحة المستغلة. ويمكن عمل ذلك عن طريق عمل مسح طبوغرافي لمنطقة العمل بالمدفن بصفة دورية. وعند مقارنة آخر مسح أو المسوح السابقة

بالتصميم الأصلي، يمكن حساب الحجم المستغل من المدفن خلال زمن محدد. وتعتمد الطرق المستخدمة في حساب معدلات الدك على حساب معدلات الحفر باستخدام برامج كومبيوتر خاصة بذلك. ثم يتم تقييم الحجم الذي تم استخدامه بين المسوح المختلفة بأطنان المخلفات التي وردت للمدفن بناء على سجلات موازين السيارات لنفس الفترة. ويتم حساب كثافة المساحة المستخدمة من حجم المدفن (رطل/قدم مربع) عن طريق قسمة الوزن على الحجم. ويمكن تعديل كمية طبقة التغطية اليومية والمؤقتة خلال فترة التقييم. وعادةً تضع المدافن ذات التشغيل الجيد أهداف محددة للكثافة المستخدمة يتم تحقيقها عن طريق الدك ووضع المخلفات في المدفن بطريقة سليمة. وبصفة عامة، يتحدد معدل الدك بناء على نوع المعدات المستخدمة في الدك وعدد مرات مرور المعدات فوق المخلفات. ويحدث أقصى دك ممكن عندما توضع المخلفات في طبقات رقيقة نسبياً ثم يتم دكها. إلا أنه كما هو موضح في الشكل 6-8، لا تتحسن كفاءة الدك بصورة كبيرة بزيادة عدد مرات مرور المعدات فوق المخلفات.

يجب تطبيق الخطوات التالية كلما أمكن لزيادة كفاءة الدك:

- سمك طبقة المخلفات: إن عمق طبقة المخلفات ربما يكون أهم عامل يؤثر على الكثافة. وللحصول على أقصى استفادة من مساحة المدفن، يجب فرد المخلفات في طبقات لا يزيد سمكها على 24 بوصة ثم دكها. وتخفض الطبقات الأعمق الكثافة التي يمكن للمعدات تحقيقها من عدد معقول من مرات الدك.
- عدد مرات الدك: تتأثر كثافة الدك بعدد مرات مرور المعدات فوق المخلفات. وبغض النظر عن نوع معدات الدك المستخدمة، يجب على المدمجة أن تمر من 3 إلى 5 مرات فوق المخلفات لتحقيق أقصى كثافة. ويوضح الشكل 7-8 أن أكثر من خمسة دورات لا ينتج عنها تحسن إضافي. ولا تساوي التكلفة الإضافية لزيادة عدد مرور المعدات فوق المخلفات النتائج التي تحققها.
- الميل الجانبي: من أجل تعظيم الاستفادة من عمليات الدك يجب أن تعمل المدمجة فوق ميل منبسط كلما أمكن. ويرجع ذلك إلى أن وزن المدمجة يمكن الاستفادة منه بطريقة أفضل عند العمل على أرض منبسطة. يجب ألا تعمل معدات الدك فوق ميل يزيد عن 1:4 (25%).

د. أنواع معدات المدافن

هناك عدد من الأنواع المختلفة للمعدات المتحركة التي تستخدم في المدافن الصحية. وتشمل هذه المعدات:

- الدمجات: هناك أنواع عديدة وأحجام مختلفة من الدمجات التي تستخدم في المدافن الصحية. ومعظم هذه الدمجات مزود بعجلات من الصلب مصممة لكي تركز الوزن من أجل الدك السليم من خلال عملية تركيز الحمل. وبسبب تكوينها، تستخدم معظم الدمجات في دك المخلفات وفرد طبقة التغطية.
- البولدوزرات: هناك العديد من الاستخدامات للبولدوزرات في المدافن الصحية، حيث يمكن استخدامها في دعم عمل الدمجات في حالة تعطل الأخيرة. كما يمكن استخدامها في فرد طبقة التغطية، وإزالة الثلوج، وأي أعمال أخرى من أعمال التربة. وفي حالة استخدام طبقة تغطية يومية بديلة، يمكن استخدام البولدوزرات في فرد أو إزالة هذه الطبقة. وتزود البولدوزرات التي تعمل في المدافن عادةً بشفرات خاصة لأعمال المخلفات الصلبة. وتوفر هذه الشفرات مساحة أكبر لنقل المخلفات الصلبة.
- الحفارات: يمكن استخدام معدات الحفر في حفر طبقة التغطية لاستخدامها في أعمال المدفن. كما يمكن استخدام هذه المعدات أيضاً في أغراض صيانة الموقع مثل عمل برك الترسيب أو تنظيف قنوات التصريف. كما يمكن استخدامها أيضاً في تداول مواد

الإنشاءات مثل غرف التفتيش والمواسير واللفائف مثل طبقات البطانة الجيوتكستيل وأعمال حفر التركيبات.

- **السيارات:** يمكن استخدام سيارات الموقع في نقل مواد طبقة التغطية من موقع الحفر إلى موقع المدفن. وفي حالات عديدة تخصص سيارات الموقع لاستخدامات الموقع فقط.
- **معدات أخرى:** هناك معدات أخرى تستخدم في عمليات تشغيل المدفن. وتشمل هذه المعدات: اللوادر ذات الشوكة، معدات غربلة لطبقة التغطية اليومية، سيارات المياه للسيطرة على الغبار، سيارات الوقود لتموين سيارات الموقع، الخ.

4-7 طبقات تغطية المدفن

يؤدي وضع طبقة تغطية يومية للمدفن إلى تحقيق النتائج التالية:

- يحد من تطاير القمامة وانبعاث الروائح وتكاثر القوارض وغيرها من المضايقات.
- يحد من تسرب المياه وتولد الرشيق.
- يوفر طريق جيد للدخول لموقع العمل.
- يزيد من عوامل السلامة لناقلي المخلفات ومشغلي المدفن.
- يتحكم في حركة غازات المدفن.
- يدعم نمو المسطحات الخضراء مما يساعد على الحد من هبوط وتآكل التربة.
- يحد من أخطار الحرائق.
- يحسن الشكل الجمالي للمدفن وبالتالي من نظرة الجمهور لها.
- يمنع عمليات التقاط القمامة بعد دفنها.

أ - وظيفة وأنواع طبقة التغطية

تصنف طبقات التغطية الترابية إلى ثلاثة أنواع هي: اليومية، والوسيطه، والنهائية. وتختلف طبقة التغطية من حيث العمق والنوع بناءً على الغرض الذي تستخدم من أجله. والمواد الترابية شائعة الاستخدام كطبقة تغطية في المدافن الصحية. ويعتبر نسيج التربة هو العنصر الحاسم في استخدام التربة كطبقة تغطية. كما يؤثر نسيج التربة على درجة نفاذيتها وكمية المياه التي يمكن أن تحتجزها. إذا تم احتجاز المياه في طبقة التغطية أو إذا تناثرت مياه الأمطار بسبب مسامية التربة يكون تولد الرشيق قد تم السيطرة عليه. ولكي تكون طبقة التغطية الترابية فعالة يجب دكها. التربة المدكوكه مع الميل المناسب وتصريف المياه السليم سوف يقلل من تسرب المياه ويساعد على تحقيق المهام المذكورة أعلاه.

طبقة التغطية اليومية

تتمثل الوظيفة الرئيسية لطبقة التغطية اليومية في الحد من الروائح ومشاكل القوارض والحرائق وتطاير القمامة والمنظر السيئ لموقع العمل. وتتص قوانين إدارة المخلفات الصلبة على ضرورة وضع طبقة التغطية. وفي معظم الحالات يكون سمك طبقة التغطية 6 بوصة لتغطية كامل موقع العمل. يتم فرد الطبقة الترابية في نهاية كل يوم باستخدام البولدوزر. ويتحكم دك المخلفات في كفاءة طبقة التغطية بحيث أن عدم الدك يؤدي إلى زيادة كمية مواد طبقة التغطية التي تسقط في الفجوات بين المخلفات. وهذا يتطلب تغطية إضافية تزيد من التكلفة في تشغيل المدفن.

وهناك نوعان من طبقات التغطية اليومية تستخدم عادةً في المدافن الصحية. النوع الأكثر شيوعاً هو التربة ذات النسيج المتجانس مثل الرمل أو المواد منخفضة المسامية مثل الطمي أو الغرين. وكل من هذه المواد له مزاياه وعيوبه. الرمل مادة سهلة التداول في جميع الظروف الجوية. وهي توفر بيئة عمل جيدة بعد فردها وغير عرضة للتآكل عادةً. ولكن حركة الغاز لا تتقيد بسبب

طبيعة الرمال. وأحد عيوب استخدام الرمل في التغطية هو درجة نفاذيته التي تسمح بتسرب مياه الأمطار وبالتالي تكوين الرشيح.

ومن مزايا استخدام تربة ذات حبيبات دقيقة مثل الطمي أو الغرين في طبقة التغطية هو تقييدها لحركة المياه. ولكن للأسف، هذا التقييد يمكن أن يسبب تحرك الرشيح في اتجاه أفقي بمحاذاة قمة طبقة التغطية السابقة والانسحاب مع الميل الجانبي للمدفن. وأحد عيوب استخدام هذه المواد هو أنها صعبة التداول خصوصاً في المناطق الرطبة أو ذات الجو البارد. وأثناء الشتاء، يكون من الصعب الحفر لاستخراج هذه المواد بسبب قابليتها للتأثر بالصقيع. يجب تثبيت الطمي أو الغرين إذا كانت طبقة التغطية سوف تترك فترة حتى نمنع حدوث تآكل لطبقة التغطية.

