مـــوان MWAN
المركز الوطني لإدارة النفايات
National Center for Waste Management

الضوابط والأدلة الفنية

لتصميم وإنشاء وتشغيل منشآت المعالجة الفيزيائية - الكيميائية

Standards & Technical Guidelines

Design, Construction and Operation of Physical-Chemical Treatment Facilities

01 November 2024

REF# TG-WM-08

النسخة العربية (2)

فهرس المحتويات

1- الغرض والنطاق 8

1-1 الغرض 8

1-2 النطاق 8

2- المتطلبات التنظيمية 10

3- الأدوار والمسؤوليات 12

4- نظرة عامة على المعالجة الكيميائية-الفيزيائية 13

4-1 نظرة عامة على تقنية المعالجة 13

4-2 اعتبارات بيئية عامة 16

5- مواصفات الموقع ومتطلبات البنية التحتية 17

5-1 الضوابط والادلة الفنية بنية الموقع التحتية لمنشآت المعالجة الفيزيائية-الكيميائية 18

5-1-1 اعتبارات عامة لتحديد المواقع 18

5-1-2 تصريف المياه السطحية 18

5-1-3 المرافق والمنشآت 19

5-1-4 السياج والحماية 20

5-1-5 منطقة النفايات المرفوضة 20

6- متطلبات التصميم وأفضل التقنيات المناسبة المطبقة لمنشآت المعالجة الفيزيائية-الكيماوية 20

6-1 نظرة عامة وأداء العمليات الفيزيائية - الكيميائية 20

6-2 تقنيات منع الانبعاثات والسيطرة عليها 20

6-2-1 توجيه الانبعاثات في الهواء 21

6-2-2 خطة إدارة الروائح 25

6-2-3 الانبعاثات المنفلتة في الهواء 25

6-2-4 التصريف في المياه 27

6-2-5 إدارة المخرجات 33

6-2-6 كفاءة المواد والطاقة 33

6-3 تقنيات منع انبعاثات الضوضاء والاهتزازات والتحكم فيها 34

6-3-1 خطة إدارة الضوضاء والاهتزازات 34

6-3-2 تقليل الضوضاء والاهتزازات عند المصدر وخفض الضوضاء 34

6-4 تقنيات منع تلوث التربة والمياه وتقليله 35

6-5 أفضل التقنيات المناسبة لتحسين الأداء البيئي لكل نوع من أنواع المعالجة الفيزيائية - الكيميائية 36

6-5-1 المعالجة الفيزيائية - الكيميائية للنفايات الصلبة و/ أو المختلطة. 36

6-5-2 إعادة تكرير نفايات الزيوت 38
6-5-3 المعالجة الفيزيائية ـ الكيميائية للنفايات ذات القيمة الحرارية 39
6-5-4 تجديد المذيبات المستهلكة 39
6-5-5 غسل التربة الملوثة من الحفر بالمياه 41
6-5-6 تطهير المعدات المحتوية على ثنائي الفينيل متعدد الكلور 41
6-5-7 معالجة النفايات السائلة المرتكزة على المياه 43

7- التشغيل والصيانة 44

7-1 تقنيات تشغيلية لتحسين أداء منشآت المعالجة الفيزيائية ـ الكيميائية 44

7-1-1 القبول المسبق للنفايات 44
7-1-2 قبول النفايات 45
7-1-3 أخذ عينات النفايات 48
7-1-4 تتبع النفايات وجرد النفايات 49
7-1-5 إدارة جودة المخرجات لمعالجة النفايات 50
7-1-6 تقييم توافق النفايات 50

7-2 التدريب 52

7-2-1 متطلبات التدريب 52
7-2-2 تدريب الطوارئ 52

8- اعتبارات الصحة والسلامة 53

8-1 السياج والحماية 53

8-2 خطط إدارة الحوادث 53

9- المراقبة والتسجيل والإبلاغ 55

9-1 نظام الإدارة البيئية (EMS) 55

9-2 مراقبة مدخلات النفايات وحفظ السجلات 56

9-3 رصد سجلات الانبعاثات المحددة وحفظها 56

9-4 تقديم التقارير 58

فهرس الجداول

الجدول 4-1: طرق المعالجة الفيزيائية - الكيميائية حسب نوع النفايات 14
الجدول 6-1: طرق المعالجة الفيزيائية - الكيميائية ونوع التفريغ الخاص بها 21
الجدول 6-2: المعلمات والتردد لخفض الانبعاثات في الهواء والتحكم فيها 23
الجدول 6-3: التقنيات المستخدمة في قطاع معالجة النفايات لمنع أو تقليل أو التحكم في الانبعاثات إلى الهواء 23
الجدول 6-4: تقنيات التحكم في رصد الانبعاثات المنتشرة في الهواء وتقنيات المعالجة ذات الصلة التي تنطبق عليها 26
الجدول 6-5: طرق المعالجة الفيزيائية - الكيميائية، العوامل الرئيسة في النفايات السائلة المنتجة وتقنيات الحد من التصريف في المياه والتحكم في ذلك التصريف 27
الجدول 6-6: التقنيات المستخدمة في قطاع معالجة النفايات لمنع أو تقليل أو التحكم في الانبعاثات إلى المياه 31
الجدول 6-7: تقنيات لتقليل انبعاثات الغبار والمركبات العضوية والأمونيا في الهواء 37
الجدول 6-8: مستوى الانبعاث المصاحب للانبعاثات الموجهة للغبار في الهواء من المعالجة الفيزيائية - الكيميائية للنفايات الصلبة و/ أو المختلطة 38
الجدول 6-9: تقنيات تقليل كمية النفايات 38
الجدول 6-10: تقنيات تقليل انبعاثات المركبات العضوية 39
الجدول 6-11: أفضل التقنيات المتاحة- لمستوى الانبعاث الذي يمكن تحقيقه لانتشار المركبات العضوية في الهواء من إعادة تكرير نفايات الزيوت 39
الجدول 6-12: تقنيات لتحسين الأداء البيئي العام 40
الجدول 6-13: تقنيات تقليل انبعاثات المركبات العضوية في الهواء 40
الجدول 6-14: أفضل التقنيات المتاحة لمستوى الانبعاث الذي يمكن تحقيقه لانبعاثات المركبات العضوية في الهواء من عملية تجديد المذيبات المستهلكة 41
الجدول 6-15: تقنيات لتقليل انبعاثات الغبار والمركبات العضوية في الهواء من التخزين 41
الجدول 6-16: تقنيات لتحسين الأداء البيئي العام وتقليل الانبعاثات الموجهة من ثنائي الفينيل متعدد الكلور والمركبات العضوية إلى الهواء 42
الجدول 6-17: تقنيات تقليل انبعاثات حمض الهيدروكلوريك، الأمونيا، والمركبات العضوية في الهواء 43
الجدول 6-18: أفضل التقنيات المتاحة لمستوى الانبعاث الذي يمكن تحقيقه للانبعاثات الموجهة؛ من حمض الهيدروكلوريك ومركبات عضوية متطايرة إلى الهواء من معالجة النفايات السائلة المبنية على المياه 43
الجدول 9-1: المعلمات والحد الأدنى لتكرار رصد للانبعاثات في الهواء 56
الجدول 9-2: المعلمات والحد الأدنى لتكرار رصد للانبعاثات في المياه 57

قائمة الاختصارات

AOX	الهالوجينات العضوية القابلة للامتصاص
BAT	أفضل التقنيات المتاحة
BAT- AELs	أفضل التقنيات المتاحة ذات الصلة بمستوى الانبعاثات
BTEX	بنزين، تولوين، إيثيل بنزين، زيلين
COD	كمية الأكسجين اللازمة للأكسدة الكيميائية الكلية للمادة العضوية إلى ثاني أكسيد الكربون
EMS	نظام الإدارة البيئية
ESP	المرسب الكهروستاتيكي
FGT	معالجة غازات المداخن
HEPA	هواء جسيمات عالي الكفاءة
IR	اللائحة التنفيذية
ISO	المنظمة الدولية للتوحيد القياسي
KSA	المملكة العربية السعودية
MF	الترشيح الدقيق
MSDS	صحيفة بيانات سلامة المواد
NCWM	المركز الوطني لإدارة النفايات
NCEC	المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي
PCDD	ثنائي بنزوفيوران متعدد الكلور
PCDF	ثنائي بنزو باراديوكسين متعدد الكلور
PCB	ثنائي الفينيل متعدد الكلور
PCT	المعالجة الفيزيائية - الكيميائية
PFOA	حمض بيرفلورو الأوكتانويك
PFOs	بيرفلوروأوكتان السلفونيك
POPs	الملوثات العضوية الثابتة
PPE	معدات الحماية الشخصية
TG	الضوابط والأدلة الفنية
TOC	إجمالي الكربون العضوي
Total P	إجمالي الفسفور
TSS	إجمالي المواد الصلبة العالقة
TVOC	إجمالي الكربون العضوي المتطاير
UF	الترشيح الفائق
WM	إدارة النفايات
WML	نظام إدارة النفايات

التعريفات

المركز	المركز الوطني لإدارة النفايات.
الجهة المختصة	الجهة الحكومية المسؤولة عن إدارة النفايات تشغيليًّا وفق نص نظام خاص.
التفريغ	الإطلاق المادي للملوثات من خلال منفذ محدد (مُوجه) للنظام (على سبيل المثال: الصرف الصحي، المكدس، ثقب التصريف، منطقة التجميع، المصب).
التصريف	إزالة طبيعية أو صناعية للمياه السطحية وتحت السطحية من منطقة ما، بما في ذلك مسارات مياه الأمطار بالأودية، ومسارات تدفق المياه الجوفية.
الانبعاث	الانبعاث المباشر، أو غير المباشر للمواد، أو الاهتزازات، أو الحرارة، أو الضوضاء، من مصادر فردية أو منتشرة من المنشأة في الهواء أو المياه أو التربة.
النفايات الخطرة	النفايات المُصنفة على أنها نفايات خطرة بناءً على أحكام النظام واللائحة التنفيذية، الناتجة من الأنشطة الصناعية أو غير الصناعية التي تحتوي على مواد سامة، أو مواد قابلة للاشتعال، أو للتفاعل، أو مواد مسببة للتآكل، أو مواد مذيبة، أو مواد مزيلة للشحوم، أو الزيوت، أو مواد ملونة، أو رواسب عجينية، أو أحماض وقلويات.
الوزير	وزير البيئة والمياه والزراعة، ورئيس مجلس إدارة المركز.
الرشيح	يتكون الرشيح من سائل يستخلص المواد المذابة، أو المواد الصلبة العالقة، أو أي مكون آخر من النفايات المتراكمة التي يمر من خلالها.
المفتش و/ أو المفتشون	الأشخاص الذين يصدر بتحديدهم قرار من الوزير؛ لتولّي ضبط مخالفات أحكام النظام واللائحة التنفيذية وإثباتها والتحقيق فيها. مجتمعين أو منفردين.
الرخصة	إذن مكتوب يُصدره المركز، للقيام بأي نشاط يتعلق بإدارة النفايات، وذلك وفقاً لما يحدده النظام واللائحة التنفيذية.
خطة إدارة الروائح	تُعدُّ خطة إدارة الروائح جزءاً من نظام الإدارة البيئية (EMS) المرفق (المنشأة) وتتضمن عناصر لمنع أو تقليل الروائح الكريهة.
اللائحة	اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات.
خطة إدارة النفايات	عبارة عن مجموعة من التدابير لتحسين إنتاج النفايات الناتجة عن معالجة النفايات؛ لتحسين إعادة الاستخدام والتجديد و/ أو التدوير و/ أو استعادة النفايات وإنشاء طريقة للتخلص المناسب من النفايات الداخلية أو النفايات.
الحمأة	الحمأة المتبقية من محطات معالجة الصرف الصحي أو الصرف الصناعي، وأي محطات أخرى لمعالجة الصرف الصحي، التي تكون مشابهة في التركيب للصرف الصحي، أو الصرف الصناعي، أو الحمأة المتبقية من خزانات الصرف الصحي وأي تجهيزات أخرى مشابهة لمعالجة-الصرف الصحي؛ أو غير ذلك من أنواع الحمأة المتبقية من محطات معالجة الصرف الصحي أو خزانات الصرف الصحي أو أي تجهيزات أخرى مشابهة لمعالجة الصرف الصحي.
التخزين	حفظ مكونات النفايات أو بعضها مؤقتاً؛ لنقلها أو للاستفادة منها لاحقًا.

