تعليمات الإغلاق الآمن وإعادة التأهيل لمكبات النفايات غير الآمنة بيئياً لسنة ٢٠١٩ الصادرة بموجب أحكام المادة (٧) من نظام إدارة النفايات الصلبة رقم ٢٧ لسنة ٢٠٠٥

المادة (١):
تسمى هذه التعليمات (تعليمات الإغلاق الآمن وإعادة التأهيل لمكبات النفايات غير الآمنة بيئياً لسنة ٢٠١٩) ويعمل بها اعتباراً من تاريخ نشرها في الجريدة الرسمية.

المادة (٢):
يكون للكلمات و العبارات التالية حيثما وردت في هذه التعليمات المعاني المخصصة لها أدناه ما لم تدل القرينة على غير ذلك:
القانون: قانون حماية البيئة .
النظام: نظام إدارة النفايات الصلبة النافذ.
الوزارة: وزارة البيئة.
الوزير: وزير البيئة.
الأمين العام: أمين عام وزارة البيئة.
مكب النفايات : موقع التخلص النهائي من النفايات في باطن الأرض أو على سطحها.
المكبات غير الآمنة بيئياً: مكبات النفايات التي يتم إلقاء النفايات فيها بصورة غير سليمة بيئياً ولا تتوفر فيها المواصفات الفنية المناسبة لطرح النفايات.

المادة (٣):
تقوم الجهات ذات العلاقة بتطبيق منهجية الإغلاق الآمن وإعادة التأهيل لمكبات النفايات غير الآمنة بيئياً وفقاً للملحق رقم (١) والجداول المرفقة بهذه التعليمات.

المادة (٤):
للوزير بناءً على تنسيب لجنة تشكل لهذه الغاية تعديل هذه التعليمات حسب مقتضى الحال.

وزيـــــر البيـئة
د. صالح الخرابشـة

الملحق (١)

منهجية الإغلاق الآمن وإعادة التأهيل لمكبات النفايات غير الآمنة بيئيا

المحتوى

الصفحة

المقدمة..... ١
١- أسباب إغلاق المكبات غير الآمنة بيئياً..... ٢
٢- تقييم الخطر البيئي للمكبات غير الآمنة بيئياً..... ٣
(٢-١) جمع البيانات عن المكب..... ٣
(٢-٢) مستوى التلوث..... ٤
(٢-٣) حساسية عناصر البيئة المحيطة..... ٤
(٢-٤) مصادر معلومات مفيدة لدراسة الموقع..... ٥
(٢-٥) الكشف الميداني للموقع..... ٥
(٢-٦) درجات الخطورة..... ٦
(٢-٧) تحديد درجات الخطورة للمكبات غير الصحية/غير الآمنة بيئياً في الأردن ٧
٣- إغلاق وإعادة تأهيل المكبات غير الآمنة بيئياً..... ٨
(٣-١) إغلاق المكبات غير الآمنة بيئياً..... ٨
(٣-١-١) : تصميم غطاء الإغلاق بناءً على الظروف المحيطة..... ٨
(٣-١-٢) تركيب غطاء المكب..... ٩
(٣-٢) نظام جمع العصارة وتدويرها..... ١٠
(٣-٣) نظام سحب الغازات الناتجة..... ١١
(٣-٤) إصلاح بيئة المكب،الرعاية اللاحقة والاستخدام المستقبلي للموقع بعد الإغلاق..... ١٢
(٣-٤-١) إصلاح بيئة المكب ١٢
(٣-٤-٢) الرعاية اللاحقة ١٢
(٣-٤-٢-١): الأعمال الترابية - أعمال تشكيل سطح الغطاء وتكوين تضاريسه..... ١٣
(٣-٤-٢-٢) تصريف مياه الأمطار..... ١٣
(٣-٤-٢-٣) أعمال الزراعة والري على الغطاء..... ١٣
(٣-٤-٢-٤) أعمال بناء الطرق الداخلية..... ١٣
(٣-٤-٣) الاستخدام المستقبلي للموقع..... ١٣
الجداول ١٥
جدول (١) نموذج الكشف الميداني لمكب النفايات ١٦
جدول (٢) تحليل عوامل تقييم المكبات لتحديد نسبة الخطورة..... ٢١
جدول (٣): مثال على تطبيق معايير تحديد الخطورة على مكبات النفايات الصلبة في الأردن غير الصحية/ غير الآمنة بيئياً..... ٢٢

المقدمة:

من أهم الأمور التي يسعى الأردن للنهوض بها هي إدارة النفايات الصلبة انطلاقا من الحرص على تنفيذ الاستراتيجية الوطنية لإدارة النفايات الصلبة لعام ٢٠١٥ والتي تهدف إلى تقليل عدد مناطق الخدمة (Catchment areas) لتصبح تسع مناطق، و من أهم المواضيع التي تشغل الرأي العام بهذا الخصوص هي مكاب النفايات غير الآمنة بيئياً التي يتم إلقاء النفايات فيها بصورة غير سليمة بيئياً ولا تتوفر فيها المواصفات الفنية المناسبة لطرح النفايات.، لما ينجم عنها من تلوث بيئي يضر بالمياه السطحية و الجوفية، الغطاء النباتي و تلوث الهواء نتيجة الغازات المنبعثة منها، لذلك يتم العمل على إغلاقها و استبدالها بمكاب صحية.

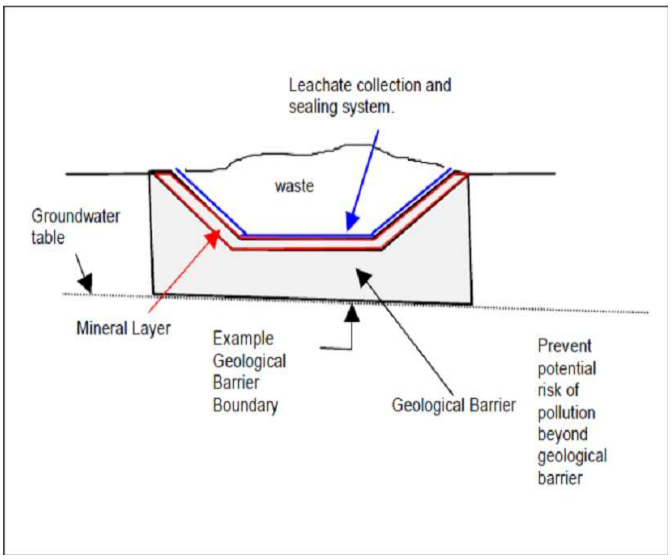
مكب النفايات هو مكان لطرح النفايات بهدف طمرها فيما بعد ـ و هي من أقدم طرق المعالجةـ أو يتم أحياناً حرق هذه النفايات بصورة عشوائية، و لكن مع ذلك فإن مكاب النفايات كانت و ما زالت من أكثر الطرق استخداماً للتخلص من النفايات الصلبة، و لذلك يتم عادةً و لتطبيق مواصفات معينة على هذه المكبات عمل الإجراءات التالية:

١ـ محاولة تجميع و حصر النفايات بأصغر مساحة ممكنة

٢ـ العمل على كبس (ضغط) هذه النفايات للتقليل من حجمها

٣ـ تغطية النفايات بطبقة من التراب ـ غالباً ما يكون ذلك يومياًـ

ويجري العمل الآن في الأردن على استبدال مكاب النفايات العادية بخلايا طمر صحية (الشكل١) مما يسهم في الحفاظ على البيئة من التلوث، و الاستفادة من الغاز الناتج من هذه الخلايا بعد إغلاقها.



الشكل(١): خلايا الطمر الصحية

ولتحقيق أهداف الاستراتيجية الوطنية لإدارة النفايات يجب تحديد الأسباب التي تؤدي إلى انتشار هذا النوع من المكبات، وقد يعزى ذلك إلى نقص الوعي بين المواطنين، ضعف تطبيق التشريعات وقلة الخدمات البيئية المقدمة لتلك المناطق، وقد تسهم معرفة أسباب تكون هذه المكبات بالوصول إلى المنهجية اللازمة للتخلص من هذه الظاهرة. ومن أهم الحلول لظاهرة المكبات غير الآمنة بيئياً هو تنظيفها ما لم تدل المؤشرات البيئية على غير ذلك، فقد يكون إغلاق المكب وإعادة التأهيل هو الحل البيئي الأنسب، حيث يجري الآن على ضوء هذه الاستراتيجية السعي إلى إغلاق بعض المكبات القديمة واستبدالها بخلايا طمر صحية.

١ ـ أسباب إغلاق المكبات غير الآمنة بيئياً:

تعتبر إدارة النفايات واحدة من أهم القضايا البيئية في الأردن، حيث يتم غالباً التخلص من النفايات الصلبة المتولدة عن طريق طمر النفايات، و يوجد في الأردن حالياً مكبان للطمر الصحي للنفايات وهما مكب الغباوي ومكب الأكيدر، حيث أن المكبات غير الصحية تشكل خطرا بيئيا كبيرا لعدم تركيب بطانة غير منفذة للعصارة الناتجة عن النفايات مما يؤدي إلى تلوث المياه الجوفية.