طبقة التغطية الوسيطة

تؤدي طبقة التغطية الوسيطة نفس الوظائف التي تؤديها طبقة التغطية اليومية ولكن لمدة أطول. وتتطلب قوانين إدارة المخلفات الصلبة عادةً وضع طبقة لا يقل سمكها عن 12 بوصة من المواد المدكوكة فوق جميع جوانب ومكان العمل في المدفن التي تترك لفترة أكثر من 6 شهور. وتوضع هذه الطبقة بميل لا يقل عن 5% ولا يزيد عن 33%. والهدف الرئيسي من هذه الطبقة هو خفض كمية الرطوبة التي تدخل الموقع.

طبقة التغطية النهائية

بعد أن يتم استخدام كل المساحة الممكنة من المدفن يجب وضع طبقة تغطية نهائية. وفي معظم الحالات، يتم استخدام طبقة سمكها 2 قدم. ومن أجل أن تكون هذه الطبقة فعالة، يجب دكها (ما عدا التربة العليا) وتسويتها وعمل ميل لتصريف المياه. كما يجب أن تحتوي على مساحات خضراء حتى تمنع تآكلها. ويحتوي تصميم خطة تشغيل المدفن على نوع طبقة التغطية النهائية المستخدمة. يجب وضع الطبقة النهائية فوق الطبقة الوسيطة واستزراع حشائش مناسبة ونباتات أخرى مقاومة للتآكل فوقها. وأحد وسائل منع التآكل هي التأكد من أن السطح قد تم توزيعه وتسويته بصورة سليمة. وهذا يتم باستخدام الحشائش والنباتات التي تنمو فوق الأرض المسطحة ولها قدرة على الاستمرار والنمو في بيئة المدافن الصحية. ومن الطبيعي أن عناصر الموقع المميزة مثل المناخ وسقوط الأمطار والعوامل الجوية، الخ، لها تأثير كبير على اختيار المواد التي توفر الاستقرار للتربة السطحية للمدفن.

أشكال أخرى من طبقة التغطية

في السنوات الأخيرة تم توجيه عناية كبيرة في الولايات المتحدة لتقييم واستخدام طبقات تغطية يومية بديلة. وبينما يبلغ السمك القياسي لطبقة التغطية اليومية 6 بوصة من التربة، يختلف الوضع بالنسبة للطبقة البديلة. وفي المدافن التجارية الثابتة المساحة تكون قيمة الأرض كبيرة. وتسمح طبقة التغطية البديلة باستخدام كافة مساحة المدفن في دفن المخلفات بدلاً من دفن المخلفات واستخدام طبقة تغطية من التربة سمكها 6 – 9 بوصة. هناك أربعة أنواع من طبقة التغطية اليومية البديلة، هي:

- الأغشية الصناعية (الجيوتكستيل).
- القوم
- الملاط رقيق القوام.
- أشكال بديلة من المخلفات الصلبة

الجيوتكستيل: تشمل المواد المشكلة منها:

أغشية متموجة وغير متموجة، أغشية مغلقة، ألواح من البلاستيك المقوى وغير المقوى. وعادةً يقدم صانعو هذه المواد ألواحاً بديلة بأحجام مختلفة (50 x 50 ، 100 x 100 ، 150 x 150 بوصة). وتسمح طريقة تصميم هذه المواد بوضعها وإزالتها يومياً.

الفوم: توضع هذه الطبقة بفرد طبقة من الرغاوي سمكها من 1 إلى 3 مثل كريم الحلاقة. وهذا الفوم يرش فوق سطح الموقع بخراطيم ضغط أحادية أو من سيارات توزيع.

الملاط رفيع القوام: هناك عدد من أنواع الملاط تستخدم في طبقة التغطية. ويصنع الملاط من عنصرين من الألياف والبوليمرات. والألياف الشائعة هي ورق الجرائد ورقائق الخشب. وعند خلط المكونات بالماء وفردتها فوق المخلفات تتكون طبقة صلبة بعد جفاف الماء من الخليط.

أشكال بديلة من المخلفات الصلبة: أحد أكثر المواد جدوى اقتصادياً هو استخدام أشكال بديلة من المخلفات في طبقة التغطية اليومية بدلاً من دفنها بالمدفن. والمواد الموحدة المواصفات مثل رماد المحارق والتربة الملوثة ونشارة الخشب والحماة ومواد الهدم والبناء، الخ يمكن استخدامها ما لم تسبب مشاكل نتيجة استخدامها.

5-7 السيطرة على المضايقات والقوارض

هناك عدد من المضايقات التي يجب أن يواجهها العاملون بالمدفن بصفة يومية. وبينما قد لا تؤثر هذه المضايقات على الأداء البيئي للمدفن إلا أنها مهمة للغاية في تكوين الرأي العام عن المدفن. إن عدم السيطرة على هذه المضايقات يمكن أن يطرح أسئلة حول كفاءة إدارة الأنظمة الدقيقة للمدفن (التي تهدف إلى حماية المياه الجوفية والسطحية). تشمل بعض المشاكل التي تحدث في المدافن ما يلي:

- هبوب الرياح وتطاير القمامة.
- الغبار.
- تساقط الأتربة والمخلفات.
- القوارض.
- الروائح الكريهة.
- الضوضاء.

أ – التحكم في هبوب الرياح وتطاير القمامة

يحدد موقع المدفن عادةً ظروف الرياح التي يتعرض لها الموقع. وتؤدي الرياح إلى تطاير المواد الورقية والبلاستيكية من موقع العمل إلى المناطق المجاورة. وعندما يوجد حول المدفن غابات بها أشجار و تتعلق المواد المتطايرة بالأشجار وتكون ما يطلق عليه "رايات المدافن". إن عدم القدرة على السيطرة على القمامة المتطايرة بفعل الرياح يؤدي عادةً إلى النظر إلى المدفن على أنه مصدر للإزعاج.

هناك عدد من الوسائل التي يمكن عن طريقها التحكم في القمامة المتطايرة:

- وضع طبقة التغطية اليومية بطريقة فعالة للحد من تعرض سطح المدفن للرياح.
- وضع سياج في أماكن استراتيجية لاصطياد القمامة المتطايرة مع السماح بمرور الرياح.
- مراقبة موقع العمل بكفاءة خصوصاً حول موقع العمل لإزالة المخلفات المتساقطة من سيارات نقل المخلفات والمتطايرة بفعل الرياح.

قد تتساقط القمامة من سيارات نقل المخلفات. وفي بعض الحالات تؤدي سيارات القمامة المكشوفة إلى تساقط القمامة على الطرق المؤدية للمدفن. يجب على العاملين بالمدفن تنظيف أي

قمامة متساقطة على طرق الموقع. ومع أن سيارات نقل المخلفات تكون هي المتسببة في ذلك، إلا أن الناس تنظر لحالة الطرق العامة في المنطقة على أنها مسئولية إدارة المدفن.

وتشمل المشاكل التي يسببها تطاير القمامة: جذب وتغذية الحشرات، والقوارض، وحدوث الحرائق، وشكوى الناس من المدفن، وتطاير القمامة إلى المناطق والممتلكات المجاورة، والقمامة المتطايرة من الموقع أو المتساقطة من سيارات نقل المخلفات وبفعل الرياح، وسوء تشغيل المدفن، والاختيار غير السليم لأماكن تفرغ المخلفات.

ويجب أن يطلب من ناقلي المخلفات تغطية سياراتهم مع رفض الحمولات المكشوفة، أو طلب مساعدة المسؤولين في المنطقة لإيقاف السائقين الذين يلقون بالقمامة على الطريق حتى يمكن الحد من تطاير القمامة. وتنشأ المشاكل من الحمولات المكشوفة التي تأتي في سيارات صغيرة أو نصف نقل.

ومن الصعب للغاية التحكم في القمامة المتطايرة بفعل الرياح. وفي بعض الأحيان يمكن نقل منطقة العمل بالمدفن لمنطقة محمية بزوايا مناسبة بعيداً عن الرياح. ويجب استخدام سياج كالموضح في الشكل 7-9 لحجز القمامة المتطايرة بوضع في الموقع وحوله. وتؤثر ظروف الرياح على كمية القمامة المتطايرة التي يجب جمعها كل يوم. ومن العوامل التي تؤثر على حجم القمامة المتطايرة من المدفن:

- سرعة واتجاه الرياح
 - خصائص المخلفات الصلبة مثل مكوناتها (ورق، الخ).
 - فعالية دك المخلفات ووضع طبقة التغطية.
- تؤثر سرعة واتجاه الرياح تأثيراً كبيراً على تطاير القمامة. كما أن موقع المدفن يتأثر كثيراً بالاتجاه السائد للرياح. وتؤثر التضاريس والأشجار المحيطة بالموقع على فعل الرياح في الموقع. وفي بعض الحالات، تزيد سرعة الرياح كلما علا سطح المدفن. ويمكن أن تساعد الملاحظة في الموقع على تحديد اتجاهات الرياح السائدة. وهذا يساعد على تحديد الأوقات التي تزيد فيها سرعة الرياح على مدار السنة. كما يساعد ذلك على تحديد الأماكن التي يجب فيها إقامة السياج الحاجز للقمامة لتحقيق أفضل استغلال ممكن. ومن المأمول أن يأخذ تصميم المدفن في اعتباره اتجاه وشدة الرياح. ويمكن تركيب مصدات للرياح وسياج دائم لحجز القمامة المتطايرة خلال أعمال إنشاء المدفن. وهذا سوف يساعد العاملين على التحكم في تطاير القمامة. كما يتم استخدام السياج المتحرك كما هو موضح في الشكل 7-9 للتحكم في القمامة المتطايرة بناء على اتجاهات الرياح في جميع الأوقات. والجهد المبذول في تحريك هذه الحواجز له ما يبرره بالمقارنة بصعوبة التقاط القمامة المتطايرة من الأشجار أو المناطق المتجمدة. ومن أهم المواصفات المطلوبة في هذه الحواجز المتحركة:
- أن تكون مقاومتها للرياح أقل ما يمكن. وهذا يتطلب أن تكون فتحات السياج صغيرة بما يكفي لحجز القمامة المتطايرة ومتسعة بما يكفي لمرور الرياح. وعادة يكون قطر فتحات هذه الحواجز 2 بوصة.
 - يجب تنظيف هذه الحواجز باستمرار حيث أن تراكم القمامة يمكن أن يؤثر على قدرة السياج على حجز القمامة المتطايرة.
 - يجب وضعها في أماكن تتميز بالفعالية. وهذا يتطلب تحريكها من وقت لآخر. ونتيجة لذلك، يجب أن تكون قابلة للحركة بحيث يمكن تحريكها بسهولة وسرعة.
- وفي جميع الأحوال يجب جمع القمامة المتطايرة من الموقع وحوله بأسرع ما يمكن. فكلما طال فترة تركها كلما تناثرت واستغرقت وقتاً أطول في جمعها.