المعالجة	استخدام الوسائل الفيزيائية، أو البيولوجية، أو الكيميائية، أو مزيج من هذه الوسائل، أو غيرها؛ لإحداث تغيير في خصائص النفايات من أجل تقليل حجمها، أو تسهيل عمليات التعامل معها عند إعادة استخدامها أو تدويرها، أو استخلاص بعض المنتجات منها أو لإزالة الملوثات العضوية وغيرها؛ من أجل التخفيض أو الاستفادة من بعض مكونات النفايات أو القضاء على احتمال تسببها بالأذى للإنسان أو البيئة.
إدارة النفايات	تنظيم أي نشاط أو ممارسة تتعلق بالنفايات من جمع النفايات ونقلها وفرزها وتخزينها ومعالجتها وتدويرها واستيرادها وتصديرها والتخلص الآمن منها، بما في ذلك العناية اللاحقة بمواقع التخلص الآمن من النفايات.
مُنْتِج النفايات	الشخص المُنتِج لنفايات مصنفة بناء على أحكام نظام إدارة النفايات ولائحته التنفيذية.
مُقدِّم الخدمة	الشخص المرخص له أو المصرح له بمزاولة نشاط من أنشطة إدارة النفايات.

1- الغرض والنطاق

1-1 الغرض

تقُدم هذه الوثيقة مجموعة من الضوابط والادلة الفنية؛ حول اختيار أفضل التقنيات والممارسات المناسبة المتعلقة بالمعالجة الفيزيائية - الكيميائية للنفايات، بناءً على السياق الاقتصادي والبيئي والاجتماعي المحلي في المملكة العربية السعودية. لاختيار البديل الأفضل. تؤخذ المعايير التالية بعين الاعتبار:

- الحد الأدنى من التكلفة التشغيلية ورأس المال.
- استدامة العمليات.
- الجدوى الفنية.
- التدوير.
- الآثار والمخاطر البيئية.
- الامتثال لنظام إدارة النفايات ولائحته التنفيذية.

تهدف هذه الوثيقة إلى تقديم الضوابط والأدلة الفنية لجميع أصحاب المصلحة، بما يتعلق بأنشطة المعالجة الفيزيائية - الكيميائية للنفايات. تشمل الأنشطة على سبيل المثال ما يلي:

- تصميم وإنشاء وتشغيل منشآت المعالجة.
- تدابير منع التلوث البيئي والحد منه والسيطرة عليه.
- تصميم برنامج الرصد البيئي وتنفيذه.
- الإدارة السليمة للمنتجات الثانوية وتيارات النفايات المنتجة.

2-1 النطاق

تُعدُّ الإدارة الفعالة والسليمة للنفايات جزءاً أساسياً نحو التوجه إلى الاقتصاد الدائري، وتعتمد على منهجية "التسلسل الهرمي لإدارة النفايات" الذي يحدد ترتيب الأولويات التالي:

- الحدّ من النفايات

- (التحضير) إعادة الاستخدام.

- التدوير.

- الأسترداد.

- التخلص على أنه الخيار الأقل تفضيلاً.

ومع ذلك، فإن المنتجات الثانوية متأصلة في أي عملية صناعية ولا يمكن تجنبها عادة. إضافة إلى ذلك، يؤدي استخدام المنتجات من قبل المجتمع إلى وجود بقايا. في كثير من الحالات لا يمكن إعادة استخدام هذه الأنواع من المواد (المنتجات الثانوية والنفايات) بوسائل أخرى، وقد تصبح غير قابلة للبيع. عادة ما يُنظر في هذه المواد لمزيد من المعالجة.

تكمن الأسباب الأساسية لمعالجة النفايات فيما يلي:

- الحد من طبيعة النفايات الخطرة.
- استرداد الموارد والمواد المتأصلة.
- تقليل كمية النفايات التي يجب إرسالها أخيراً للتخلص منها.
- تحويل النفايات إلى مادة مفيدة قابلة لإعادة الاستخدام.

تغطي هذه الضوابط والأدلة الفنية المعالجة الفيزيائية - الكيميائية للنفايات. ونظراً لطبيعة العمليات الفيزيائية - الكيميائية، تطبق هذه الضوابط والأدلة الفنية بشكل أساسي على فئات النفايات التالية:

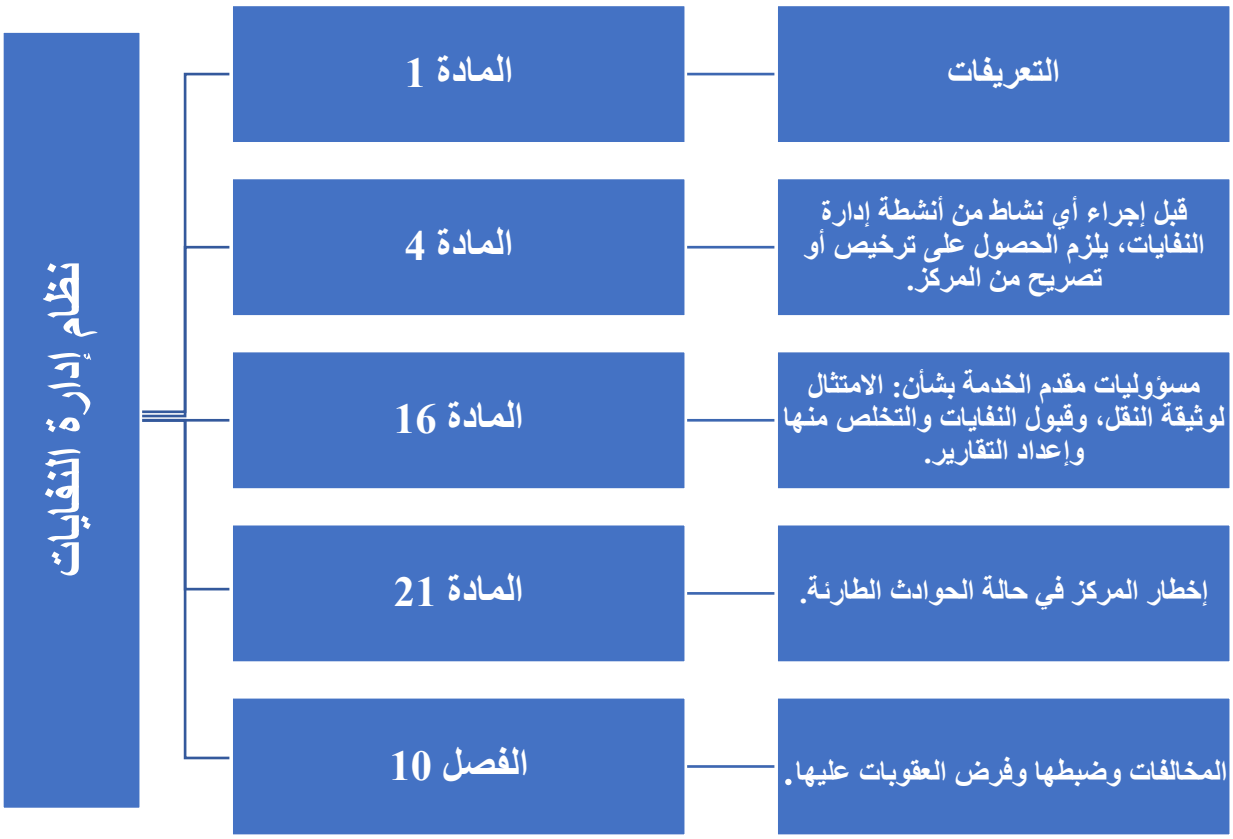
- النفايات الصلبة و/ أو المختلطة.
- الزيوت الصناعية المستعملة.
- مكونات الحد من التلوث (المرشحات).
- نفايات معالجة غاز المداخن (FGT).
- المذيبات المستهلكة.
- التربة الملوثة المحفورة.
- النفايات السائلة.
- النفايات التي تحتوي على ملوثات عضوية ثابتة (POPs) أو زئبق ونفايات أخرى.

لا تنطبق هذه الضوابط والأدلة الفنية على الصرف الصحي، أو النفايات المشعة، أو النووية، أو العسكرية، وبالتالي ليست ضمن اختصاص المركز الوطني لإدارة النفايات.

2- المتطلبات التنظيمية

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

وضمن هذا الإطار، يُنصح مستخدمو هذه الضوابط والادلة الفنية الموضحة أدناه، بالرجوع إلى نظام إدارة النفايات ولائحته التنفيذية[21].

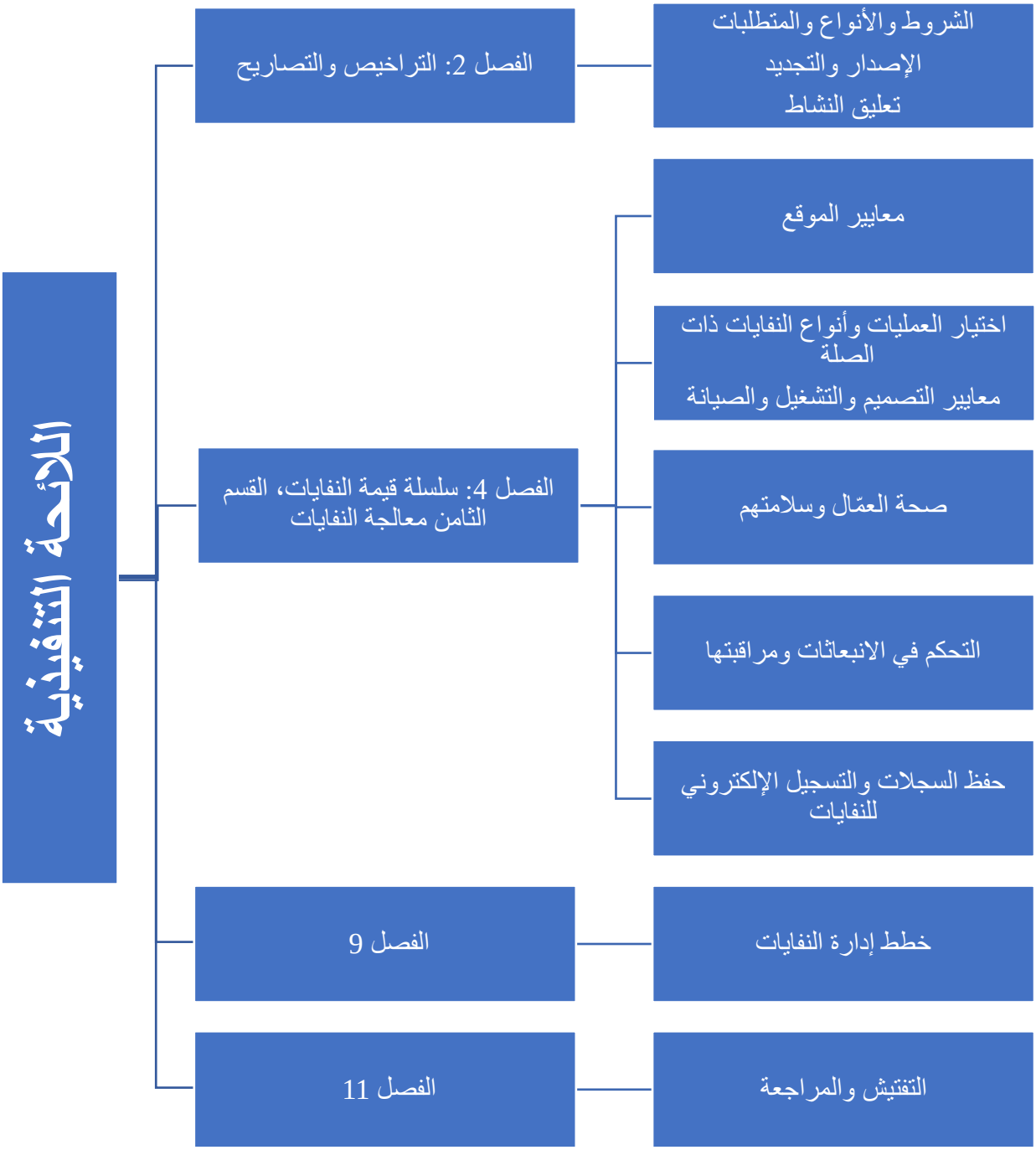


المصطلحات المستخدمة في هذه الضوابط والأدلة الفنية لها نفس المعاني الواردة في نظام إدارة النفايات. على وجه التحديد، مصطلح المعالجة، وفقاً لنظام إدارة النفايات، له معنى إحداث تغيير في مواصفات النفايات. تحدث هذه التغييرات لغرض:

- تقليل حجم النفايات.
- تسهيل عمليات معالجتها عند إعادة استخدامها أو تدويرها أو استخلاص بعض المنتجات منها.
- إزالة الملوثات العضوية، والمعادن السامة/ الخطرة.
- تقليل أو استخدام بعض مكونات النفايات.