فلا تزال النفايات تلقى بشكل غير قانوني في مكاب النفايات، فالإلقاء غير المنضبط للنفيات البلدية قد يتوسع ليشمل النفايات الصناعية و الطبية والخطرة، مما يستوجب وجود نظام يعيد تنظيم و هيكلة هذه المكبات أو إغلاقها و إعادة تأهيلها، و قد يكون نقص الموارد البشرية و المالية، عدم إتباع الأنظمة و القوانين، قلة الكشف والرصد لهذه الأماكن و قلة حملات التوعية من أسباب عدم التنظيم في هذه المكبات.

لذلك فإن هذه المكبات غير الآمنة بيئياً ينتج عنها أضرار و مخاطر كثيرة قد تلحق الضرر بالنظام البيئي المحيط بها، و يمكن حصر الأضرار و المخاطر الناتجة عنها بما يلي:

- تلوث المياه الجوفية و ذلك نتيجة وصول العصارة الناتجة عن النفايات إليها و يحدث ذلك نتيجة لهطول مياه الأمطار على هذه المكبات مما يساعد في عملية الترشيح.
- تلوث الأراضي المجاورة بسبب تسلل مياه الأمطار إليها قادمة من هذه المكبات.
- تلوث المياه السطحية و ذلك بسبب تسلل المياه الملوثة الخارجة من هذه المكبات إليها.
- تلوث الهواء بسبب عمليات حرق النفايات غير المنظمة و أيضاً نتيجة لانبعاث الغازات الناتجة عن هذه المكبات.
- المساهمة في مشكلة الاحتباس الحراري و ذلك نتيجة انبعاث غازات الدفيئة من هذه المكبات وخاصة غاز الميثان الذي ينتج بكميات كبيرة نتيجة التحلل اللاهوائي لهذه النفايات.

و لهذه المخاطر آثار من المحتمل حدوثها يمكن تلخيصها بالتالي:

١- مياه الآبار الملوثة المخصصة لمياه الشرب وأعلاف المواشي ومياه الري ستهدد صحة البشر والحيوانات.

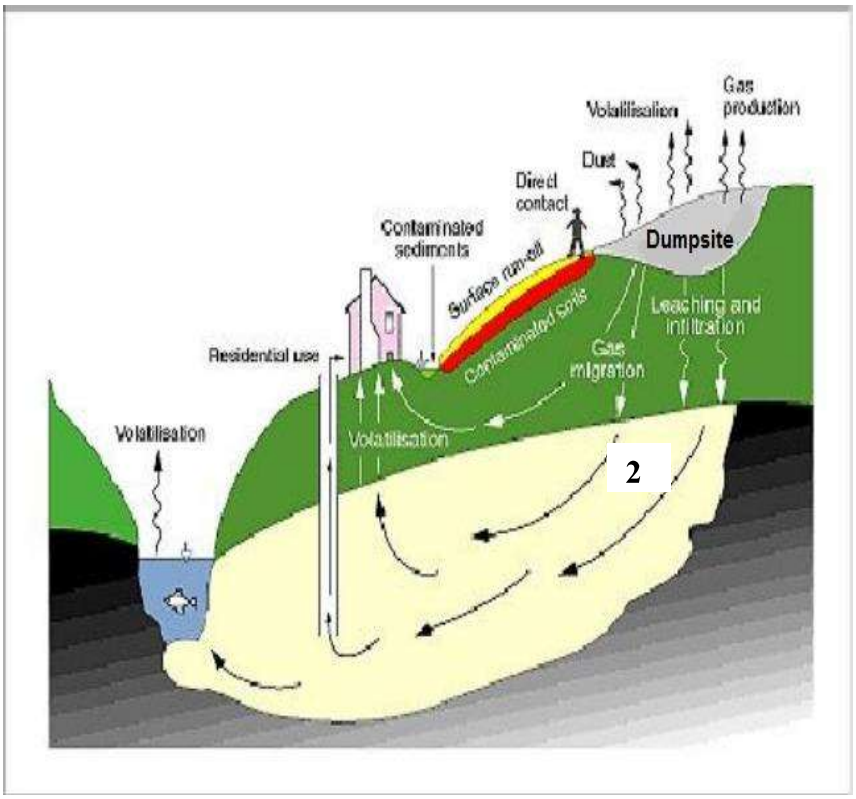
٢- المياه السطحية الملوثة ستتسبب بضرر الحياة المائية والحد من استخدامها كمادة وسيطة لإعداد مياه الشرب.

٣- الهواء الملوث سيهدد صحة البشر والتنوع البيولوجي.

٤- تراكم المواد السامة في السلسلة الغذائية ، و أهمها النباتات و الحيوانات

٥- تدهور جودة ونقص قيمة الأراضي الزراعية وأراضي التنمية الحضرية (خسارة الممتلكات)

لذلك عند دراسة هذه المكبات لا بد من توسيع الدراسة لتشمل كافة عناصر النظام البيئي (التربة، الماء، الهواء و الكائنات الحية) و يبين الشكل (٢) مدى خطورة هذه المكبات على النظام البيئي المحيط بها.



الشكل(٢): خطورة المكبات العشوائية على عناصر النظام البيئي

٢- تقييم الخطر البيئي للمكبات غير الآمنة بيئياً:

يعتبر تقييم الخطر البيئي من الضرورات المهمة لمعرفة عواقب وجود هذه المكبات على البيئة المحيطة بما يسهم في الحفاظ على مكونات النظام البيئي بعيداً عن التلوث، فهو يسهم في التوصل إلى تسوية فعالة ما بين التكاليف الاقتصادية والبيئية، فقبل إغلاق المكب بصورة رسمية لا بد من التأكد من خطورته و عمل دراسة بيئية و اقتصادية للمشروع، مما يضمن الالتزام بفلسفة "التنمية المستدامة".

(٢-١) جمع البيانات عن المكب:

من أهم الأشياء التي يجب تحديدها قبل التفكير بإغلاق المكبات غير الآمنة بيئياً هو خطورة هذه الملوثات مما يساهم في معرفة مدى الحاجة للإغلاق و كيفيته، و لإجراء التقييم البيئي لا بد من طرح هذه الأسئلة عند القيام بالمسح الميداني للمكب، كما يمكن الاستعانة بالجدول (١) لتسهيل الإجابة على هذه الأسئلة:

- ما هي أنواع النفايات التي يتم طرحها في المكب ؟ و ما هي كميتها ؟
- هل يتم التخلص من النفايات الخطرة في هذا المكب ؟
- هل يتم التخلص من النفايات الصناعية في هذا المكب؟
- كم تقريبًا نسبة كل من النفايات منزلية / الخطرة / الصناعية؟
- كيف يتم طرح النفايات؟ عشوائي؟
- هل هناك احتمالية لأن تبدأ النفايات بتسريب العصارة في المستقبل ؟
- هل تمت معالجة النفايات لجعلها أقل خطورة قبل إلقائها في المكب؟
- ما هي الملوثات أو الخصائص الخطرة التي تحتوي عليها النفايات؟
- متى بدأ إلقاء النفايات في هذا المكب ومتى تم إغلاقه؟
- هل تم حرق النفايات في هذا المكب ؟
- فهو يشكل خطر أعلى من الديوكسينات و PAH: Polycyclic aromatic hydrocarbon
- و الديوكسينات: هي ملوّثات بيئية وهي تتميّز عن غيرها بانتمائها إلى "المجموعة القذرة"- وهي مجموعة من المواد الكيميائية الخطرة تُعرف بالملوّثات العضوية الثابتة. وتثير هذه المواد قلقاً بسبب قدرتها العالية على إحداث التسمّم. وقد بيّنت التجارب أنّ تلك المواد تؤثر في عدد من الأعضاء والأجهزة

يمكن الإجابة عن الأسئلة السابقة من الموظفين العاملين في المكبات أو المراقبين (إذا وجد)، أو من خلال التجارب السابقة بنوعية النفايات و كمياتها في مناطق محددة، و إذا تعذر ذلك فمن الضروري أخذ عينات من النفايات في المكبات و فحصها لمعرفة خصائصها.

(٢-٢) مستوى التلوث:
من الضروري بعد تحديد مصادر و أسباب التلوث في المكبات العشوائية تحديد حجم الملوثات و مستوى التلوث الناتج عنها، فإذا كان المكب يحوي كميات كبيرة من الملوثات التي تؤدي إلى مستويات تلوث عالية فإنه يمكن تصنيف هذا المكب وفق التقييم المذكور ادناه على أنه (مصدر تلوث عالي)، أما إذا كان المكب يحوي كميات قليلة من الملوثات التي تؤدي إلى مستويات تلوث قليلة فإنه يمكن تصنيف هذا المكب على أنه (مصدر تلوث منخفض). فالمكبات التي تحوي نفايات ذات مستوى تلوث عالي بكميات قليلة تعد أقل ضرراً من المكبات التي تحوي نفس النوع من النفايات و لكن بكميات أكبر، لذلك لا بد من تقييم الخطر الناتج عن أنواع النفايات المختلفة كلٌ على حدى وبعدها لا بد من عمل تقييم كلي يشمل المكب كوحدة واحدة. و عند إجراء التقييم لا بد من القيام ببعض الفحوصات المتعلقة بالمكب كتحليل العصارة الناتجة عن النفايات و تحليل المياه الجوفية.