ب- التحكم في الغبار

ينشأ الغبار من حركة السيارات على الطرق غير الممهدة أو الطرق التي تعالج بالرمال نتيجة مكافحة الثلوج. كما ينتج الغبار من حفر التربة ومن تفريغ ودك طبقة التغطية. ويمكن استخدام المياه النظيفة للتحكم في الغبار في الأجواء الجافة. كما يمكن رش هذه المياه من نظام توزيع يستخدم خزانات للمياه. وتوجد مواد كيميائية مثل كلوريد الكالسيوم للمساعدة في التحكم في الغبار دون تأثر المياه الجوفية أو السطحية. وتتمثل المشاكل المصاحبة للغبار في وقوع الحوادث وزيادة أعراض الحساسية وزيادة صيانة المعدات وتعطلها وبالتالي زيادة التكاليف وسوء العلاقة مع السكان المجاورين للمدفن.

ومن الصعب السيطرة على الغبار. في الماضي كان يتم استخدام الزيوت المترجعة للتحكم في الغبار على الطرق. إلا أنه بسبب تأثيراتها على البيئة لم يعد مسموحاً بذلك. ويمكن استخدام المياه في السيطرة على الغبار ما لم يؤدي ذلك إلى زيادة تولد الرشيح. ومن الوسائل الأخرى للسيطرة على الغبار تمهيد الطرق وتقليل سرعة السيارات. كما يمكن تأجيل بعض الأعمال التي لا تحتاج إلى إنجازها في بيئة جافة مثل حفر ونقل التربة. وإذا أمكن، يمكن نقل أماكن العمل لتقليل تأثير الغبار من أعمال التفريغ والدك في الأيام الجافة أو التي تنشط بها الرياح.

كما أن إضافة طبقة التغطية النهائية وزرع المسطحات الخضراء بمجرد امتلاء المدفن يمكن أن يساعد في مكافحة هبوب الغبار من مناطق المدفن. يجب النظر في وضع تشجير مؤقت للمناطق التي تترك بدون عمل في المدفن لفترات طويلة.

كما يساعد وضع حواجز للرياح حول المناطق المزججة في تقليل سرعة الرياح وحجز الغبار. يمكن غسل الطين الجاف فوق الطرق أو كنسه قبل أن يبدأ في التحول إلى غبار.

ج- التحكم في تساقط الأتربة والقمامة

يجب تفتيش كافة سيارات نقل المخلفات قبل مغادرتها الموقع للتأكد من أنها لا تحمل أي أكوام عالقة خلال عملية تفريغ المخلفات. أيضاً قد يلتصق الطين بعجلات السيارات ثم يتساقط على الطرق العامة خارج المدفن. يجب إزالة الطين قبل مغادرة السيارات للموقع. إذا كانت السيارات ستوزن قبل مغادرة الموقع، يجب على ملاحظ الميزان التحقق من عدم وجود مواد عالقة يمكن أن تتساقط بعد مغادرة السيارة للموقع. وفي معظم المدافن، توجد محطات غسيل للسيارات لتنظيفها قبل مغادرة الموقع.

د- مكافحة الطيور والقوارض

يجب على العاملين بالمدفن مكافحة العوامل التي تجذب الطيور والقوارض. وأفضل الطرق لتحقيق ذلك هو وضع طبقة التغطية اليومية بطريقة سليمة. وتشمل القوارض الطيور والحشرات والزواحف التي تنقل العدوى والأمراض التي تسببها البكتريا والفيروسات والفطريات.

الطيور: في العديد من المدافن الموجودة في مناطق ساحلية في الولايات المتحدة، تسبب طيور النورس مشاكل في التشغيل.

وتشمل المشاكل التي تنتج عن الطيور الخطورة التي تسببها لحركة الطيران وتلويث المياه السطحية ونقل الأمراض للعاملين من فضلات الطيور والمضايقات العامة. ومن الصعب مكافحة الطيور، وقد حققت الوسائل التي تمنع الطيور من التقاط الطعام وبناء الأعشاش في المدافن نجاحاً محدوداً. إن الضوضاء العالية والأشكال المحاكية للطيور الجارحة تم استخدامها ولم تحقق نجاحاً كبيراً. وتسبب الأصوات العالية مشكلة حيث تسبب إزعاجاً للمناطق المجاورة. إن الموانع الطبيعية مثل شبك الأسلاك الرفيعة والشباك حول الموقع أثبتت نجاحاً ملحوظاً. تستخدم الشباك أسلاك ذات فتحات واسعة (10 إلى 15 بوصة) تحد

من قدرة الطيور على الهبوط فوق المخلفات. يجب العناية بفرد هذه الشباك فوق مساحة كافية من الموقع لتعمل كحاجز لفترة كافية من الوقت.

الحشرات: الذباب والناموس هما النوعان اللذان يسببان الكثير من القلق في المدافن الصحية، حيث أنهما ينتشران الأمراض ويسببان المضايقات. يمكن للذباب أن ينقل الكثير من الأمراض عن طريق تلوّث الطعام عن طريق نقل البكتيريا مثل السلالمونيلا والشيغيليا من المخلفات إلى الطعام. كما يصاحب الذباب سيارات نقل المخلفات من وإلى المدفن. الذباب المكتمل النمو، والبيض، واليرقات تصل جميعها إلى المدفن مع المخلفات. وهناك تستمر في النمو والتكاثر حيث يتوافر لها الطعام والماء والمأوى بسبب طبيعة المدفن. وبالتأكيد فإن ذلك المخلفات وتغطيتها بالتراب أو الأغذية البديلة، هو أفضل طريقة لمكافحة الذباب في المدفن. يتوالد الناموس في الماء الذي يتجمع في الأماكن الهابطة من المدفن وفي الأماكن غير المدكوكة أو المغطاة من المخلفات مثل أكوام الإطارات والمخلفات الكبيرة، أو العلب والعبوات. وينقل الناموس الأمراض مثل التهاب سحايا المخ والملاريا. وتتضمن وسائل مكافحة الناموس ذلك وتغطية المخلفات وردم الحفر التي تتجمع فيها مياه الأمطار وردم مناطق تغذية الناموس.

القوارض: تنقل القوارض الأمراض مثل داء الكلب وحمى عضه الفأر، والتيفود والطاعون. كما يمكن أن تدمر المدفن عن طريق حفر طبقة التغطية وقرض أسلاك الكهرباء والعزل. وتتكاثر القوارض في المدافن بسبب حضورها مع المخلفات أو عن طريق الهجرة من المناطق المحيطة. وسوف تظل هذه القوارض بالمدفن إذا توافر لها الطعام والماء والمأوى. ويشمل المأوى المباني مثل مناطق التخزين والفجوات بين المخلفات كبيرة الحجم. ويمكن تحديد وجود القوارض بمراقبة وجود فضلاتها أو وجود عمليات قرض أو جحور أو ثقوب في المباني أو جدران الممرات أو بالرؤية المجردة. ومن الطبيعي أن القوارض لا توجد أثناء ساعات العمل حيث أنها تنشط بالليل. إذا لوحظ نشاط للقوارض أو كان موضع شك، يجب التعاقد مع جهات مرخصة مختصة للتشاور حول كيفية التخلص من هذه القوارض. إذا لم يتم التخلص من القوارض فسوف تنتقل لمكان آخر. وبعد التخلص منها يجب التأكد من سد مصادر الغذاء والماء والمأوى أمامها وإلا فستعاود الظهور سريعاً.

هـ- مكافحة الروائح الكريهة

تنتج الروائح في المدفن من تحلل المواد أو التفاعل الكيميائي الذي يحدث نتيجة اتحاد المواد. كما تنتج هذه الروائح من غازات أو رشيح المدفن. هناك العديد من المنتجات التجارية التي تساعد على التخلص من الروائح الغير مرغوبة نتيجة تحلل المخلفات. وتشمل مواد يمكن رشها مباشرة على سطح المدفن تعمل على إزالة هذه الروائح. ومشكلة الرائحة في المدفن مشكلة موسمية وتزداد في الجو الحار. وفي المدافن الكبيرة قد تمتد مشكلة الرائحة على مدار العام. وتشمل مشاكل الرائحة: شكوى الجمهور واحتمال وجود غازات تتسرب من المدفن.