[1] (نظام إدارة النفايات، المملكة العربية السعودية لعام 2021).
[2] (اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات لعام 2021).

- استبعاد إمكانية إلحاق الضرر بالإنسان أو البيئة المحيطة.



3- الأدوار والمسؤوليات

الأطراف المشاركة في إدارة النفايات على النحو المحدد في نظام إدارة النفايات تشمل: الجهة المختصة (المركز)، ومنتجي النفايات، ومقدمي خدمات النفايات (بموجب هذا النظام فقط لمنشآت المعالجة). الأدوار والمسؤوليات مفصلة في ما يلي.

الأدوار والمسؤوليات

المركز	■ إصدار ترخيص المعالجة الفيزيائية - الكيميائية وفق الضوابط التي يحددها النظام ولائحته التنفيذية. ■ مراقبة إلتزام مزودي الخدمة بأحكام النظام ولائحته التنفيذية، وشروط وأحكام ترخيصهم عن طريق المفتشين الذين يُصدر الوزير قراراً بتعيينهم.
مُنْتِجو النفايات	■ تصنيف النفايات حسب أحكام اللائحة التنفيذية بناءً على مخاطرها وآثارها على الصحة العامة والبيئة؛ وتحديد الشروط والأحكام اللازمة لذلك. ■ التأكد من التصنيف الصحيح للنفايات. ■ نقل النفايات إلى مرافق المعالجة المرخصة عبر مقدمي خدمة النقل المرخصين. ■ الإبلاغ عن البيانات للمركز.
مقدمو الخدمة	■ التحقق من صحة تفاصيل بيان النفايات، والتأكد من أنها تقع ضمن الترخيص الصادر لمرفق المعالجة الفيزيائية - الكيميائية. ■ رفع تقارير دورية إلى المركز حسب الضوابط التي تحددها اللائحة. ■ الاحتفاظ بسجل كافٍ وحديث لعملياته، وتقديمه على أساس شهري إلى المركز. ■ توفير التدريب الكافي للموظفين المعينين، لضمان أعلى مستوى من المهارات والمؤهلات. ■ ضمان الإدارة السليمة والآمنة للمنتجات الثانوية والنفايات الناتجة عن عمليات المعالجة الفيزيائية - الكيميائية للنفايات، وفقاً للأنظمة والتعليمات المعمول بها بواسطة المركز.
المشغلون	■ تنفيذ نظام المراقبة الذاتية للمصنع من الناحية التقنية، ونوعية العوامل البيئية ذات المراقبة الذاتية، وتحمل تكاليفها. ■ المسؤولية عن الصيانة والإشراف والمراقبة وفقاً للترخيص ذي الصلة و/ أو التراخيص أو التصاريح الأخرى المطلوبة، بموجب القانون واللوائح والضوابط الفنية ذات الصلة التي يصدرها المركز. ■ إبلاغ المركز بالإخطارات في غضون 24 ساعة - كحد أقصى - من اكتشاف أي آثار بيئية سلبية كشفت عنها المراقبة الذاتية. ■ تقديم الضمانات المالية لضمان الوفاء بالتزاماتهم.
المستثمرون	■ الالتزام برأس المال، مع توقع الحصول على عوائد مالية.

4- نظرة عامة على المعالجة الفيزيائية الكيميائية

تتألف المعالجة الفيزيائية والكيميائية للنفايات من عملية أو مجموعة من العمليات، التي تهدف إلى تكييف الخصائص الفيزيائية - الكيميائية للنفايات، من أجل إنتاج مادة غير ضارة أو أقل خطورة - كلما كان ذلك مناسباً - مع تقليل حجمها، أو فصل المكونات المختلفة لتسهيل معالجتها أو التخلص منها.

كما يوجد عدد من الأنشطة الإضافية المهمة المرتبطة بمعالجة النفايات، مثل قبول النفايات وتخزينها، سواء المعالجة المعلقة في الموقع أو إزالتها خارج الموقع، التي لا يمكن تجنبها لتحقيق الغرض من معالجة النفايات.

يمكن أن يكون مفهوم المنشأة المخصصة لإدارة النفايات إما في موقع النفايات لمعالجة النفايات الخاصة أو في منشآت تجارية خارج الموقع تقبل النفايات للمعالجة والتخلص منها. مثلما توجد أنواع كثيرة من النفايات، هناك كثير من الطرق التي يمكن من خلالها إدارة النفايات. على سبيل المثال: يوجد ما لا يقل عن 50 تقنية مطبقة تجارياً لمعالجة النفايات الخطرة. يُمكن أن تعمل منشأة النفايات بتقنية واحدة فقط، أو أن تجمع بين تقنيات متعددة، لا سيما إذا كانت منشأة تجارية تخدم عدداً من مولدات النفايات.

هناك بعض الاختلافات بين منشأة تجارية نموذجية خارج الموقع؛ ومنشأة تجارية داخل الموقع، متخصصة عادةً في معالجة نوع معين من النفايات. ينبع هذا جزئياً من حقيقة أن أي منشأة خارج الموقع تقبل النفايات من خارج المجتمع المحلي، في حين أن المنشأة الموجودة داخل الموقع تتعامل فقط مع تلك النفايات الناتجة عن نشاط اقتصادي طويل الأمد ومهم في المجتمع من منظور تقني، فإن المنشأة خارج الموقع تتعامل - عموماً - مع نطاق أوسع من أنواع النفايات، وعادةً ما تكون أكبر وأكثر تعقيداً.

ومع ذلك، في أي حال من الأحوال لا يحق لمنشأة المعالجة الفيزيائية والكيميائية؛ ممارسة أي نشاط متعلق بالنفايات ما لم يصدر ترخيص النشاط من المركز.[3]

4-1 نظرة عامة على تقنية المعالجة

تشير المعالجة الفيزيائية والكيميائية للنفايات إلى تقليل طبيعتها الخطرة. حيث تساعد المعالجة الفيزيائية - الكيميائية كذلك على استعادة المنتجات الثانوية ذات القيمة من النفايات الخطرة؛ وبالتالي، فهي تقلل من التكاليف الإجمالية للتخلص من النفايات. كما أن هناك الكثير من العمليات والتقنيات المطبقة في القطاع ذي الصلة.

من حيث المبدأ، يمكن تطبيق جميع خيارات المعالجة على النفايات الصلبة و/ أو المختلطة. ومع ذلك، يمكن أن تختلف خصائص المواد المعالجة وفعالية تقنية المعالجة اختلافاً كبيراً، اعتماداً على الخصائص المحددة لمدخل النفايات الأصلي، ونوع نظام التنظيف المطبق.[4]

ينبغي اختيار أفضل التقنيات المناسبة للمعالجة الفيزيائية - الكيميائية لخصائص النفايات، وكذلك الناتج المرغوب من العملية. فلكل غرض توجد عدة خيارات، منها على سبيل المثال ما يلي:

- التجميد الكيميائي (التثبيت، التصلب).
- الاستخلاص بالمذيبات.

---

[3] (اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات لعام 2021).

[4] (لجنة تنفيذ القرار (الاتحاد الأوروبي) 1147/2018. استنتاجات أفضل التقنيات المتاحة (BAT) لمعالجة النفايات، بموجب التوجيه EU /75/2010 الصادر عن البرلمان الأوروبي والمجلس لعام 2018).

- التحييد.
- الترسيب.
- التبخر.
- الترشيح، وما إلى ذلك.

يعرض الجدول 4-1 اختيار العملية حسب نوع النفايات في مرحلة المعالجة الفيزيائية - الكيميائية. يمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات حول العمليات المختلفة ونتائجها في القسم 6-1-2.

الجدول 4-1: طرق المعالجة الفيزيائية - الكيميائية حسب نوع النفايات.

نوع النفايات	طريقة المعالجة	موجز عن التقنية المستخدمة
نفايات صلبة و/ أو مختلطة	التثبيت الكيميائي: - المثبت - التصلب	التقليل إلى أدنى حد من معدل انتقال الملوثات إلى البيئة و/ أو تقليل مستوى سُمّية الملوثات، لتغيير أو تحسين خصائص النفايات بحيث يمكن التخلص منها. الحد من سمية النفايات والتنقل، وكذلك تحسين الخصائص الهندسية للمادة المستقرة.
الزيوت الصناعية المستعملة	إعادة التكرير	معالجة نفايات الزيوت لتحويلها إلى مادة يمكن إعادة استخدامها أو استخدامها كزيت أساسي لإنتاج زيوت التشحيم.
مكونات الحد من التلوث: **استنفاد راتنجات التبادل الأيوني للكربون المنشط محفزات النفايات**	التبادل الأيوني	إزالة المكونات الأيونية غير المرغوبة أو الخطرة واستبدالها بأيونات مقبولة أكثر من راتنج التبادل الأيوني؛ حيث يُحتفظ بالأيونات غير المرغوب فيها مؤقتاً، ثم تُطلق بعد ذلك في سائل تجديد أو غسيل عكسي.
رواسب نفايات غاز المداخن	التحييد	هو العملية التي يتفاعل فيها الحمض والقاعدة كمياً مع بعضهما البعض.
	التبخر/ التجفيف	إحدى تقنيات فصل المواد الصلبة والسائلة الرئيسية. إزالة المياه بغلي أو تسخين المحلول.
	الترشيح	فصل المواد الصلبة من الصرف الصحي الذي يمر عبر وسط مسامي (غشاء).
	استخراج الحمض	إزالة جزء كبير من إجمالي كمية المعادن الثقيلة من مدخلات النفايات (الكادميوم والزنك والرصاص والنحاس والزئبق).
المذيبات المستهلكة	التقطير - تبخر بغشاء رقيق - تبخر قصير المسار - التقطير الومضي أحادي المرحلة - تقطير متعدد المراحل - التقطير بالضغط المتأرجح	التبخر الجزئي لمرحلة سائلة، متبوعاً بتكثيف البخار.