(٢-٣) حساسية عناصر البيئة المحيطة:
ينبغي معرفة مدى حساسية عناصر البيئة المحيطة للتلوث الناجم عن هذه المكبات، لذلك يتم تقييم حساسية هذه العناصر لمعرفة حجم و احتمالية تأثرها بهذا التلوث، و من أهم العناصر؛ الإنسان، الحيوان، الغطاء النباتي ،المباني، التربة، المياه الجوفية والسطحية و الهواء، و على ضوء ذلك يتم تقييم مدى أهمية توفير الحماية لهذه العناصر من أخطار هذه الملوثات و مدى خطورة تعرض هذه العناصر لهذه الملوثات حالياً و في المستقبل. و من الأمثلة على المشاهدات التي يمكن دراستها لمعرفة مدى خطورة هذه المكبات:

١- استخدام المياه الجوفية الملوثة للشرب.
٢- وجود خضار و فواكه مزروعة قرب المكب.
٣- وجود أماكن للعب الأطفال بالقرب من المكب.
٤- وجود برك سباحة بالقرب من المكب.
٥- وجود مناطق ترفيهية أو محميات طبيعية ضمن مخطط تطوير المنطقة بالقرب من منطقة المكب.
٦- وجود وادٍ مغذٍ لمصدر مائي.

(٢-٤) مصادر معلومات مفيدة لدراسة الموقع:
لدراسة الخطر البيئي للمكبات غير الآمنة بيئياً لا بد من الاستعانة بكافة مصادر المعلومات المتاحة للوصول إلى قرار بخصوص إغلاقه، لذلك لا بد من استخدام ما يلي:

١- خرائط التربة.
٢- الخرائط الاقتصادية.

٣- الخرائط الطوبوغرافية.
٤- الخرائط الجيولوجية.
٥- الخرائط الهيدروجيولوجية .
٦- خرائط المياه الجوفية.
٧- دراسات قديمة حول المكب ان وجدت.
٨- دراسات حول الصناعات القريبة التي ربما تكون قد استخدمت المكب لإلقاء نفاياتها.
٩- الصور الجوية.
١٠-المقابلات مع العمال السابقين أو الأشخاص الذين يعيشون في المنطقة ان امكن.
١١-خارطة حساسية المياه الجوفية للتلوث.
١٢-مواقع مصادر المياه الجوفية والسطحية.

(٢-٥) الكشف الميداني للموقع:
عند زيارة المكب، يمكن التوصل إلى العديد من الحقائق و المعلومات حول المكب و التي تساعد في بناء صورة متكاملة لخطورة هذا المكب على النظام البيئي، و خلال الزيارة الميدانية للمكب يمكن ملاحظة ما يلي:

١- نوعية التربة الموجودة؛ رملية ، صخرية ، طينية .....إلخ.
٢- نوعية سطح التربة، فقط يكون سطح التربة نباتياً.
٣- إذا تم إغلاق منطقة المكب من قبل أو لا.
٤- حدود المكب؛ أين يبدأ و أين ينتهي؟
٥- طبوغرافية الأرض (معدل الانحدار).
٦- موصلية التربة أسفل النفايات؛ فإذا كانت الموصلية عالية فهذا يدل على وجود العصارة بكمية كبيرة.
٧- الأماكن التي وصلت العصارة إليها؛ هل هي بحيرة كبيرة؟ أم بركة صغيرة؟
٨- إذا وصلت العصارة للمياه السطحية، كيف يبدو شكل سطح الماء؛ هل له لون؟ هل هو عكر؟ هل يوجد طبقة من الملوثات على سطحه؟
٩- إذا كانت المياه السطحية على تماس مع المياه الجوفية.
١٠- وجود مبانٍ سكنية حول المكب.
١١- وجود بئر أسفل المكب لمراقبة نوعية المياه الجوفية عن طريق أخذ عينات وتزويد الجهات المختصة بالنتائج.

و غالباً ما يتم الاستعانة بحفر بعض الحفر لإجراء الاختبارات، لكن يجب الانتباه إلى عملية الحفر حتى لا تكون حفر الاختبارات مجاريا جديدة للعصارة تتسلل من خلالها إلى طبقات الأرض، و عند إجراء الحفر لا بد من الانتباه لما يلي:

١- نوعية و مكونات مادة التربة، هل تحوي مواد عضوية؟
٢- مستوى التلوث في التربة السفلية.
٣- وجود الروائح.
٤- ظهور مياه في حفر الاختبار، سرعة ظهورها و طبيعتها.

(٢-٦) درجات الخطورة:

استناداً إلى جميع المعلومات السابقة التي تم جمعها، من المسح الميداني (التقييم البصري) و المكتبي وقواعد البيانات التي تم بناؤها، يمكن الآن تحديد درجات الخطورة للمكبات غير الآمنة بيئياً بناءً على معايير محددة ، و من الضروري الإشارة إلى أن منهجية تحديد الخطورة البيئية للموقع تحتاج و بشكل كبير إلى وجود مختصين لتنفيذها نظراً للمعلومات الدقيقة و الفحوصات المخبرية و البصرية الدقيقة التي يتم استخدامها و التخصصات و الخبرات العلمية المتنوعة التي تحتاجها هذه المنهجية.

إن تحديد درجة خطورة الموقع تتم من خلال تحويل الخطورة إلى نسبة مئوية، و بناءً على نسبة الخطورة يتم أخذ القرار بكيفية إغلاق هذا المكب، لذلك يتم إعطاء كل عامل من عوامل تقييم المكبات وزن معين من هذه النسبة و يتراوح ما بين (١% - ١٠٠%) من المجموع الكلي (١٠٠%) أو (٠.٠١-١) من المجموع الكلي (١.٠) كما هو مبين في الجدول (٢) ، فقد تم توزيعها كالتالي:

١- وجود نفايات خطرة أو طبية ضمن النفايات الموجودة (٠.٠٥ من المجموع الكلي)
٢- نطاق المكب (٠.٣٥ من المجموع الكلي) و تتوزع كالتالي:
- مساحة المكب (٠.١٥ من المجموع الكلي)
- معدّل كمية النفايات التي تم طمرها في المكب لآخر ٧ سنوات (٠.١٠ من المجموع الكلي)
- عمر المكب بالسنوات (٠.١٠ من المجموع الكلي)
٣- خصائص الموقع و حساسيته (٠.٦ من المجموع الكلي) وتتوزع كالتالي:
- مورفولوجية المكب (٠.١٥ من المجموع الكلي)
- الظروف الهيدروجيولوجية/ نفاذية التربة (٠.٢٠ من المجموع الكلي)
- البعد عن مصادر المياه (٠.٢٥ من المجموع الكلي)

و بناءً على التوزيع السابق للنسب يتم تحديد درجة الخطورة (قليلة، متوسطة، عالية)، فيمكن حصر درجات الخطورة ضمن الفئات التالية وذلك بتعويض قيمة العتبة لكل درجة من درجات الخطورة على النحو التالي:

- (٢.٢٥_أقل من ٢٩) الأقل خطورة بيئية.
- (٢٩_٣٣) خطورة بيئية متوسطة.
- (أكبر من ٣٣_٦١.٧٥) الأكثر خطورة بيئية.

لذلك من الضروري إجراء هذه الدراسة على جميع مكبات النفايات في الأردن و خاصة غير الآمنة بيئياً/ غير الصحية لمعرفة مدى خطورتها و ضرورة إغلاقها، و ذلك لتحديد طريقة الإغلاق و التصميم الفني للغطاء والمراقبة بعد الإغلاق.

(٢-٧): تحديد درجات الخطورة للمكبات غير الصحية/غير الآمنة بيئياً في الأردن:
يوجد في الأردن حالياً ١٨ مكبا غير صحي للنفايات الصلبة غير الخطرة وانطلاقاً من الاستراتيجية الوطنية لإدارة النفايات الصلبة في الأردن لعام ٢٠١٥ يجري العمل على إغلاق بعض المكبات كمكب الأغوار الشمالية في إقليم الشمال الذي تم إغلاقه عام ٢٠١٩، بالمقابل تم إنشاء مكبين صحيين للنفايات حسب المعايير البيئية والهندسية العالمية وهما مكب الأكيدر في إقليم الشمال ومكب الغباوي في إقليم الوسط، حيث تم العمل على إعادة تأهيل مكب الأكيدر في عام ٢٠١٤ بعد أن تم إغلاقه كمكب نفايات غير صحي عام ٢٠١٢، وهو ثاني أكبر مكب في الأردن من حيث كمية النفايات الداخلة إليه في عام ٢٠١٨ والتي وصلت إلى حوالي ٤٧٠ ألف طن، أما مكب الغباوي والذي تم البدء باستخدامه عام ٢٠٠٣ حيث تبلغ مساحة المكب الكلية حوالي ٢٠٠٠ دونم وهي كافية لطمر النفايات حتى عام ٢٠٢٥ حيث يستقبل هذا المكب حوالي نصف كمية النفايات المتولدة في الأردن.