الغازات الناتجة عن عمليات التحلل والتي تتسرب من المدفن أو من الرشيح تسبب أيضاً حدوث هذه الروائح. ويمكن مكافحة الروائح عن طريق تغطية المخلفات التي تكون في مرحلة متقدمة من التحلل وتخطيط منطقة العمل عند معرفة ورود مخلفات ذات رائحة نفاذة لتفادي وضعها في اتجاه الريح.

ن- مكافحة الضوضاء

تزيد ضوضاء المدفن من التوتر ويمكن أن تسبب مشاكل في السمع للعاملين بالمدفن وتسبب المضايقة للسكان المجاورين. وتنتج الضوضاء من أعمال معدات المدفن وتزيد عندما لا يتم

صيانة المعدات بشكل سليم. وقد تأتي الضوضاء من محركات المعدات أو الآلات الأخرى مثل آلات التنبيه في معدات المدفن المتحركة.

ولمكافحة خروج الضوضاء خارج حدود المدفن يتم إنشاء مناطق عازلة بين أكثر مناطق العمل ضجيجاً بالمدفن وأقرب المناطق للمدفن. وتمثل الأشجار والنباتات أفضل عازل للضوضاء. كما يمكن تخطيط ساعات العمل بالتوافق مع استخدامات الأراضي المجاورة قدر الإمكان للحد من شكوى الجيران من الضوضاء.

وتخفف الصيانة السليمة للمعدات (خصوصاً ضد عيوب الصناعة) من الضوضاء الصادرة وتحمي سمع العاملين الذين يشغلون هذه المعدات. قد يطلب من مشغلي المعدات ارتداء وسائل لحماية السمع مثل سدادات الأذن طبقاً لمستوى الضوضاء الذي يتعرضون له.

و- مكافحة الحرائق

يمكن أن تتسبب الحرائق في المدافن الصحية في الإضرار بالبيئة، وهناك عدة أسباب تؤدي لحدوث الحرائق:

- قد تصل للموقع حمولات مخلفات ملتهبة قد تشتعل بها النيران خلال النقل. وتصل هذه المخلفات للمدفن في حالة تصاعد دخان منها أو ألسنة لهب. وهناك عدة أسباب لهذه المخلفات الملتهبة منها التخلص من الفحم المستخدم في الشواء في المنازل. ويمكن للشاحنات المزودة بالاسلكي أن تخطر إدارة المدفن أنها على وشك نقل وتسليم شحنة مخلفات ملتهبة. وفي معظم المدافن، يتم عزل منطقة خاصة عن مناطق المخلفات الأخرى لاستقبال المخلفات المشتعلة. ومن المعتاد أن يكون العاملون بالمدفن على استعداد ومزودين بمعدات إطفاء الحرائق لإخماد أي حريق أو دخان عند تفريغ المخلفات. وبعد إخماد النار تماماً يتم وضع المخلفات بالمدفن. ولا يجب بأي حال تفريغ المخلفات المشتعلة في المدفن دون التأكد من عدم وجود أي اشتعال للمخلفات. وما لم يتم عمل ذلك بعناية فقد يحدث حريق أكبر يسبب تدميراً كبيراً للبيئة.
- قد يحدث اشتعال ذاتي للمخلفات الموضوعة في المدفن، ولذلك يجب فحص المخلفات لفرز أي مواد تسبب مشاكل بعد وضعها بالمدفن.
- إن تراكم المخلفات الملتهبة على معدات المدفن قد يحدث حريق. وفي بعض الحالات قد تتراكم أجزاء من المواد الملتهبة وتسبب حدوث حريق.
- لا يجب السماح بالتدخين في أي موقع حيث أن إلقاء أعقاب السجائر يمكن أن يسبب حرائق. وهذا بالطبع يشمل مكان العمل بالموقع.

وفيما يلي بعض الخطوات التي يمكن اتخاذها للحد من مخاطر حدوث حرائق:

- يجب تزويد جميع المعدات المتحركة في الموقع بوسائل لمكافحة الحريق يتم فحصها دورياً كجزء من برنامج الصيانة الوقائية بالمدفن.
- يجب تدريب العاملين بالمدفن على كيفية التصرف في حالة حدوث حريق.
- يجب عمل الاتصالات المناسبة مع إدارة مكافحة الحريق المحلية وخدمات الطوارئ الأخرى.
- يجب تنظيف المعدات وإبعاد أي مواد قد تسبب الحريق عنها.
- يجب منع التدخين في أي مكان يمكن حدوث حريق فيه. وهذا ينطبق بالذات على موقع العمل بالمدفن.
- عند ملاحظة أي اشتعال بسيط، يجب القضاء عليه تماماً قبل اتساع نطاق الحريق.

- يجب القيام بأعمال الصيانة بما فيها أعمال اللحام بطريقة لا تسبب حدوث حريق. وهذا يتطلب استخدام معدات لحام آمنة وأي وسائل أخرى لفصل عمليات الصيانة عن المواد القابلة للاشتعال.

6-7 التحكم في المياه السطحية

بالرغم من أن سقوط مياه الأمطار في مصر لا يسبب مشكلة بسبب ندرتها في أغلب المناطق، إلا أنه يجب اتخاذ احتياطات لمنع تلوث المياه السطحية بسبب جريان المياه من سقوط الأمطار على سطح المدفن. ويعتمد مدى هذه الحماية على المسافة بين المدفن ومصادر المياه السطحية مثل البحيرات ونهر النيل. وفي الولايات المتحدة ودول أخرى حيث تسبب المياه مشكلة، تتطلب القوانين حماية المياه السطحية من مصادر سقوط المياه.

والهدف الرئيسي من التحكم في المياه السطحية هو:

- منع جريان المياه السطحي عن أقسام العمل في المدفن حيث قد تتلوث نتيجة اتصالها بالمخلفات. يجب أن يستوعب نظام معالجة الرشيح تصريف المياه السطحية الملوثة.
- منع سقوط أي مياه غير ملوثة على المناطق غير المستخدمة من المدفن أو وصولها للمخلفات أو الرشيح. إن نظام حماية المياه السطحية يجب أن يتضمن تصريف مياه الأمطار خارج نظام تجميع الرشيح. هذه المياه سيتم تصريفها في قنوات التصريف العادية طالما أن نوعيتها مقبولة.

عندما تشكل حركة المياه السطحية مشكلة فهناك عدة تصميمات يمكن استخدامها للتحكم في هذه المياه. ويشمل ذلك عمل خنادق وممرات وأسوار ثابتة وأحواض تجميع. وعموماً، يعتمد حجم ذلك على المناطق التي تأتي منها مياه الأمطار والنوات وكثافة المياه المتساقطة على المدفن. في بعض الحالات، تتم زيادة حجم أنظمة تجميع مياه العواصف بسبب موقعها أو وظيفتها في منع المياه من الوصول للموقع. ويعتمد اتخاذ قرار إنشاء أنظمة تجميع مياه النوات بناء على مقارنة تكلفة هذا النظام بالمخاطر الناتجة عن مياه العواصف. ومعظم أنظمة مكافحة مياه العواصف مصممة للغرض الذي تنشأ من أجله. مثلاً، أنظمة التحكم في مياه العواصف التي من المتوقع حدوثها كل 25 سنة تستخدم كثيراً. وهذا لا يعني عدم استخدام أنظمة لمياه النوات الأكثر حدوثاً. إن الأضرار التي يمكن أن تحدث نتيجة النوات غير العادية يمكن أن تقاس في مقابل التكلفة الإضافية لزيادة طاقة أنظمة التحكم في مياه العواصف لتوفير عامل الأمان في التصميم.

الخنادق: تتكون عادةً من خنادق صاعدة تستخدم في منع المياه الجارية من خارج الموقع من دخول المدفن. الخنادق الهابطة تستخدم في تجميع مياه الصرف النظيفة لمنعها من الوصول للأقسام غير المستخدمة من المدفن. وقد تحول الخنادق الهابطة مجرى مياه العواصف إلى أحواض التجميع لإزالة الترسبات. وبناء على درجة الميل المستخدمة في الخنادق قد يتم تبطينها لمنع تأكلها. وقد تشمل مواد التبطين الديش والدك والحشائش.

الممرات في سطح المدفن: يمكن عمل ممرات مؤقتة فوق سطح المدفن للتحكم في جريان المياه. ووظيفة هذه الممرات منع المياه من الوصول للأماكن التي قد تتلوث فيها. وتوجد هذه الممرات في الأماكن التي يمكن تحويل مجرى المياه فيها بسرعة بسيطة حتى لا تسبب التآكل. وعادةً يتم استخدام ممرات ومخارج مؤقتة في بناء الخلايا لإزالة مياه العواصف مؤقتاً من الأقسام المنشأة ولكن غير المستخدمة من خلايا المدفن.

أسوار الغرين، التبن، الخ:

تعتبر هذه الوسائل مفيدة للغاية في منع حركة المواد المتأكلة من المدفن. وهي تستخدم عادةً في التحكم المؤقت في قاعدة الميل لتوفير حاجز حتى يتم استقرار السطح. وهي متحركة ويمكن تركيبها حسب الحاجة في المواقع التي تتعرض للتآكل من السطح لفترة من الوقت.

تتكون أسوار الغرين من شرائح من نسيج التربة سمكها 2-3 بوصة توضع أفقياً وتتصل بأعمدة خشبية. ويتم غرس جزء من قاع السور في الأرض بحيث لا تتسرب مياه الأمطار منها. وعندما ينساب الماء من خلال نسيج التربة يضعف تدفق الماء وتحتجز الترسبات. ويجب إزالة الترسبات المحتجزة بصفة دورية للحفاظ على عمل السور. وتعمل شرائح التبن بطريقة مشابهة لعمل السور الغرين. وتتم تبطينة حركة المياه للسماح بإزالة الترسبات. وكما هو الحال في أسوار الغرين يجب إزالة الترسبات بصفة دورية للحفاظ على كفاءة الحواجز.