نوع النفايات	طريقة المعالجة	موجز عن التقنية المستخدمة
	- التقطير الأزيوتروبي - التقطير الاستخراجي	
	التبخر خارج الغشاء	فصل مخاليط السوائل عن طريق التبخير الجزئي من خلال غشاء غير مسامي أو مسامي يعمل الغشاء خلاله على أنه حاجز انتقائي بين الطور السائل ومرحلة البخار.
	الترشيح	فصل المواد الصلبة من الصرف الصحي التي تمر عبر وسط مسامي (غشاء).
	الترسيب/ التنقية	فصل الجسيمات العالقة عن المواد العائمة عن طريق الترسيب التثاقلي.
	التبخر/ التجفيف - تبخر بغشاء رقيق	إحدى تقنيات فصل الصلبة والسائلة الرئيسة. إزالة المياه بغلي أو تسخين المحلول.
	غسل التربة	عملية خارج الموقع، تُحفر فيها التربة الملوثة وتُغذى من خلال عملية غسل تعتمد على المياه.
	استخراج البخار	إزالة المكونات العضوية المتطايرة من النفايات الملوثة عن طريق خلق تدفق هواء كافٍ تحت سطح الأرض؛ لإزالة الملوثات من منطقة الفادوز (غير المشبعة) بالتطاير.
	الاستخلاص بالمذيبات	فصل المواد الصلبة؛ حيث تُذاب المادة الملوثة الموجودة في النفايات الخطرة بمادة كيميائية سائلة أو سوائل فوق الحرجة، ما يقلل من تركيزها في النفايات.
النفايات السائلة	التبخر/ التجفيف	إحدى تقنيات فصل المواد الصلبة والسائلة الرئيسية. إزالة المياه بغلي أو تسخين المحلول.
	الأكسدة/ الاختزال	استخدام العامل المؤكسد لأكسدة الملوثات العضوية.
	الترشيح	فصل المواد الصلبة من الصرف الصحي التي تمر عبر وسط مسامي (غشاء).
	الطرد المركزي	إحدى تقنيات فصل المواد الصلبة والسائلة الرئيسية.
	الترسيب	فصل الجسيمات العالقة عن المواد العائمة عن طريق الترسيب التثاقلي.
	الترسيب/ التلبد	عملية إنشاء كتلة صلبة غير قابلة للذوبان/ عملية إنشاء ركام صلب من جسيمات صغيرة.
	التبادل الأيوني	إزالة المكونات الأيونية غير المرغوبة أو الخطرة واستبدالها بأيونات مقبولة أكثر من راتنج التبادل الأيوني؛ حيث تُحفظ الأيونات غير المرغوب فيها مؤقتاً، ثم تُطلق بعد ذلك في سائل تجديد أو غسيل عكسي.
النفايات المحتوية على ملوثات عضوية ثابتة أو زئبق ونفايات أخرى	إزالة الكلور بالقلويات المعدنية	تفاعل القلويات المعدنية مع ذرات الكلور الموجودة في المركبات المكلورة.
	إزالة الكلور بالبوتاسيوم والبولي إيثيلين جلايكول (KPEG)	تفاعل هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) والبولي إيثيلين جلايكول (PEG) مع ذرات الكلور الموجودة في المركبات المكلورة.
	هدرجة الملوثات العضوية الثابتة	تفاعل الهيدروجين مع المركبات العضوية المكلورة أو الملوثات العضوية غير المكلورة، مثل الهيدروكربونات الأروماتية متعددة الحلقات، في درجات حرارة عالية.

نوع النفايات	طريقة المعالجة	موجز عن التقنية المستخدمة
	عملية الإلكترون المذاب	تحول ملوثات الإلكترونات الحرة في محلول إلكتروني مذاب إلى مواد وأملاح غير ضارة نسبياً.

2-4 اعتبارات بيئية عامة

للنفايات مكونات متنوعة، ويكون نطاقها المحتمل أمراً مهماً. هذا التباين في المكونات والتركيب، قد يؤدي إلى انبعاثات مختلفة من عمليات معالجة النفايات.

تشمل القضايا البيئية الناتجة عن معالجة النفايات:

- انبعاثات المواد الجسيمية الغبار والجسيمات في الهواء (على سبيل المثال بسبب عملية المناولة). كما تنبعث المركبات العضوية بشكل شائع.
- تصريف الملوثات في المياه تشمل الزيادة النموذجية في الملوثات على النيتروجين الكلي، والكربون العضوي الكلي، والفوسفور الكلي، وإجمالي المواد الصلبة العالقة.
- المخرجات. بشكل عام، المخرجات من منشآت معالجة النفايات هي نفايات معالجة. ومع ذلك، تتخذ هذه المخرجات أحد نوعين. يشير أحدهما إلى النفايات المعالجة (التي تُمثّل عادةً الجزء الرئيس من المخرجات)، التي في بعض الحالات يمكن إعادة استخدامها في مكان آخر. أما النوع الآخر، فيُمثّل بالنفايات الناتجة عن عملية المعالجة نفسها.
- تلوث التربة والمياه الجوفية. في الماضي، كانت المعالجة غير المتكاملة للنفايات هي السبب وراء تلوث التربة، كما كان الحال في كل القطاعات الصناعية تقريباً. وكما هو الحال في الكثير من الصناعات الأخرى، فإن معالجة النفايات لا تعد حالياً نشاطاً يؤدي إلى تلوث التربة.

وفقاً للعملية ونوع النفايات المستخدمة، طُورت إجراءات وقائية مثل الاحتفاظ، وعدم التسرب، ومراقبة المياه الجوفية؛ من أجل منع تلوث التربة والمياه الجوفية، والسيطرة عليه.

نُوقشت القضايا المذكورة أعلاه بمزيد من التفصيل في الفصول 6-10 من هذه الضوابط الفنية والأدلة.

5- مواصفات الموقع ومتطلبات البنية التحتية

توفر المادة 95 من القسم 8 (الفصل 4) من اللائحة التنفيذية، الضوابط والأدلة الفنية العامة لاختيار موقع منشآت النفايات، بما في ذلك منشآت المعالجة الفيزيائية - الكيميائية. من ضمنها:

- مراعاة المسافة بين الموقع المقترح للمعالجة ومواقع إنتاج وجمع وتخزين النفايات.
- مراعاة توفر البنية التحتية والطرقات لضمان سهولة الوصول الى الموقع في جميع فصول السنة وأثر المرفق على حركة المرور بالمنطقة.
- يجب الابتعاد عن المواقع التاريخية والمحميات.
- يجب أن تكون المساحة مناسبة لاستيعاب جميع النفايات المتولدة على مدى دورة حياة المرفق.
- يجب البعد عن المواقع ذات الانحدار الشديد حيث يفضل الأراضي المنبسطة وغير المرتفعة.
- يجب أن يكون الموقع بعيداً عن الأودية والشعاب ومجاري السيول والشواطئ والمسطحات المائية ومصادر المياه بحيث ألا تسبب في تلوث أي مصدر للمياه.
- يجب ألا يكون الموقع في أراضٍ يكون منسوب المياه الجوفية بها عاليا أو في الأراضي السبخة.
- يجب مراعاة العناصر المناخية، مثل الاتجاه السائد للرياح، وسرعتها، حيث يجب أن يكون المرفق في عكس اتجاه الريح السائدة في المنطقة.
- يجب أن يكون الموقع بعيداً عن الأراضي المستخدمة حالياً أو المخططة لأغراض تنموية مثل المناطق العمرانية والتجارية أوالزراعية والصناعية.
- في حال اختيار موقع لمردم لا بد من توفر التربة المناسبة والكافية لتغطية النفايات مع مراعاة أن تكون التربة متماسكة وذات نفاذية منخفضة.
- مراعاة أن يكون الموقع بعيداً عن أبراج وخطوط الكهرباء والسكك الحديدية والمطارات وخطوط أنابيب المرافق والطرق السريعة بقدر الإمكان.
- أي ضوابط أو متطلبات أخرى يصدرها المركز.
- وللمركز الاستثناء من أي ضابط من هذه الضوابط بحسب طبيعة المشروع

وفقاً للمادة 97 من اللائحة التنفيذية، يُحظر إنشاء منشأة معالجة فيزيائية وكيميائية في المواقع والمناطق التالية:

- المواقع المجاورة للأراضي المشمولة في مخططات التطوير مثل: مناطق التوسع الحضري أوالتجاري أوالزراعي.
- الواقعة في الأودية مسارات الأودية، والشعاب المرجانية، ومسارات مياه الأمطار؛ حيث قد تؤدي معالجة النفايات والتخلص منها إلى تعريض مياه الأمطار للتلوث، نتيجة مرور مياه الأمطار عبر النفايات المخزنة بمرفق المعالجة، مما قد يؤدي الى تسربها للتربة التحت سطحية.
- المواقع التي تتسم بضحالة منسوب المياه الجوفية لا سيما في المناطق التي تُستخدم فيها تلك المياه لأغراض الزراعة أو الشرب.
- المواقع الموجودة في أماكن شديدة الانحدار.
- المواقع الموجودة ضمن المناطق ذات الاهمية التاريخية أو المحميات الطبيعية أو المحميات البيئية.
- المناطق المتاخمة للمطارات الخاضعة لتصنيف الهيئة العامة للطيران المدني.

- أي منطقة أخرى تعدها الجهات المختصة غير صالحة لإنشاء مرفق بها لمعالجة النفايات والتخلص منها.

1-5 الضوابط والأدلة الفنّية لبنية الموقع التحتية لمنشآت المعالجة الفيزيائية - الكيميائية

في ما يلي الضوابط والأدلة الفنية لبنية الموقع التحتية، بما يتعلق بمنشآت المعالجة الفيزيائية - الكيميائية:

1-1-5 إعتبارات عامة لتحديد المواقع

يجب إنشاء وتنظيم منشآت المعالجة الفيزيائية - الكيميائية، بما يتوافق مع الإستخدامات المتوقعة للأرض الموجودة داخلها. يُعرف هذا الشكل من التنظيم والتخطيط المكاني باسم "تقسيم المناطق".[5]

يساعد تقسيم المناطق عن طريق تشجيع ما يتوفر داخل الموقع من البنية التحتية للمنشآت واستخدامها، على سبيل المثال بجمع النفايات ومعالجتها، وشبكات النقل الداخلية وغيرها من المرافق. كما أنه يسهّل دوران المركبات والمشاة من خلال تمكين أنماط حركة واضحة.

تستند خرائط تقسيم مرافق المعالجة الفيزيائية والكيميائية على محددات رئيسية للموقع، مثل شكل الحدود (المحيط)، ومميزات الموقع المادية، والمساحات المتاحة، والاعتبارات البيئية، والظروف المناخية الدقيقة، والتوافق المجتمعي، والمناطق المحيطة، وإمكانية الوصول، ووسائل النقل، والرؤية.

يُعدّ استخدام الأراضي الحالية والمجاورة من الاعتبارات الحاسمة في تحديد استخدامات الأراضي وتقسيم المناطق القريبة والمستقبلية.

إن تصميم المناطق داخل منشأة المعالجة الفيزيائية والكيميائية بطريقة تُشجّع على التعايش الصناعي، من شأنه أن يُتيح استخدام المواد والمياه الصناعية والمنتجات الثانوية للطاقة.

يمكن تحقيق تحسين كفاءة الطاقة عن طريق تحفيز وتسهيل "تكافل الطاقة" والتعاون بين السكان. ويُتوقع نقل الطاقة الفائضة (على سبيل المثال: الحرارة والبخار والمياه الساخنة، وما إلى ذلك) من مرفق إلى شركات أخرى، إما داخل مرفق المعالجة الفيزيائية والكيميائية أو في المجتمعات المجاورة.

يُعدّ الفصل بين الأنشطة الملوثة وغير الملوثة ممارسة أخرى لتقسيم المناطق.

يتعين أن يكون معمل المعالجة الفيزيائية والكيميائية ضمن المخططات المعتمدة كمناطق صناعية، وأن يتناسب حجمه مع حجم العمل وكمية الإنتاج، حسب المناطق المعتمدة في المخططات الصناعية.[6]

2-1-5 تصريف المياه السطحية

تَنتُج المياه السطحية عن جريان مياه الأمطار، فتُجمع عبر كتلة النفايات، الأمر الذي يستلزم تصريفها بشكل منفصل. وبحال وجود مياه ملوثة، يتم نقلها إلى منشأة المعالجة، بينما يتم التخلص من جريان مياه السيول إلى المصب الطبيعي.

قبل مرحلة التطوير، لا بدّ من أن يؤخذ تصميم نظام الصرف بعين الاعتبار. وللتأكد من سلامة شبكات الصرف، يجب فحصها على فترات سنوية طوال العمر التشغيلي للمنشأة.