وللوصول إلى الإدارة المثالية والبيئية السليمة للنفايات الصلبة لا بد من العمل على تقليل هذا العدد من المكبات واستبدالها بمكبات صحية، وقبل الوصول إلى قرار إغلاق المكب لا بد من تحليل درجة الخطورة لكل مكب من خلال المعايير المذكورة في الفصل (٢-٦) وبالإعتماد على بيانات المكبات المذكورة في الجدول رقم (٣) تم وضع مثال لكيفية احتساب درجة الخطورة للمكب وتحديد ما إذا كان هناك ضرورة بيئية لإغلاق المكب أم لا وكيفية إغلاقه للمكبات الموجودة في الأردن.

٣- إغلاق وإعادة تأهيل المكبات غير الآمنة بيئياً:

يكثر تواجد المكبات غير الآمنة بيئياً بالقرب من القرى و المناطق النائية حيث لا تتواجد في هذه الأماكن خدمات جمع النفايات، و أحياناً قد تتحول المكبات المنظمة التابعة للبلدية إلى مكبات غير آمنة بيئياً نتيجة الإلقاء العشوائي و غير المنظم للنفايات فيها، لذلك وللحد من تفاقم مشكلة هذه المكبات يجب على البلديات إعداد الخطط لإعادة تأهيل هذه الأماكن أو تنظيفها للبدء بحقبة جديدة من إدارة النفايات الصلبة.

وتختلف إجراءات إعادة التأهيل بناءً على ما إذا كانت مساحة المكب كبيرة أم لا، أو إذا كان المكب تديره البلدية أم أنه غير قانوني ولكن في هذه الحالة فإن هذه المنهجية تم إعدادها للمكبات البلدية، وتتنوع طرق إعادة التأهيل ما بين؛ تغطية النفايات بكافة أنواعها و قد تختلف خصائص هذا الغطاء باختلاف خصائص المكب، أو قد تتم عملية إعادة التأهيل بتنظيف المكان من النفايات، و أحياناً قد يتم إضافة نظام جمع العصارة و جمع الغازات الناتجة عن النفايات. لكن القرار المناسب بشأن إعادة التأهيل يتم أخذه بالاعتماد على درجات الخطورة الناتجة عن دراسة المكبات غير الآمنة بيئياً، مع الأخذ بعين الاعتبار حساسية البيئة المحيطة للتلوث الناتج عن المكب، وعمر وحجم المكب الموجود وعمق النفايات فيه.

ومن ضمن خطة إعادة التأهيل لا بد من وضع التدابير المناسبة التي ينبغي تنفيذها بعد إغلاق المكب، من الرصد و الرعاية، مع ضرورة إعلام الجمهور العام أن إعادة إلقاء النفايات في هذه المواقع أو بالقرب منها تشكل جريمة يعاقب عليها القانون والتشريعات ذات العلاقة ، و يجب على البلديات القيام بعمليات التفتيش الدورية لتجنب أي إلقاء غير قانوني للنفايات مرة أخرى.

(٣-١) إغلاق المكبات غير الآمنة بيئياً:

تعد عملية إغلاق المكبات _وذلك ببناء غطاء بخصائص معينة فوق النفايات_ من أشهر الطرق لحل مشكلة المكبات غير الآمنة بيئياً، بحيث تعتمد خصائص تركيب الغطاء على درجة خطورة المكب، و لكن قبل البدء بمشروع إغلاق المكبات لا بد من إيقاف النشاط فيها وذلك بمنع عمليات إلقاء النفايات فيها، و يمكن تحقيق هذه الخطوة بأحد الطرق التالية:

١- العمل على توفير حاويات جماعية للنفايات، حتى يتم فيما بعد إرسال النفايات إلى مكبات آمنة بيئياً أو مطامر صحية.
٢- العمل على تسييج منطقة المكب.
٣- تركيب الكاميرات أو توفير الحراسة لمنع أي نشاط إضافي في المكب (تكون مطلوبة في حالات المكبات عالية الخطورة).

(٣-١-١) : تصميم غطاء الإغلاق بناءً على الظروف المحيطة ودرجة خطورة المكب:

يبنى الغطاء فوق النفايات و يتم تصميمه ليدوم لفترة طويلة ولكي يستخدم كغطاء خضري جديد، لذلك يجب دراسة الظروف الطبيعية المحيطة قبل البدء بتصميم الغطاء، ومن هذه الظروف:

- طبيعة النفايات وكميتها، طبيعة المكان، و الزمن اللازم لإجراء صيانة لهذا المكب
- النفاذية للغطاء الترابي بحيث لا يمكن للغازات الناتجة النفاذ من خلاله و لا يمكن للمياه الموجودة على السطح (مثل مياه الأمطار) النفاذ إلى النفايات الموجودة أسفل الغطاء
- التحكم و تدوير العصارة الناتجة عن هذه النفايات
- عوامل الحت و التعرية
- تأثير جذور الأشجار النامية فوق الغطاء و بعض الحيوانات الناقبة
- التغيرات التي تحدث نتيجة الهزات الأرضية .

(٣-١-٢) تركيب غطاء المكب:

يعتمد تركيب الغطاء على العديد من العوامل كما هو مذكور سابقاً، فقد يكون الغطاء في غاية البساطة أو قد يتكون من عدة طبقات، وذلك يتم تحديده بالاعتماد على درجة خطورة المكب، فبالاعتماد على تصنيف المكبات في الأردن من حيث الخطورة يتم إغلاق كل فئة من النفايات بالطرق التالية*:

- المكبات ذات الخطورة البيئية القليلة:

في حالة المكبات قليلة الخطورة يكون الخيار الأنسب هو تغطية النفايات بطبقة من المواد الخاملة؛ فعادةً يتم تغطية هذا النوع من المكبات بطبقة سفلية من تراب باطن الأرض المضغوط وطبقة علوية من تراب سطح الأرض والتي يتراوح سمكها من (١٥-٣٠ سم) أو الدبال، بحيث يكون مجموع سمك الطبقة العلوية و السفلية حوالي (١٠٠ سم)، و من الممكن نمو العشب على الطبقة السطحية للغطاء خلال موسم النمو المناسب. وقد يكون من الضروري إعادة تشكيل أكوام النفايات باستخدام الجرافة قبل وضع الغطاء عليها وذلك حتى يتناسب شكل الموقع بعد الإغلاق مع المشهد المجاور له. ويعتبر هذا الحل هو الأقل تكلفة، فهو مناسب للمواقع ذات الخطورة القليلة و التي تكون فيها النفايات خاملة في الغالب، فمن غير المرجح أن يكون مناسباً للمواقع ذات الخطورة العالية، ولا بد من دراسة الغازات التي من الممكن أن تنتج عن تحلل هذه النفايات بالإضافة لتأثير مياه الأمطار على تكون العصارة التي من الممكن أن تتسرب للنفايات عبر الغطاء، وفيما يتعلق بمكبات النفايات في الأردن فإن هذه الطريقة يمكن استخدامها للمكبات ذات الخطورة القليلة.

- المكبات ذات الخطورة المتوسطة:

يكون تركيب الغطاء في حالة المكبات ذات الخطورة المتوسطة أكثر تعقيداً من غطاء المكبات ذات الخطورة القليلة بحيث يكون الهدف منه هو منع وصول مياه الأمطار إلى النفايات وذلك للتقليل من تكون العصارة بالإضافة إلى منع تسرب الغاز الناتج عن تحلل النفايات إلى الهواء المحيط، وهذه الطريقة يمكن استخدامها للمكبات ذات الخطورة المتوسطة ، حيث أن تركيب الغطاء سيكون كالتالي**(من الأعلى إلى الأسفل):

- الطبقة السطحية (طبقة خضرية أو صخرية و تسمى طبقة الحماية):

و هي طبقة غير سميكة من التراب الناعم سمكها حوالي ٣٠ سم، بحيث تكون مناسبة لإقامة الغطاء النباتي.

- طبقة من الطين المضغوط بشكل جيد و يكون سمكها حوالي (٥٠ سم).
- طبقة تصريف المياه : طبقة من الحصى و يكون سمكها حوالي (٣٠ سم).

.....

* يمكن اتباع طرق أخرى لإغلاق أي من فئات المكبات الثلاث، شريطة الموافقة عليها من قبل الجهات ذات العلاقة ومنها (البلديات/ مجالس الخدمات المشتركة ووزارة البيئة وغيرها من الجهات ذات العلاقة التي يتم تحديدها حسب مقتضى الحال).

** يمكن إضافة طبقة من التكسية الأرضية (Geotextile) ما بين طبقة تصريف المياه وطبقة الطين المضغوط.

- المكبات ذات الخطورة العالية:

في حالة المكبات العالية الخطورة والتي تحوي على نسبة عالية من المواد القابلة للتحلل، فإنه يجب إضافة مجموعة من الطبقات إلى هذا الغطاء ليكون أكثر تعقيداً من الحالة السابقة، بحيث يجب التعامل مع مياه الأمطار الساقطة على الغطاء بشكل جدي أكثر خشية وصولها للنفايات، فيمكن تلخيص أسباب إضافة بعض الطبقات للغطاء بما يلي:

- لمقاومة عوامل الحت و التعرية
- التقليل من انبعاث الغازات الدفيئة (الميثان و ثاني أكسيد الكربون بشكل رئيسي) إلى الجو.
- تقليل الانبعاثات الأخرى الصادرة عن النفايات التي قد تؤثر بشكل سلبي على البيئة.
- منع وصول مياه الأمطار إلى النفايات.