أحواض الترسيب: يتم تحويل مياه العواصف لأحواض ترسيب لمنع الرواسب من مغادرة الموقع. وتوفر أحواض الترسيب إبطاء حركة المياه من خنادق التجميع. وتسمح حركة المياه البطيئة خلال أحواض الترسيب بترسيب الحبيبات الصغيرة. وعند المخرج النهائي يسمح بمرور الماء النظيف. ويتحدد حجم أحواض الترسيب بصورة أساسية بناء على حجم المنطقة التي تخدمها ومستوى سقوط الأمطار المتوقع في المدفن. يجب تنظيف أحواض الترسيب من الترسبات. وتستخدم هذه المواد عادةً في طبقة التغطية بعد إزالتها.

الجزء الثامن الصيانة

1-8 أهمية الصيانة

يعتمد التشغيل الناجح في أي مدفن على الطريقة التي يتم بها صيانة معداته وأنظمتها ومناطق العمل به. يجب الحفاظ على المدفن في حالة تشغيل في جميع الأوقات المحددة للعمل حتى يمكن الاعتماد عليه من مستخدميه. وقد يؤدي أفضل تصميم للمدفن إلى أضرار بيئية أو ظروف عمل خطيرة في وقت قصير من تشغيله ما لم يتم اتباع إجراءات تشغيل وصيانة سليمة. وهذا ينطبق على المعدات المتحركة مثل معدات إدارة الرشيع والغازات ومياه الأمطار. كما تنطبق أيضاً على مختلف مناطق المدفن العاملة وغير المستخدمة. ويتضمن برنامج الصيانة الفعال للمدفن الفوائد التالية:

- الحفاظ على المعدات في ظروف سليمة وفي حالة تشغيل.
- إطالة عمر المعدات.
- لن تتطلب المعدات إصلاحات كبيرة تتكلف الكثير من المال وتزيد من فترات توقف المعدات.

تعتبر الصيانة السليمة أحد مهام الإدارة المصممة لتقليل الخسائر أثناء والحفاظ على عمليات تشغيل آمنة وفعالة بتكلفة اقتصادية على مدار عمر المدفن.

أ – أنواع الصيانة

هناك نوعان من الصيانة يجب القيام بهما بصفة يومية، وهما:

- الصيانة العلاجية
- الصيانة الوقائية

وقد دلت الخبرة على أنه كلما كانت هناك معدات ميكانيكية مستخدمة بعدد كبير توجد علاقة مباشرة بين درجة الصيانة الوقائية المطبقة ومستوى الإصلاحات المطلوب لهذه المعدات. ومن المنطقي أن هناك مستوى من الصيانة الوقائية لا تتوفر به الجدوى الاقتصادية لبرنامج الصيانة الوقائية. وهذا يوضحه الشكل 1-8. وكما هو موضح بالشكل من الناحية النظرية هناك مستوى من الصيانة الوقائية يؤدي إلى أداء المعدات بحيث لا تكون هناك أعطال. وهذا المستوى المثالي من الصيانة الوقائية مرفوض. وبالمثل، تكلفة الصيانة العلاجية عندما لا تطبق الصيانة الوقائية أو تكون ضعيفة مرفوضة أيضاً. ويهدف تصميم برنامج فعال للصيانة الوقائية إلى تحقيق التوازن بين الإصلاحات والصيانة الوقائية بحيث تحقق الجدوى الاقتصادية. ولكي يكون برنامج الصيانة الوقائية فعالاً، يجب أن يتضمن المستوى المخطط له من الصيانة قدرًا معقولاً من الاحتياج لكلا النوعين من الصيانة الإصلاحية والوقائية للحفاظ على المعدات والأنظمة والمناطق في حالة تشغيل في أوقات الذروة.

وتتكون الصيانة العلاجية أو الإصلاحية من عمل الإصلاحات عند الاحتياج لها بسبب تعطل المعدات. وبما أنه لا يمكن تخطيط الأعطال يجب حساب الخسائر المترتبة على توقف المعدات عن العمل وتكلفة الإصلاح إلى التكلفة الكلية وحساب الأثر الاقتصادي لتعطل المعدات. على سبيل المثال، تعطل معدات الدك يمكن أن يؤدي إلى خفض مستويات الدك وفقدان مساحات كان من الممكن استغلالها في المدفن. ولا يمكن تفادي حدوث أعطال طالما تم استخدام معدات متحركة أو ميكانيكية. إلا أن الفرصة متاحة للحفاظ على الأعطال المتوقعة في إطار محكوم ومعقول. والصيانة الوقائية الفعالة تؤدي هذه المهمة.

ب- تعريف الصيانة الوقائية

فيما يلي عدة تعريفات للصيانة الوقائية:

- الفصل الدوري للمدفن ومعداته للوقوف على الحالة التي قد تؤدي إلى التوقف عن العمل أو استهلاكات ضارة.
- الحفاظ على المدفن ومعداته وأنظمتها في حالة جيدة لتجنب الظروف التي قد تؤدي إلى توقفها عن العمل أو استهلاكها بطريقة ضارة أو تعديل أو إصلاح هذه الظروف في بدايتها.
- تجنب حدوث مشاكل مستقبلية للمعدات عن طريق عمل الإصلاحات البسيطة قبل استفحال المشكلة.
- استبدال قطع الغيار وعمل الإصلاحات والعمرات الرئيسية المخطط لها سلفاً طبقاً لجدول عمل يحافظ على المدفن ومعداته في حالة تشغيل عادية.
- العمل المطلوب للحفاظ على عدم تعطل العمل حسب مواصفات التصميم أو اكتشاف أو منع الأعطال قبل حدوثها.
- أي نشاط يحد من شدة أو تكرار الأعطال وكثرة الإصلاحات والتكلفة المصاحبة لذلك، ووقت توقف المعدات عن العمل بسبب تعطلها أو إصلاحها وتدهور الطاقة الإنتاجية للمدفن ككل أو أي من أنظمتها.
- وضع سياسة تشغيل سليمة للمعدات ضمن إطار التصميم.

2-8 الصيانة العامة للموقع

تبدأ أعمال الصيانة العامة للموقع بالتنظيف اليومي للقمامة المتطايرة والأتربة الناتجة عن التشغيل. وتحتاج برامج الصيانة في المدفن إلى مخاطبة عدد من خصائص الموقع العامة التي تتطلب نظافة دورية أو إصلاحات خلال فترة تشغيل المدفن.

يجب استخدام تقنيات مناسبة لمكافحة التآكل في أسطح المدفن. وهذا الأمر ضروري لحماية مسارات التصريف والطرق من التآكل. وحيث أن التشغيل العام للمدفن يعتمد على تشغيل مناطقه السطحية تكون مهام الصيانة التي تتم عادةً طبقاً لبرنامج الصيانة الفعال هي:

- يجب تثبيت أي مسطحات من التربة تتعرض للجو وتظل غير مستخدمة لفترة من الوقت من خلال زرع طبقة خضراء مؤقتة، وخصوصاً في المسطحات التي تكون فيها سرعة جريان المياه كبيرة. أما المسطحات التي استكملت طاقتها الاستيعابية ولن يتم استخدامها مرة أخرى فيجب تثبيتها بصفة دائمة.
- يجب استخدام أسوار الغرين والتين لعزل أي مناطق تهبط فيها التربة. وهذا يساعد على ترسيب الجزيئات الرفيعة المتأكلة من السطح قبل أن تصل لخنادق التصريف أو أحواض الترسيب أو المجاري المائية.
- يجب تنظيف مصارف مياه الأمطار بصفة دورية. وطبقاً لدرجة التآكل التي تحدث، قد تحتاج أسطح المدفن إلى تجديدها بوضع طبقات من التربة فوق المناطق التي تآكلت. وهذا يعني وضع ديش جديد أو إعادة زرع طبقات خضراء تكون قد تدهورت مع مرور الوقت.
- غالباً تكون هناك حاجة لأحواض الترسيب لتجميع المواد الناعمة التي تتآكل من الأسطح المعرضة للتآكل في المدفن. وحيث أن الغرض من هذه الأحواض هو السماح بمرور المياه ببطء من خلالها بحيث تترسب المواد الناعمة فقد تحتاج إلى تنظيف دوري من المواد المتركمة. ويجب التقطيش بصفة دورية على برك الترسيب للتأكد من عدم امتلائها بالماء بدرجة تسمح بزيادة سرعة المياه بحيث تقل فاعلية الترسيب. يجب تعميق

أحواض الترسيب للحفاظ على حجمها. كما يمكن استخدام المواد المزالة من أحواض الترسيب في عمل طبقة التغطية اليومية في نفس يوم إزالتها.

- أي مسطحات تمت تسويتها وتشجيرها خلال فترة الإنشاءات أو التشغيل قد تحتاج إلى صيانة دورية للتأكد من نمو المسطحات الخضراء بدرجة كافية. إذا لم يتم الحفاظ على نمو المسطحات الخضراء قد تصبح الأرض غير مستقرة وتتسارع معدلات التآكل.