---

[5] (منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية، المبادئ التوجيهية الدولية للمناطق الصناعية لعام 2019).
[6] (اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات لعام 2021).

3-1-5 المرافق والمنشآت

من أجل ضمان صحة وسلامة العاملين في الموقع، ولتمكين التحكم في العمليات في الموقع، يجب توفير المرافق والمنشآت التالية - جنباً إلى جنب - مع المعدات المناسبة في كافة منشآت المعالجة الفيزيائية - الكيميائية[7]:

- إمدادات المياه:
  - كمية كافية من المياه الصالحة وغير الصالحة للشرب، مع شبكات توزيع منفصلة.
  - محطة ضخ مياه.

- إمدادات الطاقة:
  - محطات التوزيع الفرعية في مواقع استراتيجية مع شبكة من الكابلات الأرضية أو الخطوط الهوائية.

- إنارة الشوارع:
  - إنارة الشوارع بالطريقة التقليدية أو بالطاقة الشمسية.
  - إنارة بطرق ذكية موفِّرة للطاقة.

- الصرف الصحي:
  - أنظمة تجميع وتخزين الصرف الصحي والنفايات السائلة.
  - أنظمة إزالة الملوثات من الصرف، وجريان مياه الأمطار من خلال المعالجة الأولية للنفايات السائلة.
  - نظام توزيع المياه المعالجة والمعاد تدويرها.

- الاتصال بتكنولوجيا المعلومات والاتصالات ومرافق الإسكان المبنية على تكنولوجيا المعلومات والاتصالات:
  - خدمة الواي فاي والإنترنت عالية السرعة.
  - نظام بنية تحتية قوي للبيانات.
  - نظام اتصالات داخل منشأة المعالجة الفيزيائية - الكيميائية.

- السلامة والأمن:
  - مركز الرعاية الصحية والمرافق الطبية.
  - مركز/ مراكز الاستجابة للطوارئ (بما في ذلك الحوادث، والإسعافات الأولية، والحرائق، والمواد الكيميائية، والمخاطر والحوادث الأمنية، والكوارث الطبيعية، والأزمات، وما إلى ذلك).
  - البنية التحتية للسلامة العامة، بما في ذلك أنظمة المراقبة والإضاءة.

[7] (منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية، المبادئ التوجيهية الدولية للمناطق الصناعية لعام 2019).

5-1-4 السياج والحماية

إن بناء سياج حول محيط منشأة المعالجة الفيزيائية - الكيميائية، أمرٌ بالغ الأهمية، ويهدف إلى الحدِّ من التعدي على الموقع، وتوفير حاجز للمنشأة، ووضع حدود على الممتلكات، وتوفير التحكم في حال حدوث حريق بالنفايات. وعند البناء يجب أن لا يقل ارتفاع الأسوار عن مترين حول محيط الموقع بالكامل، كما يتعيّن وضع اللافتات المناسبة لردع المتسللين.

5-1-5 منطقة النفايات المرفوضة

يجب تخصيص مساحة من الموقع للسماح بالفصل المؤقت لكميات النفايات المشتبه بها أو المحترقة أو غير المقبولة التي تدخل الموقع، ومن المهمّ أن تكون هذه المنطقة بعيدة عن المناطق الرئيسية التي يرتادها الأفراد، ومُجهّزة بمعدات مكافحة الحرائق تحسّباً لأي طارئ في حالة حرق حمولات النفايات.

ولضمان عدم وجود خلط غير مقصود لمكونات النفايات، يُستحسن تمييز هذه المنطقة - بشكل واضح - بالرجوع إلى الغرض المطلوب منها.

6- متطلبات التصميم وأفضل التقنيات المناسبة المطبقة لمنشآت المعالجة الفيزيائية - الكيمائية

6-1 نظرة عامة وأداء العمليات الفيزيائية - الكيميائية

إن الهدف الرئيسي من المعالجة الفيزيائية - الكيميائية للنفايات هو جعل النفايات مستقرة/ خاملة وغير خطرة على البيئة والصحة والسلامة، بحيث يمكن إعادة استخدامها بأمان على أنها منتجات ثانوية أو التخلص منها.

يتضمن الملحق 1 مصفوفة تقنيات لعمليات المعالجة الفيزيائية و/ أو الكيميائية. تُنشأ معظم العمليات الكيميائية - الفيزيائية، وهي عمليات وحدة أساسية للغاية تُستخدم على نطاق واسع في تطبيقات مختلفة في المعالجة الفيزيائية - الكيميائية. تسرد المصفوفة التقنيات لكل نوع من أنواع النفايات؛ ففي الكثير من الحالات ترتبط عملية المعالجة الفيزيائية - الكيميائية بشكل مباشر بنوع النفايات، ولا يمكن مراجعتها بشكل منفصل. تتضمن المصفوفة كذلك معلومات عن ملخص للتقنيات، ومخرجات العملية وخيارات الإدارة ذات الصلة، فضلاً عن الانبعاثات الهوائية، وتصريفات المياه - جنباً إلى جنب - مع تقنيات الحد من التلوث.

تُوفَّر مصفوفة أكثر تفصيلاً في الملحق 3، وتتضمن معلومات إضافية حول: التقنيات البديلة، والمخاطر والفوائد، واستهلاك الطاقة والمياه، إضافة إلى التقنيات التي يجب مراعاتها لتحسين الأداء. تُحلَّل هذه التقنيات في القسم 6.5.

6-2 تقنيات منع الانبعاثات والسيطرة عليها

كما هو مذكور في الفقرة 4-2، تتنوع مكونات النفايات ويكون النطاق المحتمل للمكونات التي قد تكون موجودة واسعاً. ومع ذلك، في كل الحالات، فإن الكثير من تقنيات معالجة النفايات تتعامل مع القضايا البيئية التالية:

- إنبعاثات الغبار والجسيمات العالقة في الهواء (على سبيل المثال بسبب عملية المناولة)، كما تنبعث المركبات العضوية بشكل شائع.
- تصريف النفايات السائلة الملوثة. في معظم منشآت معالجة النفايات عن زيادة تركيز إجمالي النيتروجين والكربون العضوي الكلي، والفوسفور الكلي، وإجمالي المواد الصلبة العالقة.

- ينبغي إدارة المخرجات بشكل صحيح من أجل منع والحد من تلوث التربة.

يجب أن لا تتجاوز الانبعاثات المذكورة سابقاً في الهواء، والإمكانية المحدودة للتصريفات في المياه السطحية أو الجوفية عن طريق الرشيح من منشآت المعالجة الفيزيائية والكيميائية، قيم حدّ الانبعاثات المنصوص عليها في تشريعات المملكة العربية السعودية.

أثناء تطوير النموذج التصميمي، يتعين تحديد مُجمل الآثار المحتملة لمنشآت المعالجة الفيزيائية والكيميائية، وتوضيحها أثناء عملية الترخيص (كل من عمليات الترخيص التي يقوم بها المركز الوطني لادارة النفايات MWAN والمركز الوطني للرقابة على الإلتزام البيئي (NCEC)، كما يجب تضمين الإجراءات التفصيلية، للتخفيف من الآثار في تصميم المنشأة ووضعها في خطة العمل.

6-2-1 الانبعاثات الغازية

تتعلق الانبعاثات الغازية إلى تلك الاندفعات التي تنتج عن تجميع الغاز من وعاء أو من مساحة محددة، التي يُمرَّر فيها إلى المدخنة أو الفتحة إما عن طريق التخفيف أو بشكل مباشر. مما يستلزم توفير البيانات التالية كما هو موضح بالجدول أدناه:

- اختيار العملية حسب نوع النفايات في مرحلة المعالجة الفيزيائية - الكيميائية (الجدول 6-1).
- العوامل والتردد لتقليل الانبعاثات الغازية بالبيئة الهوائية والتحكم فيها (الجدول 6-2).
- التقنيات المستخدمة في قطاع معالجة النفايات لمنع أو تقليل أو التحكم في الانبعاثات الغازية بالبيئة الهوائية (الجدول 6-3).

الجدول 6-1: طرق المعالجة الفيزيائية والكيميائية ونوع التفريغ الخاص بها.

تقنية العمليات	نوع التفريغ
التثبيت الكيميائي - المثبت – التصلب	انبعاثات الغبار والمركبات العضوية المتطايرة (VOCs)، والأمونيا NH_3 في الهواء.
التبادل الأيوني	انبعاثات حامض الهيدروكلوريك، وفلوريد الهيدروجين، والغبار، والمركبات العضوية المتطايرة (VOCs) في الهواء.
إعادة التكرير	انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة (VOCs) في الهواء.
التحييد	انبعاث الغبار في الهواء.
الأكسدة والاختزال	انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة، والغازات الحمضية، والأمونيا، والزيلين، والغبار، وأكاسيد النيتروجين، وثاني أكسيد الكبريت، وثاني أكسيد الكربون، وحامض الهيدروكلوريك، وفلوريد الهيدروجين، وسيانيد الهيدروجين، وكبريتيد الهيدروجين، والروائح الكريهة، وكادميوم + الثاليوم، والزئبق، والمعادن، والبنزول في الهواء.
الترشيح	انبعاثات الغبار والمركبات العضوية المتطايرة (VOCs)، والأمونيا NH_3 في الهواء.

تقنية العمليات	نوع التفريغ
التقطير – تبخر بغشاء رقيق – تبخر قصير المسار – التقطير الومضي أحادي المرحلة – تقطير متعدد المراحل – التقطير بالضغط المتأرجح - التقطير الأزيوتروبي - التقطير الاستخراجي	انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة (VOCs) في الهواء.
الترسيب/ التلبد	انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة (VOCs)، والأمونيا NH_3، والغازات الحمضية في الهواء.
الترسيب	انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة، والغازات الحمضية، والأمونيا، والزيلين، والغبار، وأكاسيد النيتروجين، وثاني أكسيد الكبريت، وثاني أكسيد الكربون، وحامض الهيدروكلوريك، وفلوريد الهيدروجين، وسيانيد الهيدروجين، وكبريتيد الهيدروجين، والروائح الكريهة، وكادميوم + الثاليوم، والزئبق، والمعادن، والبنزول في الهواء.
استخراج الحمض	انبعاث الغبار والجسيمات العالقة في الهواء.
غسل التربة	انبعاثات الغبار، الكربون العضوي الكلي، الزئبق، الرصاص، الكروم، النيكل في الهواء.
الاستخلاص بالمذيبات	النيكل.
الطرد المركزي	انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة، والغازات الحمضية، والأمونيا، والزيلين، والغبار، وأكاسيد النيتروجين، وثاني أكسيد الكبريت، وثاني أكسيد الكربون، وحامض الهيدروكلوريك، وفلوريد الهيدروجين، وسيانيد الهيدروجين، وكبريتيد الهيدروجين، والروائح الكريهة، وكادميوم + الثاليوم، والزئبق، والمعادن، والبنزول في الهواء.
استخراج البخار	انبعاثات المواد العضوية المتطايرة غير المعالجة من عملية الاستخراج، وأكاسيد النيتروجين، والغبار، وثاني أكسيد الكربون، والغازات الحمضية إلى الهواء.
التبخر خارج الغشاء	انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة (VOCs) في الهواء.
إزالة الكلور بالقلويات المعدنية	انبعاثات الزئبق في الهواء
إزالة الكلور بالبوتاسيوم والبولي إيثيلين جلايكول (KPEG)	انبعاثات الغبار والجسيمات العالقة في الهواء
هدرجة الملوثات العضوية الثابتة	
عملية الإلكترون المذاب	
التبخر/ التجفيف	انبعاثات الغبار والمركبات العضوية المتطايرة، والغازات الحمضية، والأمونيا، والزيلين، والغبار، وأكاسيد النيتروجين، وثاني أكسيد الكبريت، وثاني أكسيد الكربون، وحامض الهيدروكلوريك، وفلوريد الهيدروجين، وسيانيد الهيدروجين، وكبريتيد الهيدروجين، والروائح الكريهة، وكادميوم + الثاليوم، والزئبق، والمعادن، والبنزول في الهواء.