فعند اختلاط مياه الأمطار مع النفايات مع المواد العضوية القابلة للتحلل ستتكون العصارة و زيادة وصول مياه الأمطار إلى النفايات سيعزز تكون العصارة و بالتالي تكون الغازات الدفيئة، فهذه النواتج تشكل الخطر الأكبر على البيئة و بالتالي على صحة الإنسان، فالغازات الناتجة عن المكبات تؤدي إلى الغثيان و الصداع، لذلك كان لا بد من زيادة عدد الطبقات لزيادة عنصر الحماية للبيئة المحيطة، وإن هذه الطريقة يمكن استخدامها للمكبات ذات الخطورة العالية ، حيث أن تركيب الغطاء سيكون كالتالي*(من الأعلى إلى الأسفل):

- الطبقة السطحية (طبقة خضرية أو صخرية و تسمى طبقة الحماية):

و هي طبقة غير سميكة من التراب الناعم سمكها حوالي ٣٠ سم، بحيث تكون مناسبة لإقامة الغطاء النباتي.

- طبقة من الطين المضغوط بشكل جيد و يكون سمكها حوالي (٥٠ سم).
- طبقة تصريف المياه : طبقة من الحصى و يكون سمكها حوالي (٣٠ سم).
- طبقة الغشاء الأرضي الحاجزة : و يكون سمكها حوالي(١ مم – ١.٥ مم)، و هي من (LDPE).
- طبقة من التراب المضغوط ذات النفاذية القليلة بسمك (٣٠ سم).
- الطبقة الأساسية و تكون من مادة خشنة ذات حبيبات كبيرة بحيث تسمح بتمرير الغازات من خلالها.

.....

* يمكن إضافة طبقة من التكسية الأرضية (Geotextile) ما بين طبقة تصريف المياه وطبقة الطين المضغوط.

(٣-٢) نظام جمع العصارة وتدويرها:

عندما تتواجد كميات كبيرة من النفايات العضوية و المواد القابلة للتحلل ولفترات طويلة من الزمن داخل المكبات، فإنها ستتحلل لاهوائياً، لذلك فمن الضروري إضافة أنظمة تجميع العصارة و تجميع الغازات بالإضافة للغطاء المذكور سابقاً، وتأتي أهمية وجود هذه الأنظمة من الأسباب التالية:

- **استمرارية انتاج العصارة يشكل خطراً على البيئة (المياه السطحية و الجوفية).**
- **استمرارية انتاج الغازات وتسربها إلى البيئة المحيطة.**
- **استمرارية تحلل المواد العضوية سيؤدي إلى انتشار الروائح في الأماكن القريبة موقع الإغلاق، وزيادة الشكاوى من السكان.**

في مثل هذه الظروف سيكون من الضروري إضافة هذه الأنظمة لتفادي حدوث هذه المشاكل بالرغم من التكلفة المالية العالية، فنظام العصارة يتضمن جمعها و تخزينها و معالجتها. وقد يكون من الصعب تركيب نظام لجمع العصارة في قاعدة مكب موجود مسبقاً؛ وذلك بسبب عدم وجود هذا النظام ضمن تصميم المكب الأساسي، لكن في الواقع قد يكون عملياً استخدام حاجز طبيعي غير المنفذ للماء أسفل المكب (مثل الطين)، بحيث يتم ترشح العصارة أسفل المكب ويمكن تجميعها من خلال وضع أنابيب فوق هذا الحاجز، ولكن من أهم أسباب فشل هذا النظام هو انسداد هذه الأنابيب نتيجة العوالق الصلبة داخل العصارة، لذلك يجب عند تصميم نظام تجميع العصارة الأخذ بعين الاعتبار وجود ميزات تسمح بتنظيف نظام الأنابيب.

يمكن استخراج العصارة من خلال نظام يتكون من مجموعة من الأنابيب تنتهي بأنبوب رئيسي لتجميع العصارة بشكل كامل، وذلك مع ضرورة الحفاظ على مستوى أقل من (١.٠ م) فوق الحاجز غير المنفذ، وبالتالي تقل كمية العصارة التي تتسرب خارج هذا النظام إلى البيئة المحيطة، ومن الضروري أن يكون هناك ميلان في نظام الطبقات بحيث يتراوح معدل الانحدار بين (٢%-٤%)، ولا بد من إضافة الأكسجين إلى العصارة عند تجميعها في البرك من أجل تقليل الروائح الناتجة عنها.**

يمكن إعادة تدوير الراشح وذلك بإعادة ضخه إلى النفايات، ومن ثم إعادة تجميعه مرة أخرى، وهذه الطريقة قد تؤدي إلى فوائد عديدة منها:

- **زيادة كمية الغاز الناتجة (من حيث الكمية و النوعية)، وذلك ليتم استخدامه في مشاريع استعادة الطاقة.**
- **تخفيض تكاليف جمع العصارة و التخلص منها.**
- **تقليل حجم العصارة من خلال عمليات التبخر داخل البرك.**
- **استقرار المكب، مما يسهم في تحقق مبدأ الاستدامة .**
- **تقليل التكلفة.**

.....

** معدّل الانحدار: النسبة المئوية الناتجة من قسمة المسافة الرأسية على المسافة الأفقية.

بعد جمع العصارة (عادةً يتم تخزينها في برك هوائية) لا بد من معالجتها، ويأتي الهدف من تجميع العصارة لتحقيق المعايير المطلوبة للتصريف الناتج عن هذه البرك، وتختلف المعايير المطلوبة اعتماداً على خصائص المياه الملقاة في نظام الصرف الصحي (المجاري)، ويمكن تلخيص الطرق الرئيسية لعلاج العصارة بما يلي:

- المعالجة الفيزيائية/الكيميائية الأولية : كالتخثر ، الترشيح ، الامتزاز ، التناضح العكسي ، التبخر والتسوية، وتستخدم هذه الطرق لعلاج العصارة الناتجة عن المكبات التي تحوي مواد قابلة للتحلل العضوي بكميات قليلة.
- المعالجة البيولوجية: كنظام الحمأة المنشطة، نظام المفاعلات المغلقة المتسلسلة، بحيرات التهوية الممتدة و الملامسات البيولوجية الدوّارة (RBC: Rotating Biological Contactors).

- المعالجة المركبة: وهو الجمع بين العلاج الفيزيائي، الكيميائي والبيولوجي في نظام واحد.

ويمكن القول بان كمية وخصائص العصارة تعتمد على مكونات النفايات في المكب، عمرها، الظروف المناخية و الجيولوجية السائدة في الموقع، لذلك و بالاعتماد على خصائص الموقع قد يكون من الصعب إنشاء نظام لجمع العصارة في حالة المكبات القديمة.

(٣-٣) نظام سحب الغازات الناتجة:

يعتبر الغاز الناتج عن النفايات من أهم القضايا التي يجب متابعتها بعد إغلاق المكب، لذلك يجب السيطرة على عملية تسرب هذا الغاز من النفايات أسفل الغطاء حتى لا يشكل خطراً على البيئة القريبة من الموقع، فيجب إقامة محطات رصد للغاز الناتج بين المكب و الأماكن الحساسة كالمنازل و المؤسسات و على بعد ٢٥٠م من المكب، حيث يجب ألا تتجاوز تراكيز الغازات في تلك المحطات ١% حجم/حجم الغاز الميثان و ١.٥% حجم/حجم لغاز ثاني أكسيد الكربون.

ويعد غاز الميثان وغاز ثاني أكسيد الكربون المكونين الأساسيين للغاز الناتج عن مكاب النفايات، وعادة ما تكون النسبة بينهما هي ٦٠% ميثان : ٤٠% ثاني أكسيد الكربون، ويعتبر غاز الميثان من الغازات القابلة للاشتعال فهومن الغازات ذات القيمة الحرارية العالية لذلك فهو يستخدم لإنتاج الطاقة، فإنتاج ١ ميغاواط من الكهرباء يحتاج استهلاك (٦٠٠-٧٠٠)م^{٣} من الغاز الناتج عن المكب بحيث تكون نسبة الميثان فيه حوالي ٥٠%.

وتم تصنيف غاز الميثان على أنه أكثر خطورة من ٢٠ إلى ٣٠ مرة من غاز ثاني أكسيد الكربون، وذلك نتيجة تأثيره بشكل أكبر في ظاهرة الاحتباس الحراري، وبالتالي يجب التطلع إلى الاستفادة من الغاز في عمليات توليد الطاقة وعمليات التسخين الناتج عن طمر النفايات وخاصة في المواقع الكبيرة، وتأتي ضرورة جمع الغاز الناتج أيضاً لحل مشكلة الروائح الناتجة عن المكبات.