التحكم في تصريف المياه

تهدف العديد من مهام صيانة أنظمة التحكم في المياه السطحية المرتبطة بأنظمة التحكم في التآكل إلى الحفاظ على تدفق جيد للمياه السطحية. إلا أنه من المهم للغاية أن يراقب المشغلون كافة أنظمة التصريف في المدفن بحيث لا يتركوا فرصة لمياه الأمطار للوصول إلى المخلفات أو مناطق التشغيل في المدفن بحيث تزيد من تولد الرشيح. يجب التفطيش على أنظمة التصريف وتطهيرها بصفة دورية. وهذا مهم في حالة تراكم المواد المتآكلة التي تسبب تحويل مجرى مياه الأمطار لمواقع تترسب منها على المخلفات.

يجب التفطيش بصفة دورية على مسارات التصريف في المدفن للتأكد من ثبات قاع هذه القنوات. وإذا لزم الأمر قد يتطلب ذلك وضع دبش في المناطق الخاضعة لتيار عالي من المياه أو إعادة استزراع مواقع جريان المياه بنباتات يمكنها النمو بسرعة وتوفير ثبات التربة في هذه الأماكن.

3-8 صيانة المعدات المتحركة

تستخدم المعدات المتحركة لأداء العديد من المهام الحيوية في المدفن مثل طبقة التغطية اليومية ودك المخلفات الصلبة وصيانة الطرق وإزالة الثلوج. ومن أجل نجاح تشغيل المدفن يجب أن يكون حجم المعدات المتحركة مناسباً للمهام المحددة لها. وتعتمد كفاءة المعدات المتحركة على عاملين هما:

- الطريقة التي يتم تشغيلها بها.
- كفاءة برنامج الصيانة الوقائية المتبع.

وبينما قد يتوافر للمدفع العمالة المخصصة فقط لصيانة المعدات، من المهم إدراك أن المشغلين يلعبون دوراً مهماً في صيانة المعدات. وهذه الصيانة تشمل الصيانة العلاجية والصيانة الوقائية. ومن المتوقع من مشغل المعدات أن يكون أول من يعرف أن المعدات التي يقوم بتشغيلها تحتاج إلى إصلاح. وبمراقبة مستويات الصوت والأداء يمكن أن يشير مشغل المعدات لطاقتهم للصيانة أن المعدات تحتاج إلى إصلاح ويعطي فكرة عن طبيعة المشكلة. ومن الأدوار المهمة لمشغل المعدات أيضاً دوره في برنامج الصيانة الوقائية. في التشغيل الفعال تستخدم قائمة الفحص الدوري اليومي. وهذا يتطلب من المشغلين أن يفحصوا معداتهم قبل تشغيلها. وبصفة عامة، يتعين على مشغل المعدات القيام بعدد من المهام تعتبر جزءاً هاماً من برنامج الصيانة الفعال. وهذه المهام تشمل الأنشطة التالية:

- فحص المعدات قبل تشغيلها.
- إجراءات إيقاف المعدات عن العمل.
- الاحتفاظ بسجلات عن أداء المعدات وظروف التشغيل ومعدلات الاستهلاك.

فحص المعدات قبل التشغيل: استكمال قائمة الفحص يشمل عادةً القيام بمهام الصيانة البسيطة مثل فحص مستوى الزيت والسوائل الأخرى (السائل الهيدروليكي، مياه التبريد، زيت ناقل الحركة، الخ)، وزيادة الزيوت الناقصة حسب الحاجة. ويساعد استخدام قائمة الفحص اليومية على تحقيق مسؤولية مشغل المعدات عن معداته. وإذا كان مطلوباً من مشغلي المعدات استكمال

قائمة الفحص (مع مراقبة عملهم في فعل ذلك بواسطة الإدارة بصفة منتظمة) فلن يتم السماح لأي مشكلة صغيرة يتم رصدها بأن تصل إلى النقطة التي تحدث عندها مشكلة كبيرة تؤدي لتعطل المعدات عن العمل. ويوضح الشكل 8-1 بعض الأمثلة للمهام التي تتم عادة في فحص المعدات المتحركة. ومن المهام الأخرى للإدارة هو التأكد من أن المعدات يتم تشغيلها بطريقة سليمة بالتنسيق مع توصيات وتعليمات صانعي المعدات الخاصة بالتشغيل السليم. يجب أن يشمل برنامج الصيانة الوقائية الشامل جميع المعدات الثابتة والمتحركة. وبصفة عامة، يوفر موردوا المعدات تعليمات الصيانة الوقائية المطلوبة للمحافظة على المعدات في أفضل حالة. ويجب اتباع هذه التعليمات بدقة حيث أن إجراءاتها تعتمد على الخبرة المكتسبة. **إجراءات إيقاف المعدات عن العمل:** يجب على مشغلي المعدات عمل صيانة في نهاية يوم العمل. وبعض هذه الإجراءات يشمل:

- ملء خزانات الوقود لتقليل التكلفة.
- قبل إطفاء المحرك، يجب وضعه عند السرعة الخاملة لفترة قصيرة حتى يبرد تدريجياً.
- لا تغلق مفتاح التشغيل مع استمرار دوران المحرك حتى لا تتلف دائرة الشحن الكهربائي.
- إذا لم تتوفر أماكن لإيواء المعدات إركن المعدات بعيداً عن الأماكن المعرضة لنشوب حرائق وفي مستوى منبسط حتى لا تتزلق المعدات. وهذا سوف يمنع أيضاً تسرب الزيت من المعدات.
- ضع كافة الشفرات أو الأجزاء المتحركة على الأرض.
- شد الفرامل.
- نظف المعدات من جميع القاذورات والأتربة بما فيها الأجزاء الميكانيكية وكابينة القيادة.
- أغلق أو أمّن المعدات لمنع دخول أحد فيها.
- أبلغ عن حالة المعدات في نهاية الورديّة أو يوم العمل.
- اكمل بيانات سجل المعدات.

الاحتفاظ بسجلات المعدات: يجب أن يساعد مشغلو المعدات في الاحتفاظ بسجلات عن أداء المعدات كجزء من البرنامج العام للصيانة. ويمكن استكمال هذه السجلات كجزء من قائمة الفحص التي يسلمها المشغلين للمشرفين يومياً أو لفريق الصيانة. وتشمل المعلومات التي يجب تدوينها في هذه السجلات ما يلي:

- السوائل والزيوت التي تمت إضافتها للمعدات.
 - استهلاك الوقود.
 - القراءة الحالية للعداد أو ساعات التشغيل.
 - الإصلاحات أو التعديلات المطلوبة.
- وبالإضافة لما ذكر أعلاه، يجب على فريق الصيانة الاحتفاظ بسجلات عن جميع الأعمال التي قاموا بها للمعدات وقطع الغيار التي استبدلوها وأي صيانة إصلاحية أو وقائية قاموا بها. وسجلات المعدات مهمة للغاية في مراقبة التكلفة العامة لتشغيل وصيانة المعدات. ويمكن أن تساعد السجلات الدقيقة لتشغيل وصيانة المعدات في تحديد أنسب الأوقات لتغيير المعدات وجدوى عمل إصلاحات كبيرة لها.

الصيانة الوقائية: يقدم الجدول 8-2 أمثلة لبعض المهام التي يجب القيام بها بصفة دورية للمعدات المتحركة. وكما كان الحال بالنسبة لقائمة الفحص لمشغل المعدات يجب القيام بجميع أعمال الصيانة الوقائية طبقاً لتعليمات صانع المعدات. وهذه القائمة تهدف فقط إلى توضيح نوع المهام

التي قد يتضمنها برنامج الصيانة الوقائية. وسوف يحدد إعداد برنامج الصيانة الوقائية الإجراءات الأخرى التي يتعين القيام بها.

جدول 2-8

أمثلة لمهام الصيانة الوقائية للمعدات المتحركة

كل 25 ساعة:

- 1- تغيير زيت وفلتر زيت الموتور
- 2- تغيير زيت تشغيل الموتور
- 3- تشحيم مروحة الرادياتير وأجزاء الدوران
- 4- تنظيف مرشح الهواء

كل 250 ساعة:

- 1- تغيير زيت الدبرياج
- 2- تغيير فلتر نقل الحركة
- 3- تنظيف فلتر مغنطيس نقل الحركة

كل 500 ساعة:

- 1- تشحيم الوصلة الرئيسية حرف U

الجزء التاسع قواعد الصحة والسلامة

9-1 برنامج الصحة والسلامة

يجب أن يشمل أي تشغيل جيد للمدفن اهتماماً شديداً بسلامة العاملين وغيرهم من زائري الموقع. وبسبب طبيعة المعدات والإجراءات داخل المدفن فقد تكون هذه الأماكن خطيرة. وتعتبر سياسة المدفن غالباً عن أهمية سلامة العاملين بالمدفن وتعتبرها ضمن أهم أولويات العمل بالمدفن. ويجب أن تشمل سياسة المدفن اتباع قواعد سلامة حازمة خلال أنشطة المدفن. ويجب تدريب العاملين بصورة مناسبة على مواجهة الأخطار التي يتعرضون لها في عملهم. يجب عليهم أن يكونوا قادرين على التعرف بوضوح على المواد الخطرة التي تهدد سلامتهم. كما يجب أن يفهم المشغلين عواقب تعرضهم على المدى القصير والمدى الطويل للمخلفات وتأثيرات الصحة البيئية حيث نتاج التعرض قد تتراكم وتتأخر.

إن مشرفي ومديري المدافن الصحية مسئولون عن التأكد من أن جميع العاملين تحت إشرافهم يتم تدريبهم على أعمال السلامة وأنهم يلتزمون بحزم بقواعد السلامة. كما يجب أن تخاطب جميع برامج الصحة والسلامة كافة الظروف التي قد تؤثر على العاملين وناقلي المخلفات ولاقطي القمامة وغيرهم من زوار الموقع.