الجدول 6-2: العوامل والتردد لخفض الانبعاثات في الهواء والتحكم فيها.

المادة/ المعامل	المعيار	عملية معالجة النفايات	النطاق (مجم/ م^3 عادي باستثناء الرائحة)	تقنيات الحد من التلوث المتاحة
الغبار	EN 13284-1	المعالجة الفيزيائية - الكيميائية للنفايات الصلبة و/ أو المختلطة	18–0.5	جهاز فصل دوَّاميّ جهاز تنقية الغاز الرطب المرسب الكهروستاتيكي (ESP) مُرشح نسيجي مُرشح هيبا
كلوريد الهيدروجين/ HCl	EN 1911	معالجة النفايات السائلة المرتكزة على المياه	11.3–0.0005	الأكسدة الحرارية.
شبيه الديوكسين ثنائي الفينيل متعدد الكلور	معيار EN 1948 1، -2، و 4-	تطهير المعدات تحتوي على مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور	غير منطبق.	الأكسدة الحرارية
الأمونيا/ NH3	معيار EN غير متوفر	المعالجة الفيزيائية-الكيميائية للنفايات الصلبة و/ أو المختلطة	31–0.1	المرشح الحيويّ
		معالجة النفايات السائلة المرتكزة على المياه.	20–0.00005	
مركبات عضوية متطايرة/ TVOC	معيار EN 12619	المعالجة الفيزيائية-الكيميائية للنفايات الصلبة و/ أو المختلطة.	34–6	الامتزاز
		تطهير المعدات. تحتوي على مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور.		التكثيف والتكثيف المبرد
		المعالجة الفيزيائية-الكيميائية للنفايات ذات القيمة الحرارية.	117.1–3.3	المرشح الحيوي
		معالجة النفايات السائلة المرتكزة على المياه.	38–1.9	الأكسدة الحرارية
		إعادة تكرير نفايات الزيوت الصناعية.		جهاز تنقية الغاز الرطب
		تجديد المذيبات المستهلكة.		
		غسل التربة الملوثة من الحفر بالمياه.		

الجدول 6-3: التقنيات المستخدمة في قطاع معالجة النفايات لمنع أو تقليل أو التحكم في الانبعاثات إلى الهواء.

تكنولوجيا التحكم في انبعاثات الهواء	الوصف
الامتزاز	تفاعل غير متجانس يُحتفظ فيه بجزيئات الغاز على سطح صلب أو سائل، يفاضل بين مركبات معينة على مركبات أخرى، وبالتالي يزيلها من مجاري المياه المتدفقة. عندما يمتز السطح قدر الإمكان، تُستبدل مادة الامتزاز، أو يُجمع المحتوى الممتز كجزء من تجديد المادة المنجذبة إلى السطح. عند امتزازها، عادة ما يرتفع تركيز الملوثات، ويمكن إما استعادتها أو التخلص منها، ويعد أكثر الممتزات شيوعاً هو الكربون المنشط الحبيبي.

تكنولوجيا التحكم في انبعاثات الهواء	الوصف
المرشح الحيويّ	يُمرَّر تيار غاز العادم عبر طبقة من المواد العضوية (مثل: الخث والخلنج والسماد والجذر ولحاء الأشجار والخشب اللين والتوليفات المختلفة) أو بعض المواد الخاملة (مثل: الطين والكربون المنشط والبولي يوريثان)؛ حيث يتأكسد بيولوجياً بفعل الكائنات الحية الدقيقة الموجودة بشكل طبيعي إلى ثاني أكسيد الكربون والمياه والأملاح غير العضوية والكتلة الحيوية. صُمم المرشح الحيوي مع مراعاة نوع (أنواع) مدخلات النفايات. تُختار مادة قاع مناسبة، على سبيل المثال: من حيث قدرة الاحتفاظ بالمياه، والكثافة الظاهرية، والمسامية، والسلامة الهيكلية. من المهم كذلك الارتفاع المناسب لمساحة سطح المرشح. يُوصل المرشح الحيوي بنظام تهوية وتدوير هواء مناسب، من أجل ضمان توزيع موحد للهواء عبر القاع وضمان وقت مكوث كافٍ للغازات العادمة داخل القاع.
التكثيف والتكثيف المبرد	التكثيف هو تقنية تقضي على أبخرة المذيبات من تيار غاز العادم، عن طريق تقليل درجة حرارته إلى ما دون نقطة التكاثف. بالنسبة للتكثيف المبرد، يمكن أن تنخفض درجة حرارة التشغيل إلى -120 درجة مئوية، ولكن في الممارسة العملية، غالباً ما تكون بين -40 درجة مئوية و -80 درجة مئوية في جهاز التكثيف. يمكن أن يتعامل التكثيف المبرد مع جميع المركبات العضوية المتطايرة والملوثات غير العضوية المتطايرة، بغض النظر عن ضغوط البخار الفردية الخاصة بها. درجات الحرارة المنخفضة المطبقة، تسمح بكفاءات تكثيف عالية جداً؛ ما يجعلها مناسبة تماماً على أنها طريقة نهائية للتحكم في انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة.
جهاز فصل دوَّاميّ	تُستخدم مرشحات جهاز الفصل الدوَّاميّ لإزالة الجسيمات الثقيلة، التي "تسقط" عندما تُدفع الغازات العادمة إلى حركة دورانية قبل مغادرتها للمباعد. تستخدم أجهزة الفصل الدوَّاميّ للتحكم في المواد الجسيمية، وخاصة PM_{10}.
المرسب الكهروستاتيكي	تعمل المرسبات الكهروستاتيكية مثل شحن الجسيمات وفصلها تحت أي تأثير مجال كهربائي. وهي قادرة على العمل تحت مجموعة واسعة من الظروف. في المرساب الكهروستاتيكي الجاف، تُزال المادة المجمعة ميكانيكياً (على سبيل المثال، عن طريق الاهتزاز، الذبذبة، والهواء المضغوط)، بينما في المرسب الكهروستاتيكي الرطب، تُشطف بسائل مناسب، يكون عادةً مياه.
المُرشح النسيجي	المرشحات النسيجية، التي يشار إليها غالباً باسم المرشحات الكيسية، تُصنَّع من قماش منسوج أو محبب مسامي تُمرَّر من خلاله الغازات لإزالة الجسيمات. يتطلب استخدام المرشح النسيجي اختيار قماش مناسب لخصائص غاز العادم وأقصى درجة حرارة تشغيل.
مرشحات الغبار عالية الكفاءة (هيبا)	مرشحات هيبا (مرشحات الغبار عالية الكفاءة) هي مرشحات مطلقة. يتكون وسيط المرشح من الورق أو الألياف الزجاجية غير اللامعة بكثافة تعبئة عالية. يُمرر تيار غاز العادم عبر وسيط المرشح؛ حيث تُجمع الجسيمات.
الأكسدة الحرارية	أكسدة الغازات والروائح القابلة للاحتراق في تيار غاز النفايات عن طريق تسخين خليط الملوثات بالهواء أو بالأكسجين إلى ما فوق نقطة الاشتعال الذاتي في غرفة الاحتراق، والحفاظ عليها عند درجة حرارة عالية لفترة كافية؛ لإكمال احتراقها لثاني أكسيد الكربون والمياه.
جهاز تنقية الغاز الرطب	إزالة الملوثات الغازية أو الجسيمية من أي مسار غاز، عبر نقل الكتلة إلى مذيب سائل، غالباً مياه أو محلول مائي. قد ينطوي على تفاعل كيميائي (على سبيل المثال، في جهاز تنقية حمضي أو قلوي). في بعض الحالات، يمكن استخلاص المركبات من المذيب.

6-2-2 خطة إدارة الروائح

يجب وضع التدابير اللازمة لتقليل الاثر الناجم عن منشأة المعالجة الفيزيائية - الكيميائية، بما يتعلق بانبعاثات الغبار والروائح. لذلك، وكجزء من خطة العمل، يجب وضع خطة والحفاظ عليها لإدارة الروائح تشمل[8]:

- تدابير التحكم لمنع الروائح أو السيطرة عليها.
- إثبات/ تبرير عدم وجود مشكلة في الروائح في ظل الظروف العادية.
- وصف أو نسخة من أي شروط أو حدود وضعتها الجهات المختصة، التي تتعلق بمنع أو تقليل الروائح.
- تحديد الإجراءات التي يجب اتخاذها في حالة الأحداث أو الظروف غير الطبيعية التي قد تؤدي إلى انبعاث الروائح أو احتمالية انبعاثها.
- مشكلات انبعاث الروائح.
- فهم التأثير في حالة الأحداث أو الظروف غير الطبيعية.
- إجراء الرصد.
- التواصل مع السكان المحليين إذا ظهرت مشكلة الروائح أو احتمالية نشأتها.

6-2-3 الانبعاثات المشتتة في الهواء

6-2-3-1 برنامج كشف التسرب وإصلاحه

يوجد منهجية واضحة لتقليل الانبعاثات الغازية المتسربة (المركبات العضوية)، عن طريق الكشف والإصلاح أو استبدال المكونات المتسربة. وعن طريق تتبع الروائح والتصوير البصري لتحديد التسربات.

طريقة الاكتشاف بالشم: تتمثل الخطوة الأولى في الاكتشاف باستخدام أجهزة رصد وتحليل المركبات العضوية المحمولة التي تُستخدم لقياس ورصد تراكيز المركبات العضوية بالبيئة المحيطة للمعدات (على سبيل المثال: استخدام تقنية تأين اللهب أو التأين الضوئي).

تتكون الخطوة الثانية من وضع المكون الغازي في كيس غير منفذ (يمنع تسرب الغاز) لإجراء قياس مباشر عند مصدر الانبعاث. تُستبدل هذه الخطوة - في بعض الأحيان - بمنحنيات الارتباط الرياضية المستمدة من النتائج الإحصائية التي تم الحصول عليها من عدد كبير من القياسات السابقة، التي أُجرِيَت على مكونات مماثلة.

طرق التصوير الغازي البصري: يستخدم التصوير البصري كاميرات صغيرة وخفيفة الوزن محمولة، تُتيح تصوير تسرب الغاز آنياً، الذي يظهر على شكل "دخان"، على مسجل فيديو مع الصورة العادية للمكون الغازي، لتحديد موقع المركب العضوي بسهولة وسرعة التسريبات. تنتج الأنظمة التصويرية صورة مع ضوء ليزر الأشعة تحت الحمراء المتناثر الخلفي المنعكس على المكون الغازي ومحيطه. تعتمد الأنظمة السلبية على الأشعة تحت الحمراء الطبيعية للمعدات والمناطق المحيطة بها.

6-2-3-2 منع أو تقليل انتشار الانبعاثات الغازية

ينبغي اتباع التقنيات التالية:

---

[8] (لجنة تنفيذ القرار (الاتحاد الأوروبي) 1147/2018. استنتاجات أفضل التقنيات المتاحة (BAT) لمعالجة النفايات، بموجب التوجيه EU /75/2010 الصادر عن البرلمان الأوروبي والمجلس لعام 2018).

- التقليل من عدد مصادر الإنبعاث المحتملة.
- اختيار معدات عالية السلامة والمقاومة للتآكل.
- تقليل وقت مكوث النفايات ذات الرائحة (المحتملة) في أنظمة التجميع والتخزين والمناولة.
- استخدام المواد الكيميائية لتدمير أو للحد من تكون المركبات ذات الروائح.
- تغطية أو إحاطة مرافق التخزين والتعامل مع النفايات ذات الروائح، وجمعها ومعالجتها (بما في ذلك الصرف الصحي والحمأة) وتجميع الغازات المنبعثة من الرائحة لمزيد من المعالجة.
- معالجة الموجود في النهاية الطرفية للأنبوب.

وفقاً لهذا النهج المنظم، يُلزم اكتشاف الانبعاثات المنتشرة للمركبات العضوية في الهواء مرة واحدة على الأقل سنوياً باستخدام واحدة أو مجموعة من التقنيات الواردة أدناه:

الجدول 6-4: تقنيات التحكم في رصد الانبعاثات المنتشرة في الهواء وتقنيات المعالجة ذات الصلة التي تنطبق عليها.