وتكمن الأهمية البيئية لنظام تجميع الغاز الناتج في منع تسرب هذه الغاز إلى البيئة المحيطة، بالإضافة إلى الفائدة الاقتصادية وهي انتاج الطاقة، ومن أهم الطرق لإدارة غاز المكب هي نظام التحكم النشط والإشعال، حيث يتم تصميم هذا النظام بحيث يتضمن نظام سحب للغازات ثم يتم التخلص من الغازات الناتجة عن طريق إحراقه أو الاستفادة منه بتحويله إلى طاقة. فيمكن حفر أبار الغاز خلال النفايات، فعادةً ما يتم حفرها على عمق ٧٥% من إجمالي عمق النفايات، حيث يعتمد عدد آبار الغاز على كمية النفايات ونوعها، بحيث تتكون آبار الغاز من أنابيب مثقبة محاطة بمادة غير كربونية ويتم احتواؤها جميعها في شبكة سلكية. ويكون القسم العلوي من أنابيب الغازات غير مثقب وهو الجزء الذي يكون في نهاية النظام لربطه مع أنبوب تجميع الغاز الرئيسي، وعادة ما تكون هذه الأنابيب مصنوعة من (HDPE)، ليتم بعدها إرساله إلى نظام الاشعال (Gas Flaring Unit) أو نظام توليد الطاقة.

(٣-٤) إصلاح بيئة المكب ،الرعاية اللاحقة والاستخدام المستقبلي للموقع بعد الإغلاق:

تبدأ مرحلة الرعاية اللاحقة بعد الانتهاء من وضع آخر طبقة من طبقات الغطاء، وتعتمد إجراءات ما بعد الإغلاق على التدابير المتبعة خلال عملية الإغلاق وإعادة التأهيل والإصلاح، ويجب أن يتم إعداد الموقع للاستخدام المستقبلي مع الأخذ بعين الاعتبار المحافظة على تطبيق اجراءات الرعاية اللاحقة والتي قد تستمر لمدة تصل إلى ٣٠ عاما .

(٣-٤-١) إصلاح بيئة المكب:

تعد عمليات إصلاح بيئة موقع المكب من أهم الاجراءات التي يجب القيام بها ليتم على أساسها تحديد الاستخدام المستقبلي للموقع وكيفية الرعاية اللاحقة للغطاء، وتعتمد اجراءات إصلاح الموقع على حجم المكب ونوعية النفايات التي تم طمرها فيه ودرجة خطورته، فمن الأعمال التي قد تتم خلال عمليات الاصلاح ما يلي:

١- الأعمال الترابية و الاهتمام بالمناظر الطبيعية.
٢- إزالة النفايات من الموقع وذلك في حالة المكبات ذات الحجم القليل والنفايات الخاملة.
٣- نقل النفايات والتخلص منها في نطاق ١٠٠ كيلومتر (في مكب الصحي أو إغلاق المكب).
٤- نقل التربة السطحية الملوثة في نطاق ٢٠ كم.
٥- استبدل التربة الملوثة.
٦- العمل على معالجة سطح الأرض والذي يسهم بنمو الأعشاب (الغطاء الخضري).

(٣-٤-٢) الرعاية اللاحقة :
خلال مرحلة الرعاية اللاحقة للمكبات المغلقة فإنه يجب على الجهات المسؤولة التي نفذت مشروع الإغلاق تحمل مسؤولية الصيانة، ومراقبة نتائج التدابير المتبعة في عملية الإغلاق، والمحافظة على عزل النفايات التي تم بناء الغطاء فوقها عن البيئة المحيطة، مع الأخذ بعين الاعتبار الزمن المتوقع لظهور أي مخاطر للمكب المغلق.

وللحفاظ على فاعلية الغطاء لا بد من القيام بالعديد من النشاطات المتعلقة بالرصد والمراقبة والصيانة، لضمان سلامة البيئة، ومن هذه الأنشطة:
- جمع ومعالجة العصارة الناتجة ومراقبة جودتها.
- القيام بإجراءات الصيانة الدورية لنظام جمع ومعالجة العصارة.
- مراقبة المياه الجوفية والسطحية للمناطق القريبة.
- جمع ومعالجة الغاز الناتج عن النفايات ومراقبة جودته.
- القيام بإجراءات الصيانة لنظام جمع الغازات والمعدات المستخدمة لهذا الغرض.
- مراقبة وصيانة الغطاء الأخير، والقيام بأي اجراءات عزل أخرى تستدعي لها الحاجة.

ولمتابعة أعمال الرعاية اللاحقة لغطاء المكب بشكل بيئي متكامل لا بد من أخذ جميع التدابير اللازمة المتعلقة بالغطاء والبيئة المحيطة والتي يمكن حصرها بما يلي:

(٣-٤-٢-١): الأعمال الترابية - أعمال تشكيل سطح الغطاء وتكوين تضاريسه:

عند الإنتهاء من تنفيذ الغطاء بشكل كامل لا بد من التفكير في طبيعة الاستخدام المستقبلي له، لذلك يتم العمل على تشكيل سطح الغطاء لإعداد الموقع بالشكل والتضاريس المطلوبة لاستخدامه مستقبلاً، حيث تستخدم الأعمال الترابية المناسبة للموقع ولطبيعة استخدام الغطاء فيما بعد، ويتم تحديد معدّات العمل والفحوصات المخبرية للتربة السطحية للغطاء من خلال الخبراء المختصين بذلك، فقد يتم اللجوء أحياناً إلى عملية إحلال التربة والتي يتم خلالها استبدال التربة الموجودة بتربة أخرى لها مواصفات خاصة وتتم عملية الاستبدال بطريقة هندسية للوصول الي تربه صالحة للتأسيس حسب التصميم المستقبلي.

(٣-٤-٢-٢) تصريف مياه الأمطار:
إدارة مياه الأمطار هي القضية الرئيسية التي يجب التركيز عليها للتقليل من تآكل الغطاء والعصارة الناتجة عن تسلل مياه الأمطار إلى النفايات أسفل الغطاء، فمن المهم أن يتم تصميم الغطاء بانحدار كافي بالإضافة إلى وجود طرق لتصريف المياه المتراكمة كالقنوات وذلك لتجنب تكون برك المياه التي قد تؤدي لتآكل وتعرية الغطاء.

(٣-٤-٢-٣) أعمال الزراعة والري على الغطاء:
من الأفضل إعادة استخدام الغطاء من خلال زراعة بعض النباتات المحلية والنباتات التي يمكنها العيش ضمن الظروف المناخية المحيطة، فالتربة وعمق الجذر هي المحددات الرئيسية لما إذا كان يمكن أن يكون غطاء المكب مهيأ لإعادة تكوين الغطاء النباتي، فبشكل عام إذا كانت التربة ذات كثافة عالية ونفاذية منخفضة فهذا يؤدي إلى ضعف نفاذية الهواء خلال غطاء المكب، لذلك تزيد فاعلية الجزء العلوي من الغطاء كحاجز أمام الاختراق بجذور الأشجار، فجذور الأشجار قد تخترق مسافة صغيرة من الغطاء ولكنها لن تتمكن من اختراق الغطاء كاملاً بسبب الانتشار البطيء للغازات الناتجة عن النفايات المدفونة، مما يقلل من وجود الأكسجين في تربة الغطاء الأمر الذي قد يجعلها سامة للنباتات.

(٣-٤-٢-٤) أعمال بناء الطرق الداخلية:
في مرحلة الإغلاق يجب إجراء دراسة لطرق التنقل الداخلية داخل المكب من قبل الجهات المسؤولة عن الإغلاق كوزارة الإدارة المحلية/مجالس الخدمات المشتركة أو أي جهة يتم تكليفها بهذه الأعمال، حيث يمكن أن تحدث مشاكل أثناء موسم الأمطار بسبب استمرار حركة مرور المركبات وآليات الإغلاق، وقد تكون طرق الوصول إلى المنطقة المقصودة داخل الغطاء أو المكب مبنية من أنقاض الهدم والبناء، إلا أنه ينبغي دائمًا إبقاؤه جافًا وفي حالة جيدة إذا أردنا منع المركبات والآليات من الوقوع أو الانقلاب.

(٣-٤-٣) الاستخدام المستقبلي للموقع:

إن الاستخدام المستقبلي للمواقع المعاد تأهيلها يخضع لبعض القيود حيث أن هذه القيود تبقى سارية إلى حين تحلل كامل الجزء القابل للتحلل المدفون تحت الغطاء، حيث تصل العمليات الكيميائية والفيزيائية تحت الغطاء إلى درجة عالية من الاستقرار، ومن أهم العوامل التي تحدد الاستخدامات المحتملة للموقع ما يلي:

- قدرة التحمل للغطاء الخارجي.
- وجود غازات قابلة للاشتعال والانفجار ناتجة عن النظام.
- المواد الناتجة عن تحلل النفايات التي تسبب التآكل والتركيب الداخلي للغطاء.