وللأسف، يجب على المشرفين أيضاً منع العاملين الذين ليس لديهم حس جيد بخصوص موضوعات السلامة من الإضرار بزملائهم أو الجمهور. بعض الناس لديهم إحساس بأنهم خارقون وأن الحوادث تحدث للآخرين. وللأسف فسوف يعرض هؤلاء الناس أنفسهم وغيرهم ممن يعملون حولهم للخطر بسبب تهورهم. وهذا لا يمكن السماح به في المدفن (أو في أي مكان عمل). يجب على مدير المدفن أو أي مشرف أن يطبق بحزم قواعد الصحة والسلامة. وهذا حيوي في المدافن حيث يتعرض العاملون مباشرة لبعض المواد الخطرة (المواد غير المقبولة، الرشيق، الخ) مما يعرضهم لمشاكل على المدى الطويل. وللأسف، فإن المشاكل التي قد تحدث لهؤلاء الناس قد لا يظهر أثرها إلا بعد مرور سنوات من تعرضهم لهذه المواد.

ب- القواعد العامة للسلامة

إن تشغيل المدافن الصحية من العمليات الخطرة ويحتاج العاملين أن يتعرفوا بوضوح وبسرعة على المخاطر التي قد يتعرضون لها. وهذا بدوره يتطلب تدريب منتظم على تحديد المخاطر وتطبيق قواعد السلامة في عملهم.

وأحد الأمثلة على التدريب اللازم للعاملين هو التدريب على المواصفات العامة للمخلفات الصلبة التي سوف يتعاملون معها. العاملون الذين يتعاملون مباشرة مع المخلفات الصلبة إما من خلال التشغيل أو أعمال الصيانة والنظافة يجب دائماً أن يفترضوا أن المواد التي يتعاملون معها خطيرة. وبناء عليه، يجب عليهم اتخاذ كافة الاحتياطات وارتداء الملابس الواقية ومعدات الحماية الشخصية. وهذا مهم بالذات عند تفتيش وفرز المخلفات.

ومن المتوقع من وقت لآخر أن تزداد المدافن مخلفات خطيرة وهي مخلفات غير مقبولة. والعاملون الذين يفحصون ويفتشون على هذه المخلفات لا شك سوف يتعرضون لظروف

خطرة. كل القوانين التي صدرت للتعامل مع المخلفات الخطرة صدرت لسبب. إن حماية الصحة العامة أهم من حماية الأشخاص الذين يتطلب عملهم تداول والتخلص من المخلفات الصلبة. ويجب على العاملين في هذه الحالة أن يكونوا قادرين على التعرف على المواد الخطرة بوضوح بحيث يستطيعون حماية أنفسهم وغيرهم ممن قد يتعرضوا لهذه المواد. ولا يجب أن يقتصر الاهتمام بتداول المواد فقط على الأشخاص الذين يتداولون المواد يدوياً في المدفن.

بينما يجب على كل عامل أن يتعرف على المخاطر التي قد يتعرض لها في عمله كعلامة على حسن الإدراك، يجب على المديرين وضع وتطبيق قواعد وتنظيمات تحقق مستويات السلامة الفعالة. يجب تحديد هذه القواعد جيداً وتنفيذها في جميع الأوقات. وللأسف، بعض العاملين لا يأخذ موضوع احتياطات السلامة بالجدية الواجبة. وهذه المواقف تتغير عادةً عندما يتعرضون أو يشاهدون حادثاً يجعلهم يدركون السبب وراء ضرورة اتباع إجراءات السلامة.

وبصفة عامة، فإن الأسباب التالية تقف وراء ضرورة وجود برنامج فعال للسلامة وموقف قوي من المديرين والمشغلين لتطبيقه:

- المساعدة على منع حدوث ضرر لأحد أو وفاته.
- المساعدة على توفير النفقات بمنع تعطل المعدات أو فقدان وقت العاملين.
- مساعدة المنشأة على الالتزام بقواعد الصحة والسلامة.

ج- القواعد والقوانين العامة للسلامة

هناك عدد من القواعد العامة التي يجب إدراجها في برنامج الصحة والسلامة. وكحد أدنى يجب مخاطبة القضايا التالية في البرنامج:

- دخول الموقع
- استخدام معدات الحماية الشخصية
- سلامة المعدات المتحركة
- التعرض الصحي ومراقبة هذا التعرض
- الاتصالات الخطرة
- الاستخدام الآمن للمعدات الكهربائية والميكانيكية
- إدارة غازات المدفن
- دخول المناطق المحظورة
- الحماية ضد الحريق
- صيانة ظروف العمل

وبعض أهم الاعتبارات في هذه الفئات من برنامج الصحة والسلامة تتمثل فيما يلي:

دخول الموقع: يجب تقييد دخول العامة للموقع. وهذا يشمل تقييد الدخول لموقع العمل ومناطق معينة حيث قد يتعرض الزائرون للمخاطر. يجب منع دخول الزائرين لمنطقة العمل أو أي مناطق أخرى تستخدم فيها المعدات باستثناء الأفراد المسموح لهم بالدخول لهذه المناطق. ويجب بناء بوابات وأسوار أو حواجز طبيعية (مثل الشجر أو السياج المكون من شجيرات صغيرة) لمنع دخول أي أفراد قد يتعرضون لظروف أو مواد خطيرة. وفي معظم المدافن، يتم إنشاء محطات تفريغ عند بوابات الدخول لاستلام المخلفات ذات الكميات الصغيرة. وهذا يمنع الناس من دخول موقع العمل مما قد يعرضهم لمخاطر محتملة.

وبالإضافة لما ذكر أعلاه، يجب على العاملين بالمدفن منع دخول الأشخاص الذين قد يحدثون أضراراً بالمدفن أو الذين يقودون سيارات غير سليمة. وفي مكان العمل بالمدفن، يجب تدريب الأفراد المعيّنين لمراقبة استلام المخلفات على التعرف على المواد غير المقبولة. كما يجب عليهم التحكم في حركة مرور وتفريغ المخلفات بحيث لا يتعرض ناقلي المخلفات لمخاطر في المدفن.

استخدام معدات الحماية الشخصية: يجب توفير واستخدام معدات الحماية الشخصية عند اللزوم. وكحد أدنى، يجب أن تشمل هذه المعدات أقنعة حماية الوجه، سترات خارجية، قفازات مقاومة للكيمويات، وأحذية بوت. وفي حالة وجود ما يستدعي الدخول للمناطق المحظورة بالمدفن، يجب توفير أجهزة تنفس. يجب تدريب العاملين على استخدام هذه الأجهزة. يجب أن يشمل التدريب استخدام أجهزة التنفس الصناعي. وتشمل الأجهزة التي يستخدمها العاملون في المدفن للحماية الشخصية ما يلي:

- قفازات لتداول أي مواد قد تسبب جروح.
- خوذات صلبة للحماية من سقوط أي مواد من أعلى.
- سدادات للأذن في المواقع التي يتعرض فيها العاملون لضوضاء عالية قد تسبب مشاكل في السمع.
- أقنعة ضد الغبار للمناطق التي يوجد بها مستويات عالية من الغبار.
- نظارات أمان لاستخدامها عند تواجد شظايا طائرة تسبب مشاكل للعين وهذا يشمل منطقة العمل والصيانة.
- سترات مضيئة بالفلورسنت للعاملين في المناطق التي توجد بها حركة سيارات.
- أحذية أمان في المناطق التي يوجد بها مخلفات.
- لاسلكي لتحقيق الاتصال الفعال بجميع مناطق المدفن.

سلامة المعدات المتحركة: يمكن أن يعرض تشغيل المعدات الثقيلة العاملين وغيرهم لمخاطر عديدة. يجب تدريب مشغلي المعدات على التشغيل الآمن لمعداتهم ويجب عليهم الالتزام بمتطلبات السلامة في التشغيل. ومعظم مصنعي المعدات التجارية لديهم تعليمات لإجراءات السلامة خاصة بمعداتهم. يجب إدراج هذه التعليمات في خطة إجراءات السلامة للموقع. يجب تطبيق إجراءات السلامة والتشغيل الآمن للمعدات المتحركة على سيارات نقل المخلفات. يجب وضع علامات تحدد السرعة المسموح بها بوضوح وتدرج ضمن قواعد تشغيل ناقلي المخلفات. وتتطلب إجراءات السلامة الخاصة بالمعدات المتحركة أيضاً المحافظة على المعدات في حالة تشغيل جيدة. وفي المدافن الجيدة يتم تحقيق ذلك من خلال برنامج فعال للصيانة الوقائية. ويشمل هذا البرنامج وجود فنيين مؤهلين للمحافظة على المعدات ومشغلين يقومون باستكمال قائمة أعمال الصيانة اليومية والإبلاغ عن حالة المعدات بصفة منتظمة.

وكحد أدنى، يجب على مشغلي المعدات المتحركة اتباع القواعد التالية في تشغيل المعدات:

- عدم تحريك المعدات إلا إذا كانت الرؤية واضحة تماماً أمامهم في المنطقة التي يقومون بتشغيل معداتهم فيها.
- أن يكونوا دائماً على معرفة بأماكن تواجد غيرهم من العاملين بالمنطقة. لا يجب الاعتماد على الظن في هذه الحالة.
- الحرص في الدخول والخروج من المعدات، خصوصاً في منطقة عمل المدفن حيث تكون جميع أنواع المواد موجودة على الأرض.
- عدم تحميل أفراد في المعدات بطريقة لم تصمم المعدات من أجلها.
- تشغيل المعدات فقط من مقعد القيادة وربط أحزمة الأمان بصفة مستمرة.