	التقنية	الوصف	تقنيات المعالجة
أ	**المقياس**	طرق الاستنشاق، أو التصوير الضوئي للغازات، أو تدفق الاحتجاب الشمسي، أو الامتصاص التفاضلي.	■ التثبيت الكيميائي ■ إعادة التكرير ■ التمييع ■ الاستحلاب
ب	**عوامل الانبعاث**	حساب الانبعاثات على أساس معاملات الانبعاث، والتحقق منها بشكل دوري (على سبيل المثال مرة كل سنتين) عن طريق القياسات.	
ج	**توازن الكتلة**	حساب الانبعاثات المنتشرة؛ باستخدام توازن الكتلة، مع الأخذ في الاعتبار: مدخلات المذيب، والانبعاثات الموجهة إلى الهواء، والانبعاثات إلى المياه، والمذيب في ناتج العملية، ونفايات العملية (مثل التقطير).	■ التقطير ■ التبخر خارج الغشاء ■ الطرد المركزي ■ الترسيب ■ التبخر/ التجفيف ■ الترشيح ■ التبادل الأيوني ■ استخراج الحمض ■ التحييد ■ غسل التربة ■ استخراج البخار ■ الترسيب/التلبد ■ إزالة الكلور ■ هدرجة الملوثات العضوية الثابتة ■ عملية الإلكترون المذاب

أفضل التقنيات المتاحة؛ هي مراقبة انبعاثات الروائح بشكل دوري التي يمكن التحكم فيها ومراقبتها باستخدام:

- طرق معيارية مثل معايير EN (على سبيل المثال، قياس حاسة الشم الديناميكي وفقاً لمعيار EN 13725 لتحديد تركيز الرائحة أو معيار EN 16841-1 أو 2- لتحديد انكشاف للرائحة).
- عند تطبيق طرق بديلة لا تتوفر لها معايير وطنية (مثل تقدير مدى تأثير الرائحة) أو معيار أيزو، أو غيرها من المعايير الدولية التي تضمن توفير بيانات ذات جودة علمية مكافئة، يقتصر التطبيق على الحالات التي يثبت فيها وجود أضرار للرائحة في المستقبلات الحسية المتوقعة و/ أو التي ثبتت.

6-2-4 التصريف في المياه

يجب التحكم في انسكابات النفايات السائلة، كما يجب استخدام معايير التفريغ الوطنية التي وضعها المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي (NCEC) أو معيار أيزو أو المعايير الدولية الأخرى؛ من أجل ضمان توفير بيانات ذات جودة علمية معادلة.

تعرض الجداول التالية ملوثات النفايات السائلة المتوقعة لكل عملية معالجة، وأفضل التقنيات المناسبة للحدّ منها.

الجدول 6-5: طرق المعالجة الفيزيائية - الكيميائية، العوامل الرئيسية في النفايات السائلة المنتجة وتقنيات الحد من التصريف في المياه والتحكم في ذلك التصريف.

عملية معالجة النفايات	المادة/ المعامل	المعيار	تقنيات الحد من التلوث المتاحة
■ الترسيب ■ التبخر/ التجفيف ■ الأكسدة/ الاختزال ■ الترشيح ■ التبادل الأيوني	**الهالوجينات العضوية القابلة للامتصاص/ AOX**	معيار EN ISO 9562	■ تَجَرّد الهواء ■ التحييد ■ الاختزال الكيميائي ■ الأكسدة الكيميائية ■ الترشيح ■ التبادل الأيوني ■ التحييد ■ ترشيح بالكبس ■ ترشيح رملي ■ أنظمة الحمأة النشطة - مفاعل دفعات متتابعة للامتزاز ■ نظام الحمأة النشط - مفاعل دفعات متتابعة للامتزاز ■ ترشيح بالكبس لتكسير المستخلص
■ الطرد المركزي ■ الترسيب ■ التبخر/ التجفيف ■ الأكسدة/ الاختزال	**بنزين، تولوين، إيثيل بنزين، زيلين/ BTEX**	معيار EN ISO 15680	■ امتزاز الكربون المنشط ■ المرشح الحيويّ ■ مرشح كيس/ نسيجي ■ جهاز تنقية الغاز الرطب ■ الأكسدة الحرارية ■ التكثيف أو التكثيف المبرد ■ تدوير الغازات المنبعثة من العملية في مرجل بخاري

عملية معالجة النفايات	المادة/ المعامل	المعيار	تقنيات الحد من التلوث المتاحة
■ الترسيب/ التلبد ■ الترسيب ■ التبخر/ التجفيف ■ الأكسدة/ الاختزال ■ الترشيح ■ التبادل الأيوني	**الأكسجين الكيميائي المطلوب/ COD**	معيار EN غير متوفر	■ التحييد ■ الأكسدة الكيميائية ■ الترشيح ■ التبادل الأيوني ■ التحييد ■ ترشيح بالكبس ■ ترشيح رملي ■ تَجَرّد الهواء ■ الاختزال الكيميائي ■ أنظمة الحمأة النشطة - مفاعل دفعات متتابعة للامتزاز ■ نظام الحمأة النشط - مفاعل دفعات متتابعة للامتزاز ■ ترشيح بالكبس لتكسير المستخلص
■ الترسيب ■ التبخر/ التجفيف ■ الأكسدة/ الاختزال ■ الترشيح ■ التبادل الأيوني	**مؤشر الزيت الهيدروكربوني/ HOI**	معيار EN ISO 9377-2	■ أنظمة الحمأة النشطة - مفاعل دفعات متتابعة للامتزاز ■ تَجَرّد الهواء ■ التبادل الأيوني ■ التحييد ■ الترشيح ■ الاختزال الكيميائي ■ الأكسدة الكيميائية ■ ترشيح بالكبس ■ نظام الحمأة النشط - مفاعل دفعات متتابعة للامتزاز ■ ترشيح بالكبس لتكسير المستخلص ■ ترشيح رملي
■ الترسيب ■ التبخر/ التجفيف ■ الأكسدة/ الاختزال ■ الترشيح ■ التبادل الأيوني	**الزرنيخ/ As، الكادميوم/ Cd، الكروم/ Cr، والنحاس/ Cu، والنيكل/ Ni، والرصاص/ Pb، الزنك/ Zn**	تتوفر معايير EN مختلفة (على سبيل المثال. EN ISO 11885، معيار EN ISO 17294-1 معيار EN ISO 15586)	■ التبادل الأيوني ■ التحييد ■ ترشيح بالكبس ■ ترشيح رملي ■ تَجَرّد الهواء ■ التحييد ■ الاختزال الكيميائي ■ الأكسدة الكيميائية ■ الترشيح

عملية معالجة النفايات	المادة/ المعامل	المعيار	تقنيات الحد من التلوث المتاحة
			■ أنظمة الحمأة النشطة - مفاعل دفعات متتابعة للامتزاز ■ نظام الحمأة النشط - مفاعل دفعات متتابعة للامتزاز ■ ترشيح بالكبس لتكسير المستخلص
■ الترسيب ■ التبخر/ التجفيف ■ الأكسدة/ الاختزال ■ الترشيح ■ التبادل الأيوني	**الكروم سداسي التكافؤ/ Cr (VI)**	تتوفر معايير EN مختلفة (على سبيل المثال، معيار EN ISO 10304-3 ومعيار EN ISO 23913)	■ ترشيح بالكبس ■ تَجَرّد الهواء ■ التحييد ■ الاختزال الكيميائي ■ الأكسدة الكيميائية ■ الترشيح ■ التبادل الأيوني ■ التحييد ■ ترشيح رملي ■ أنظمة الحمأة النشطة - مفاعل دفعات متتابعة للامتزاز ■ نظام الحمأة النشط - مفاعل دفعات متتابعة للامتزاز ■ ترشيح بالكبس لتكسير المستخلص
إزالة الكلور بالقلويات المعدنية	**الزئبق/ Hg**	تتوفر معايير EN مختلفة (مثل معيار EN ISO 17852 ومعيار EN ISO 12846)	■ مرشح كيس/ نسيجي ■ امتصاص الكربون المنشط ■ أجهزة فصل دوَّاميّة ■ الكربون المنشط المشرب بالكبريت مرشح هواء جسيمات عالي الكفاءة/ HEPA
جميع معالجات النفايات	**حمض بيرفلورو الأوكتانويك/ PFOA** **حمض بيرفلوروأوكتان السلفونيك/ PFOS**	معيار EN غير متوفر	النيكل
■ التثبيت الكيميائي ■ الترسيب/ التلبد	**إجمالي النيتروجين/ إجمالي N**	معيار EN 12260، معيار EN ISO 11905-1	■ نظام غسيل الأحماض ■ امتصاص الكربون المنشط ■ جهاز تنقية الغاز القلوي المؤكسد

عملية معالجة النفايات	المادة/ المعامل	المعيار	تقنيات الحد من التلوث المتاحة
■ التثبيت الكيميائي ■ إعادة التكرير ■ التقطير ■ التبخر خارج الغشاء ■ الطرد المركزي ■ الترسيب ■ التبخر/ التجفيف ■ الترشيح ■ التبادل الأيوني ■ غسل التربة ■ استخراج البخار	**إجمالي الكربون/ العضوي TOC**	معيار EN 1484	■ الأكسدة الحرارية ■ الامتزاز ■ المرشح الحيويّ ■ مرشح كيس/ نسيجي ■ جهاز تنقية الغاز الرطب ■ التكثيف المبرد ■ تدوير الغازات المنبعثة من العملية في مرجل بخاري ■ جهاز فصل دوّاميّ ■ المرسب الكهروستاتيكي
■ الترسيب/ التلبد ■ الترسيب ■ التبخر/ التجفيف ■ الأكسدة/ الاختزال ■ الترشيح ■ التبادل الأيوني	**إجمالي الفوسفور/ إجمالي P**	تتوفر معايير EN مختلفة (مثل معيار EN ISO 15681-1 ومعيار EN ISO -2، 6878، معيار EN ISO 11885)	■ المرشح الحيويّ ■ جهاز تنقية الغاز الرطب ■ نظام غسيل الأحماض ■ امتصاص الكربون المنشط ■ جهاز تنقية الغاز القلوي المؤكسد
■ إعادة التكرير ■ التقطير ■ التبخر خارج الغشاء ■ الطرد المركزي ■ التثبيت الكيميائي ■ الترسيب ■ التبخر/ التجفيف ■ الترشيح ■ غسل التربة ■ استخراج البخار	**إجمالي المواد الصلبة/ العالقة TSS**	معيار EN 872	■ مرشح كيس/ نسيجي ■ الترشيح ■ مرشح هواء جسيمات عالي الكفاءة/ HEPA ■ ترشيح بالكبس ■ ترشيح رملي

الجدول 6-6: التقنيات المستخدمة في قطاع معالجة النفايات لمنع أو تقليل أو التحكم في الانبعاثات إلى المياه.