وتعتمد طبيعة الاستخدام المستقبلي للموقع على درجة خطورة المكب التي تم الوصول إليها سابقاً، حيث أن هناك العديد من الاستخدامات المستقبلية المقترحة للمكبات بعد إغلاقها وذلك بعد التأكد من فاعلية الغطاء وعدم خطورة المكب على العامة ومنها استخدام الأرض كأماكن مفتوحة، أماكن للألعاب الرياضية، الحدائق، محطة للنقل، مزرعة للطاقة الشمسية، محطات تحويلية أو أماكن لتخزين المواد القابلة لإعادة التدوير.

وتستمر قيود الاستخدام مع استمرار عمليات ونشاطات الرعاية اللاحقة للإغلاق، وقد تؤثر هذه العمليات على طبيعة الاستخدام المستقبلي للموقع، حيث أن الاستخدام المستقبلي في بعض الأحيان قد لا يعرقل اجراءات الرعاية اللاحقة للموقع، وينبغي منع المستخدم المستقبلي المحتمل للموقع من الوصول إلى معدات الرعاية اللاحقة، مثل معدات نظام العصارة أو الغاز الناتج بالإضافة لمعدات المراقبة والرصد، ومن أهم النشاطات المستقبلية للمستخدمين التي تشكل خطراً على الغطاء هي عمليات الحفر، والتي من شأنها التأثير سلباً على الجزء العلوي من الغطاء، والتي من الضروري حظرها.

وأخيراً، لا بد من الانتباه لنوعية النفايات التي تم تغطيتها، وذلك لأن خطورة هذه النفايات تؤثر على طبيعة الاستخدام المستقبلي للموقع، فعلى سبيل المثال، إذا كان هناك نفايات خطرة أسفل الغطاء فإنه من الضروري منع زراعة المحاصيل الغذائية في هذا الموقع، وفي بعض الحالات قد يتم منع استخدام الموقع نهائياً.

الجدول رقم (١): نموذج الكشف الميداني لمكب النفايات

١. معلومات المكب:

١	تاريخ الكشف	
٢	اسم المكب	
٣	عنوان المكب	
٤	رقم قطعة الأرض ، رقم الحوض	
5	الموقع الجغرافي (GPS)	
6	معلومات الشخص المسؤول عن إدارة المكب	
7	تاريخ بدء تشغيل المكب	

٢. أ- نوع المكب بناءً على نوع النفايات الملقاة فيه:

◯ منزلية ◯ هدم وبناء ◯ صناعية ◯ زراعية ◯ صناعات غذائية ◯ حيوانات نافقة

◯ حمأة منزلية ◯ حمأة صناعية ◯ زيوت مستعملة ◯ زبل حيواني ◯ الكترونية ◯ غير محدد ◯ أخرى حددها.....

ب- في حال وجود نفايات صناعية ملقاة في المكب (صلبة، سائلة، حمأة) فما هو نوع النفاية ومصدرها إذا كان معروف، وإذا لم يكن معروف؛ فما هي الصناعات القريبة من المكب التي من الممكن أن تكون مصدر لهذه النفايات؟

٣. تركيب النفايات في المكب:

		الأكثر تواجد	متوسط	الأقل تواجد				الأكثر تواجد	متوسط	الأقل تواجد
	نفايات غير خطرة	١	٢	٣			نفايات خطرة	١	٢	٣
١	النفايات المنزلية					١	بطاريات			
٢	نفايات الهدم والبناء					٢	مواد كيميائية			
٣	بقايا النباتات					٣	مبيدات حشرية			
٤	حيوانات نافقة					٤	مواد ملوثة بزيوت معدنية			
٥	زبل حيواني					٥	أسبستوس			
٦	نفايات قماشية					٦	نفايات طبية			

٧	نفايات ورقية وكرتونية					٧	نفايات صيدلانية				
٨	نفايات زجاجية					٨	أتربة ملوثة بمواد خطرة				
٩	نفايات بلاستيكية					٩	حمأة صناعية				
١٠	نفايات حديدية					١٠	نفايات الكترونية				
١١	حمأة منزلية					١١	غيرها**				
١٢	غيرها*										

* حددها .....

** حددها مع صفات الخطورة

٤. كميات النفايات في المكب:

١	كميات النفايات الواردة للمكب (م^{٣} / سنة)			٤	معدّل سمك النفايات فوق سطح الأرض (م)	
٢	مساحة المكب (م^{٢})			٥	حجم النفايات الموجودة في المكب (م^{٣})	
٣	المساحة النشطة في المكب (م^{٢})			٦	ملاحظات أخرى	

٥. العمليات في المكب:

حالة المكب	◯ نشط ◯ نشط بشكل مؤقت ◯ مهجور	
	◯ معاد تأهيله	◯ يوجد غطاء نباتي بشكل جزئي ◯ يوجد غطاء نباتي بشكل كلي ◯ مغطى بغطاء، خصائص الغطاء.....
	طبوغرافية المكب الميلان (%)	

ملاحظات أخرى:.....

٥. الأنظمة التقنية في المكب:

◯ نظام تصريف مياه الأمطار ◯ نظام تجميع العصارة
◯ نظام معالجة العصارة ◯ نظام جمع الغازات

◯ أنظمة أخرى حددها.....

٦. مورفولوجيا (شكل وتقسيمات) المكب:

النفايات الصلبة	◯ مكب نفايات مشيّد ومحدد يدار بشكل سليم بيئياً ◯ يتم التخلص من النفايات على سطح الأرض ◯ يتم التخلص من النفايات في حفر ◯ يتم التخلص من النفايات في مقلع ◯ يتم التخلص من النفايات في منحدرات ◯ يتم التخلص من النفايات في وادي ◯ طرق أخرى حددها.....
النفايات السائلة	◯ يتم التخلص من النفايات في أحواض أو برك ◯ يتم التخلص من النفايات على سطح الأرض ◯ يتم التخلص من النفايات في برك اسمنتية ◯ يوجد مجرى ماء طبيعي ◯ يوجد مجرى ماء صناعي ◯ طرق أخرى حددها.....

ملاحظات أخرى:.....

٧. الظروف الجيولوجية والهيدروجيولوجية:

أ- القرب من مصادر المياه الجوفية والسطحية:

◯ يقع المكب على أو بالقرب من وادٍ ◯ يقع المكب على أو بالقرب من مجرى ماء مؤقت
◯ يقع المكب على ضفة نهر ◯ يقع المكب على شاطئ بحيرة
◯ يقع المكب على أراضي رطبة ◯ يقع المكب في مناطق فيضانات
◯ يقع المكب على مقربة من آبار المياه الجوفية ◯ لا يقع المكب بالقرب من مصادر المياه الجوفية والسطحية

ب- - البعد عن مصادر المياه السطحية .....
- عمق المياه الجوفية .....
- البعد عن آبار مياه الشرب .....
- اتجاه حركة المياه الجوفية .....
- درجة حساسية المياه الجوفية (عالية جداً ، عالية ، متوسطة ، قليلة ، قليلة جداً)
- البعد عن مصادر المياه السطحية (السدود، الأودية، الينابيع) .....
- عمق سطح المياه الجوفي الساكن .....
- البعد عن مصادر المياه الجوفية (الآبار) .....

ج- خصائص الطبقات الأرضية:

◯ الطبقات أسفل المكب ذات تربة منفذة	◯ الطبقات أسفل المكب ذات تربة غير منفذة
◯ تربة سطح الأرض رملية	◯ تربة سطح الأرض طينية
◯ طبيعة الأرض صخرية خالية من التشققات	◯ طبيعة الأرض صخرية تحتوي على تشققات
◯ طبيعة الأرض غير معروفة	
• ملاحظات أخرى	

** إذا تم أخذ عينة مياه (سطحية أو جوفية)؛ هل كانت ملوثة؟ وما هي عناصر التلوث المحتملة؟

٨. البعد عن الأماكن الحيوية:

أ- - البعد عن المناطق السكنية .....

-البعد عن الشارع الرئيسي.....

ب- - هل يوجد مزارع خضار أو فاكهة بالقرب من المكب؟

- هل يوجد أماكن للعب الأطفال بالقرب من المكب؟

- ملاحظات أخرى:.....

٩. نتائج لتحاليل سابقة للمياه الجوفية والسطحية القريبة من المكب؟

١٠. الأشخاص الذين تمت مقابلتهم في المكب:

الاسم	المسمى الوظيفي

١١. الصور:

الرقم	محتوى الصورة	ملاحظات
١		
٢		
٣		
...		

١٢. إذا تم حفر حفرة في داخل النفايات المتراكمة خلال الكشف:

- ما هي الملاحظات العامة على المواد المستخرجة منها؟
- هل تم استخراج التراب من الحفرة؟
- ما هو مستوى التدهور في التربة أسفل النفايات؟
- هل يوجد رائحة؟
- ما هو نوع النفايات الموجودة؟
- هل يوجد مياه أو عصارة داخل الحفرة؟

١٣. تقييم فردي/مبدئي للخطورة:

○ عالي الخطورة الخطورة	○ متوسط الخطورة	○ متدني

١٤. ملاحظات عامة إضافية:

.....
.....
.....
.....