- الحرص أثناء تشغيل المعدات على الميل الجانبي للمدفن. الميل المنحدر قد يسبب انقلاب المعدات.
- تشغيل المعدات دائماً بسرعة آمنة.
- التأكد من أن جميع الأنوار وأجهزة السلامة مثل آلات التنبيه تعمل جيداً.
- الحرص أثناء تنظيف المعدات وإزالة المواد التي تعلق بها. هذه المواد قد تكون خطيرة ويمكن أن تنقل العدوى للعاملين.

التعرض الصحي ومراقبة التعرض: يجب أن تضبط إجراءات تشغيل المدفن عملية تعرض الزائرين والعاملين بالمدفن للمخاطر التي تشمل التعرض للمخلفات والرشيح وغازات المدفن. وكحد أدنى يجب على المسؤولين بالمدفن مراقبة تعرضهم لعدد من العوامل الصحية منها:

الضوضاء: يجب على مشغلي الموقع حماية العاملين وناقلي المخلفات والزائرين من التعرض لمستويات عالية من الضوضاء. يمكن استخدام قياسات غير مكلفة لكمية الضوضاء للتأكد من أنها عند المستويات الآمنة. قد يصبح من الضروري استخدام وسائل لحماية السمع عندما تكون مستويات الضوضاء عالية في منطقة العمل.

التعرض للمخلفات الخطرة: قد تكون بعض مواد المخلفات الواردة للمدفن ذات خصائص خطيرة على العاملين وغيرهم. يجب التخلص من مواد الأسبستوس بحرص كبير لمنع انبعاث المواد العالقة بالهواء. بعض المدافن قد يتسلم مخلفات طبية معالجة. وبالرغم من أن الغرض من معالجة المخلفات الطبية هو القضاء على الخواص المعدية بها، إلا أنه يجب على العاملين معاملة هذه المواد كما لو أنها لا تزال تحمل نفس الخصائص المعدية. ونتيجة لذلك، يجب أن تشمل عمليات التشغيل الجيد للمدفن برنامج جيد لفرز المخلفات وأن تشمل التدريب والمعدات المطلوبة لإدارة المواد الخطرة غير المقبولة في حالة ورودها للمدفن.

التشغيل الآمن للمعدات الكهربائية والميكانيكية: إن العمل على أو بالقرب من أي معدات كهربائية أو ميكانيكية يحمل مخاطر محتملة. يجب أن يفهم جميع المشغلين المخاطر التي قد يتعرضون لها نتيجة عملهم. يجب على العاملين في الصيانة اتباع قواعد السلامة المطلوبة مثل تعليمات التشغيل. يجب وضع تعليمات التشغيل على المعدات الميكانيكية والكهربائية المستخدمة في الموقع. ويجب أن تشمل كحد أدنى أنظمة التحكم التي يجب فصلها لحماية عمال الصيانة.

إدارة غازات المدفن: يمكن أن تحدث مشاكل بسبب غازات المدفن. قد يجد غاز المدفن طريقه لأنابيب تجميع الرشيح وغرف التفتيش ومحطات الضخ والإنشاءات الأخرى في أو بالقرب من المدفن. يجب فحص هذه الأماكن بصفة دورية للتأكد من أن غاز المدفن لا يتراكم بحيث يشكل مشكلة. يجب تهوية الأماكن التي يحتمل تسرب غاز الميثان إليها بشكل جيد. يجب أن تشمل إجراءات سلامة إدارة غازات المدفن الخطوات التالية:

- مراقبة الإنشاءات التي قد يتراكم فيها الغاز. وهذا يشمل غرف التخزين ومباني أنظمة التحكم، والمكاتب، والمباني المجاورة.
- تهوية الأماكن التي قد يتراكم فيها الغاز. يجب تهوية جميع الأماكن التي قد يتراكم فيها الغاز لمنع وصول التراكمات لمستويات خطيرة.
- إجراءات الدخول لمناطق غرف التفتيش أو المناطق الأخرى حيث يتراكم الغاز. يجب تطبيق إجراءات حازمة لدخول المناطق المحظورة لمنع تعرض العاملين للمخاطر.

دخول المناطق المحظورة: يجب إدراج إجراءات دخول المناطق المحظورة في خطط السلامة الخاصة بالمدفن لحماية العاملين من المواقف التي تعرضهم للخطر. وتشمل المناطق المحظورة في المدفن: خزانات تجميع الرشيح، محطات الضخ، غرف التفيتش، وأي أماكن أخرى قد يمثل الدخول إليها مخاطر على العاملين بسبب طبيعتها. بعض العاملين الذين حاولوا الدخول لهذه المناطق المحظورة دفعوا حياتهم ثمناً لذلك حيث تعرضوا للمواد كيميائية كثيفة في ظروف تهوية سيئة. وهناك العديد من الأمثلة عن عمال المجاري الذين فقدوا حياتهم بسبب الغازات مثل كبريتات الهيدروجين عند دخولهم لغرف التفيتش وغيرهم ممن حاولوا إنقاذهم فلقوا بهم نتيجة جهلهم بالمخاطر المترتبة على دخولهم لهذه الأماكن المحظورة. مثل هذه الحوادث أدت إلى تطوير مستويات قياسية محكمة تعرف الأماكن المحظورة والإجراءات التي يجب اتباعها لحماية العاملين. وتشمل إجراءات دخول الأماكن المحظورة ما يلي:

- التعريف الواضح للمكان المحظور.
- إجراءات مراقبة وتهوية الأماكن المحظورة قبل دخول أي أفراد.
- توافر معدات الحماية الشخصية التي يجب على الأفراد استخدامها لدخول المناطق المحظورة.
- الحد الأدنى المطلوب من العمالة لمراقبة العمل في المكان المحظور من خارج المكان في حالة حدوث مشكلة.

الحماية من الحريق: اشتعال الحرائق من المشاكل المعتادة في المدفن. وعندما تقع هذه الحرائق من الصعب للغاية إطفاءها. بالنسبة للحرائق الصغيرة، يمكن استخدام المياه لإخمادها. وللأسف، فهذا يساعد على تولد الرشيح. إن إلقاء المواد المشتعلة في حفرة لا يكفل بالنجاح دائماً حيث أن عملية الحفر ذاتها يمكن أن تزيد من الأكسجين في كتلة المدفن وتساعد على زيادة كثافة النيران. قد يحدث حريق في معدات المدفن أو سيارات نقل المخلفات، لذا يجب تزويد كافة معدات المدفن بطفايات للحريق وفحصها وصيانتها جيداً. يمكن أن يوفر وجود أجهزة اللاسلكي ميزة لتحذير المدفن من أن هناك شحنة مخلفات مشتعلة في طريقها للمدفن. إذا تسلم المدفن مثل هذه المخلفات، يجب تخصيص عمالة من المدفن للتعامل مع هذه المخلفات والاستعداد للتعامل الفوري مع المشكلة عند وصول المخلفات. يجب مكافحة الحريق في المدفن بواسطة الأفراد الذين تلقوا تدريباً ومجهزين لفعل ذلك.

صيانة بيئة العمل: هناك صلة وثيقة بين السلامة والنظافة. يجب أن تهدف إجراءات تشغيل المدفن إلى الحفاظ على جميع مناطق العمل بالمدفن في حالة نظيفة. يجب الاهتمام بشكل خاص بتنظيف الأماكن التي قد يتعرض فيها الناس للخطر. مثلاً، انسكاب سوائل الصيانة (السوائل الهيدروليكية، الزيوت، الخ) أو المعدات التي لا تخزن بطريقة سليمة في جراج المدفن يمكن أن تؤدي لظروف غير آمنة.

العمل في أي مكان بعيد في المدفن يجب أن يقوم به اثنان أو أكثر ويجب أن يكون معهما جهاز لاسلكي للحفاظ على الاتصال معهم في حالة حدوث حادث أو مرض مفاجئ.

ظروف منطقة العمل: حيث أن منطقة العمل هي المنطقة الرئيسية التي على اتصال بالناس الذين يوردون المخلفات للمدفن يجب توجيه عناية خاصة لضمان ظروف الأمان والسلامة. يجب تطبيق القواعد التالية:

- حظر التدخين في منطقة عمل المدفن (أو أي مكان آخر يمكن أن يحدث به حريق).
- يجب التحكم عن قرب في السيارات حتى لا تتعارض مع الآخرين من ناقلي المخلفات بحيث تشكل خطورة على العاملين في منطقة العمل أو في تفريغ سيارات المخلفات.

- بمجرد تفريغ السيارات يجب أن يطلب من السيارات مغادرة الموقع بأسرع ما يمكن.
- الأفراد الذين لا يعملون في تفريغ المخلفات لا يجب السماح لهم بمغادرة السيارات. وهذا ينطبق بالذات على الأطفال الذين قد يصاحبون سيارات نقل المخلفات.
- لا يجب السماح بأي أعمال التقاط للمخلفات في منطقة العمل أو أي مناطق أخرى لتفريغ المخلفات في المدفن. وإذا لم يمكن منع لاقطي القمامة، يجب محاولة تعريف لاقطي القمامة بالمخاطر التي يتعرضون لها.

وحيث أن معظم المدافن سوف يرتادها نفس السيارات والسائقين بصفة منتظمة، من المفيد وجود مطبوعات تحتوي على التعليمات والقواعد الخاصة بتداول المخلفات الصلبة وتسليمها بالمدفن. وهذا يساعد على تطبيق التعليمات المطلوبة للمحافظة على سلامة منطقة العمل بالمدفن.