١٥. فريق العمل:

	الاسم	التوقيع	التاريخ
أعضاء الفريق	- - - - - - -		
رئيس الفريق			

الجدول (٢):تحليل عوامل تقييم المكبات لتحديد نسبة الخطورة

- **طريقة تحديد خطورة المكبات من خلال إعطاء الدرجات والأوزان لعوامل التقييم.**
- **تطبق هذه الطريقة على مكبات النفايات غير الصحية/غير الآمنة بيئياً أو العشوائية.**

المعايير		الوزن من ١	درجة المعيار
١. تواجد النفايات (الخطرة/ الطبية)		٠.٠٥	
متواجدة بكثرة		٧٥	
تواجدها متوسط		٢٥	
شبه معدومة		٠	
٢. مساحة المكب المستخدمة (م٢)		٠.١٥	

أكبر من ١٠٠٠٠٠		٥٠	
٢٠٠٠٠ ـ ١٠٠٠٠٠		٣٥	
أقل من ٢٠٠٠٠		١٥	
٣. كمية النفايات في المكب		٠.٢٠	
٣.١ معدل كمية النفايات التي يتم إلقاؤها سنوياً (طن) (لآخر 7سنوات)		٠.١	
أكبر من ٥٠٠٠٠		٥٠	
٢٠٠٠٠ـ ٥٠٠٠٠		٣٥	
١٠٠٠٠ـ٢٠٠٠٠		١٥	
أقل من ١٠٠٠٠		٠	
٣.٢ عمر المكب (سنة)		٠.١	
أكبر من ٢٥		٥٠	
١٠ـ٢٥		٣٥	
٥ـ١٠		١٥	
أقل من ٥		٠	
٤. مورفولوجيا المكب		٠.١٥	
٤.١ القاء النفايات على حواف نهر/ في حفرة/ في مقلع		٧٥	
٤.٢ القاء النفايات على سطح الأرض/ في المنحدرات/ في وادي/ في مناطق الفيضانات		٢٥	
٤.٣ مكب نفايات مشيّد ومحدد يدار بشكل سليم بيئياً / مكب صحي		٠	
٥. الظروف الهيدروجيولوجية (معامل النفاذية) (m/s)		٠.٢٠	
(نفاذية عالية) أكبر من E^{-5}		٦٥	
$E^{-5} - E^{-8}$ (نفاذية متوسطة)		٣٥	
(نفاذية قليلة) أقل من E^{-8}		٠	
٦. البعد عن آبار المياه الجوفية وآبار مياه الشرب (م)		٠.٢٥	
٠ ـ ١٠٠		٦٥	
١٠٠ ـ ٥٠٠		٣٥	
أكبر من ٥٠٠		٠	
المجموع:			

الجدول (٣): مثال على تطبيق معايير تحديد الخطورة على مكبات النفايات الصلبة في الأردن غير الصحية/ غير الآمنة بيئياً

اسم المكب	سنة البدء بالعمل	عمر المكب (عام)	معدل كمية النفايات السنوية الداخلة للمكب لآخر ٧ سنوات (طن/عام)	مساحة المكب المستخدمة (م٢)	مورفولوجيا المكب	نوع التربة ونفاذيتها	عمق المياه الجوفية (م)	احتمالية وجود النفايات الخطرة أو الطبية	درجة الخطورة بناءً على معلومات المكب (١٠٠%)
الحصينيات	1986	33	51201	٢٠٦٠٦١	طرح النفايات على سطح الأرض ومن ثم طمرها	تربة رملية/ نفاذية عالية	150-200	احتمالية متوسطة لوجود الصناعات في المفرق	44.25 (خطورة عالية)
البادية الشمالية	2001	18	33531	٢١١١١	طرح النفايات على سطح الأرض ومن ثم طمرها	تربة رملية/ نفاذية عالية	٣٨٠	احتمالية قليلة ضمن النفايات المنزلية	37.75 (خطورة عالية)
الحمرة	1989	30	240800	١٠٣٣٣٣	طرح النفايات على سطح الأرض ومن ثم طمرها	تربة رملية/ نفاذية عالية	أكثر من ١٠٠٠م	احتمالية قليلة ضمن النفايات المنزلية	34.25 (خطورة عالية)
مأدبا	1973	46	150000	١٥٣٢٦١	طرح النفايات على سطح الأرض ومن ثم طمرها	طمي/ نفاذية متوسطة	أكثر من ١٠٠٠م	احتمالية قليلة ضمن النفايات المنزلية	28.25 (خطورة قليلة)
الضليل	1991	28	117010	١٢٩٤٦٤	طرح النفايات على سطح الأرض ومن ثم طمرها	تربة ناعمة/ نفاذية متوسطة	أكثر من ١٠٠٠م	احتمالية عالية لوجود المدن الصناعية في المنطقة	29.5 (خطورة متوسطة)
الأغوار الوسطى_دير علا	1998	21	72000	٧٣٣٣٣	طرح النفايات على سطح الأرض ومن ثم طمرها	تربة متفككة طوبار / نفاذية متوسطة	أكثر من ١٠٠٠م	احتمالية متوسطة لوجود المزارع في الأغوار واستخدام المبيدات والسماد	27.25 (خطورة قليلة)
غور المزرعة/البريكة	1997	22	5729	٥٢٢٧٣	طرح النفايات على سطح الأرض ومن ثم طمرها	تربة كلسية/نفاذية قليلة	٩أكثر من ١٠٠٠م	احتمالية متوسطة لوجود المزارع في الأغوار واستخدام المبيدات والسماد	13.75 (خطورة قليلة)
اللجون/الكرك	1996	23	48714	٤٨٠٠٠٠	طرح النفايات على سطح الأرض ومن ثم طمرها	تربة رملية/نفاذية عالية	250	احتمالية قليلة ضمن النفايات المنزلية	45 (خطورة عالية)

اسم المكب	سنة البدء بالعمل	عمر المكب (عام)	معدل كمية النفايات السنوية الداخلة للمكب لآخر ٧ سنوات (طن/عام)	مساحة المكب المستخدمة (م٢)	مورفولوجيا المكب	نوع التربة ونفاذيتها	عمق المياه الجوفية (م)	احتمالية وجود النفايات الخطرة أو الطبية	درجة الخطورة بناءً على معلومات المكب (١٠٠%)
غور الصافي/السومر	1996	23	6029	٢٠٨٧٠	طرح النفايات على سطح الأرض ومن ثم طمرها	خليط من تربة رملية و(حصى)/نفاذية عالية	أكثر من ١٠٠٠م	احتمالية متوسطة لوجود المزارع في الأغوار واستخدام المبيدات والسماد	26.75 (خطورة قليلة)
جرف الدراويش/الطفيلة	1985	34	38829	٢٣٣٦٧	طرح النفايات على سطح الأرض ومن ثم طمرها	تربة كلسية/نفاذية قليلة	٣أكثر من ١٠٠٠م	احتمالية قليلة ضمن النفايات المنزلية	17.5 (خطورة قليلة)
ايل	1983	36	14500	٥١٣٨٩	طرح النفايات على سطح الأرض ومن ثم طمرها	تربة رملية/ نفاذية عالية	60	احتمالية قليلة ضمن النفايات المنزلية	44.75 (خطورة عالية)
معان	1993	26	21357	٤٩٦٨٠	طرح النفايات على سطح الأرض ومن ثم طمرها	طمي/ نفاذية متوسطة	50	احتمالية قليلة ضمن النفايات المنزلية	٤٠.٧٥ (خطورة عالية)
القويرة	2000	19	8203	٤٢١٠٥	طرح النفايات على سطح الأرض ومن ثم طمرها	تربة رملية/ نفاذية عالية	أكثر من ١٠٠٠م	احتمالية قليلة ضمن النفايات المنزلية	25.5 (خطورة قليلة)
العقبة	2005	14	40000	٣٧٥٠٠	طرح النفايات على سطح الأرض ومن ثم طمرها	تربة رملية/ نفاذية عالية	أكثر من ١٠٠٠م	احتمالية قليلة ضمن النفايات المنزلية	29 (خطورة متوسطة)
الصفاوي	1995	24	2100	٢٥٠٠٠	طرح النفايات على سطح الأرض ومن ثم طمرها	تربة طينية متجانسة/نفاذية قليلة	أكثر من ١٠٠٠م	احتمالية قليلة ضمن النفايات المنزلية	12.5 (خطورة قليلة)
الرويشد	2001	18	15843	١٩٩٥٠٠	طرح النفايات على سطح الأرض ومن ثم طمرها	طمي /نفاذية متوسطة	300	احتمالية قليلة ضمن النفايات المنزلية	٢٣.٢٥ (خطورة قليلة)
الأزرق	1984	35	12775	١٥٤٢٩	طرح النفايات على سطح الأرض ومن ثم طمرها	تربة طينية متجانسة/نفاذية قليلة	٥٠	احتمالية قليلة ضمن النفايات المنزلية	28.75 (خطورة قليلة)
المدورة	2016	3	11880	٦٧	طرح النفايات على سطح الأرض ومن ثم طمرها	تربة طينية متجانسة/ نفاذية قليلة	أكثر من ١٠٠٠م	احتمالية قليلة ضمن النفايات المنزلية	9 (خطورة قليلة)