نوع التفريغ	تكنولوجيا الحد من:	الوصف
عضوي قابل للتحلل المركبات	**عملية الحمأة المنشطة**	الأكسدة البيولوجية للملوثات العضوية المذابة بالأكسجين باستخدام التمثيل الغذائي للكائنات الحية الدقيقة. في وجود الأكسجين المذاب (المَحْقون في شكل هواء أو أكسجين نقي). تُحوّل المكونات العضوية إلى ثاني أكسيد الكربون أو المياه أو نواتج أيضية وكتلة حيوية أخرى (الحمأة المنشطة). يُحتفظ بالكائنات الحية الدقيقة في حالة تعليق في مياه الصرف ويُهَوَّى الخليط بالكامل ميكانيكياً. ويُرسل خليط الحمأة المنشطة إلى منشأة الفصل؛ حيث يُعاد تدوير الحمأة إلى خزان التهوية.
الملوثات المذابة القابلة للامتصاص غير القابلة للتحلل أو المثبطة، مثل: الهيدروكربونات، الزئبق، والهاليدات العضوية القابلة للامتصاص	**الامتزاز**	طريقة الفصل التي يُحتفظ فيها بالمركبات (مثل الملوثات) في سائل (مياه الصرف) على سطح صلب (عادةً الكربون المنشط).
الملوثات المذابة القابلة للتأكسد غير القابلة للتحلل أو المثبطة، على سبيل المثال: النتريت والسيانيد	**الأكسدة الكيميائية**	تتأكسد المركبات العضوية إلى مركبات أقل ضرراً وقابلة للتحلل الحيوي بسهولة أكبر. تشمل التقنيات الأكسدة الرطبة أو الأكسدة باستخدام الأوزون أو بيروكسيد الهيدروجين، المدعومة اختيارياً بالمحفزات أو الأشعة فوق البنفسجية. تُستَخدم الأكسدة الكيميائية كذلك في تحلل المركبات العضوية المسببة للرائحة والطعم واللون، ولأغراض التطهير.
الملوثات المذابة القابلة للاختزال وغير القابلة للتحلل أو الملوثات المثبطة، على سبيل المثال الكروم سداسي التكافؤ/ Cr (VI)	**الاختزال الكيميائي**	تحويل الملوثات عن طريق عوامل الاختزال الكيميائي إلى مركبات متشابهة، ولكنها أقل ضرراً أو خطورة.
المواد الصلبة العالقة والمعادن المرتبطة بالجسيمات	**التخثر والتلبد**	يستخدم التخثر والتلبد لفصل المواد الصلبة العالقة عن مياه الصرف، وغالباً ما تُجرى في خطوات متتالية. يُتخثَّر عن طريق إضافة مواد تخثر بشحنات معاكسة لتلك الخاصة بالمواد الصلبة العالقة. تُجرى عملية التلبد عن طريق إضافة البوليمرات، بحيث تؤدي اصطدامات جزيئات الميكروفلوك إلى ترابطها لإنتاج كتل أكبر. تُفصل الكتل المتكونة لاحقاً بالترسيب أو التعويم بالهواء أو الترشيح.
مذاب غير قابل للتحلل أو الملوثات المثبطة يمكن تقطيرها، على سبيل المثال بعض المذيبات	**التقطير/ التصحيح**	التقطير هو تقنية لفصل المركبات بنقاط غليان مختلفة عن طريق التبخر الجزئي وإعادة التكثيف. ومن خلال تقطير المياه الصرف تتم إزالة الملوثات منخفضة الغليان من مياه الصرف عن طريق نقلها إلى مرحلة البخار. يُتقطر في أعمدة، مجهزة بألواح أو مواد تعبئة ومكثف أسفل المصب.
جميع الملوثات	**التكافؤ**	موازنة التدفقات وأحمال الملوثات باستخدام الخزانات أو أساليب الإدارة الأخرى.

نوع التفريغ	تكنولوجيا الحد من:	الوصف
ملوثات قابلة للذوبان	**التبخر**	استخدام التقطير (انظر أعلاه) لتركيز المحاليل المائية للمواد عالية الغليان لمزيد من الاستخدام أو المعالجة أو التخلص (مثل ترميد الصرف الصحي) عن طريق نقل المياه إلى مرحلة البخار. يُجرى عادةً في وحدات متعددة المراحل مع زيادة الفراغ، لتقليل الطلب على الطاقة. تُتكثَّف أبخرة المياه، ليُعاد استخدامها أو تصريفها على أنها مياه صرف.
المواد الصلبة العالقة والمعادن المرتبطة بالجسيمات	**الترشيح**	فصل المواد الصلبة عن مياه الصرف بتمريرها عبر وسط مسامي، على سبيل المثال: الترشيح الرملي والترشيح الدقيق والترشيح الفائق.
	التعويم	فصل الجسيمات الصلبة أو السائلة، عن مياه الصرف عن طريق ربطها بفقاعات غازية دقيقة، عادة الهواء. تتراكم الجسيمات الطافية على سطح المياه وتُجمع باستخدام كاشطات.
الملوثات الأيونية المذابة غير القابلة للتحلل أو المثبطة، على سبيل المثال المعادن	**التبادل الأيوني**	الاحتفاظ بالمكونات الأيونية غير المرغوب فيها أو الخطرة لمياه الصرف، واستبدالها بأيونات مقبولة أكثر باستخدام راتنج التبادل الأيوني. يُحتفظ بالملوثات مؤقتاً، ثم تُطلق بعد ذلك في سائل تجديد أو غسيل عكسي.
عضوي قابل للتحلل المركبات	**مُفَاعِل حيويّ غشائيّ**	توليفة من معالجة الحمأة المنشطة والترشيح الغشائي. يُستخدم متغيران: (أ) حلقة تدوير خارجية بين خزان الحمأة المنشط ووحدة الغشاء. (ب) غَمر وحدة الغشاء في خزان الحمأة المنشط بالهواء؛ حيث تُرشح النفايات السائلة من خلال غشاء ليفي مجوف، وتبقى الكتلة الحيوية في الخزان.
المواد الصلبة المعلقة والمعادن المرتبطة بالجسيمات	**الترشيح الغشائي**	الترشيح الدقيق (MF) والترشيح الفائق (UF) هما عمليتا ترشيح غشائي تحتفظان وتركزان، على جانب واحد من الغشاء، على الملوثات، مثل: الجسيمات العالقة والجزيئات الغروية الموجودة في مياه الصرف.
الأحماض والقلويات	**التحييد**	تعديل الرقم الهيدروجيني لمياه الصرف إلى مستوى محايد (حوالي 7) بإضافة مواد كيميائية. يُمكن استخدام هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) أو هيدروكسيد الكالسيوم (Ca (OH)2) لزيادة الرقم الهيدروجيني، بينما يمكن استخدام حمض الكبريتيك (H2SO4) أو حمض الهيدروكلوريك (HCl) أو ثاني أكسيد الكربون (CO2) لتقليل الرقم الهيدروجيني. قد يحدث ترسيب بعض الملوثات أثناء التحييد.

نوع التفريغ	تكنولوجيا الحد من:	الوصف
إجمالي النيتروجين والأمونيا	**النترجة/ نزع النتروجين**	عملية من خطوتين تُدمج عادةً في محطات معالجة مياه الصرف البيولوجي. تتمثل الخطوة الأولى في النترجة الهوائية؛ إذ تقوم الكائنات الحية الدقيقة بأكسدة الأمونيوم (+ NH4) إلى النتريت الوسيط (- NO_2)، الذي يتأكسد بعد ذلك ليصبح نترات (NO3 -). في خطوة نزع النتروجين اللاحقة، تقوم الكائنات الحية الدقيقة بتقليل النترات كيميائياً إلى غاز النيتروجين.
الزيت/ الشحم	**فصل الزيت عن المياه**	فصل الزيت والمياه، وإزالة الزيت اللاحق بفصل الجاذبية عن الزيت الحر، باستخدام معدات الفصل أو تكسير المستخلص (باستخدام كيماويات تكسير المستخلص، مثل: الأملاح المعدنية والأحماض المعدنية والمواد الماصَّة والبوليمرات العضوية).
المواد الصلبة العالقة والمعادن المرتبطة بالجسيمات	**الترسيب**	فصل الجسيمات العالقة عن طريق الترسيب التثاقلي.
مذابة سريعة التسرب غير قابلة للتحلل أو الملوثات المثبطة، على سبيل المثال المعادن والفوسفور	**الترسيب**	تحويل الملوثات الذائبة إلى مركبات غير قابلة للذوبان بإضافة المرسبات. ت ُفصل الرواسب الصلبة المتكونة لاحقاً عن طريق الترسيب أو التعويم بالهواء أو الترشيح.
الملوثات القابلة للإزالة، على سبيل المثال كبريتيد الهيدروجين (H2S)، الأمونيا (NH3)، بعضها قابل للامتصاص عضوياً الهالوجينات (AOX)	**التجريد**	إزالة الملوثات القابلة للتطهير من الطور المائي بالطور الغازي (مثل البخار أو النيتروجين أو الهواء) التي تمر عبر السائل. تُستعاد لاحقاً (على سبيل المثال عن طريق التكثيف) لاستخدامها أو التخلص منها مرة أخرى. يمكن تعزيز كفاءة الإزالة بزيادة درجة الحرارة أو تقليل الضغط.

5-2-6 إدارة المخرجات

تخضع المخرجات في نهاية كل عملية معالجة فيزيائية وكيميائية، إما لمزيد من المعالجة ثم يتم التخلص منها لاحقاً في مرادم النفايات، أو تشكل منتجات ثانوية لإعادة استخدامها.

تتطلب معالجة خاصة لمخرجات **النفايات الصلبة و/ أو المختلطة، والنفايات ذات القيمة الحرارية، والتربة الملوثة بالتنقيب، والنفايات السائلة، والنفايات المحتوية على ملوثات عضوية ثابتة أو زئبق أو نفايات أخرى،** حتى يمكن استخدامها أو نقلها إلى مردم النفايات، كما هو مذكور في الجدول 6-1.

6-2-6 كفاءة المواد والطاقة

تقوم أفضل التقنيات المتاحة برصد ومراقبة الاستهلاك السنوي للمياه والطاقة والمواد الخام، وكذلك الإنتاج السنوي للنفايات ومياه الصرف، بمعدل مرة واحدة على الأقل كل عام. يشمل الرصد والمراقبة القياسات أو الحساب أو التسجيل المباشر، على سبيل المثال: باستخدام عدادات أو فواتير مناسبة. تُقسَّم المراقبة على أنسب مستوى (على سبيل المثال: على مستوى العملية أو المرفق/ المنشأة) ويؤخذ في الاعتبار أي تغييرات مهمة في المرفق/ المنشأة.

3-6 تقنيات منع انبعاثات الضوضاء والاهتزازات والتحكم فيها

1-3-6 خطة إدارة الضوضاء والاهتزازات

ترتكز هذه الخطة كجزء من نظام الإدارة البيئية (انظر القسم 9.1) على ما يلي:

- وصف المصادر الرئيسة للضوضاء والاهتزاز (بما في ذلك المصادر غير المتكررة)، وأقرب المواقع الحساسة للضوضاء. يُغطي هذا الوصف المعلومات التالية لكل مصدر رئيس للضوضاء والاهتزاز داخل المنشأة:
  - المصدر وموقعه على مخطط تفصيلي للموقع.
  - إذا كانت الضوضاء أو الاهتزازات مستمرة/ متقطعة، ثابتة أو متحركة.
  - عدد ساعات العمل.
  - وصف للضوضاء أو الاهتزازات. على سبيل المثال: قعقعة، أنين، همسة، صرير، همهمة، دوي، نقرات، ضربات أو عناصر نغمية.
  - مساهمتها في مستويات ضوضاء الموقع بشكل عام. على سبيل المثال: مصنفة على أنها عالية أو متوسطة أو منخفضة، ما لم تتوفر البيانات الداعمة.
- توفير المعلومات المذكورة أعلاه لتحديد مصادر الضوضاء غير المتكررة والاهتزاز. (مثل العمليات التي تعمل بشكل غير منتظم/ العمليات الموسمية، وأنشطة التنظيف/ الصيانة، والتسليم/ التجميع/ النقل في الموقع أو الأنشطة خارج ساعات العمل، ومولدات الطوارئ أو المضخات واختبار الإنذار).
- توضيح المعلومات اللازمة بشأن قياسات مستويات الضوضاء والتحقق الميداني (التي يمكن أن تتضمن تقييمات مفصلة لمستويات الطاقة الصوتية لعناصر منشأة المعالجة الفردية) أو النمذجة التي قد تكون ضرورية للتركيبات الجديدة أو القائمة، مع الأخذ في الاعتبار احتمال حدوث مشكلات تجاوز لمستويات ضوضاء.
- إعداد خطة طوارئ للاستجابة لحوادث الضوضاء والاهتزاز المحددة. على سبيل المثال الشكاوى.
- تحتوي على الإجراءات المناسبة التي يتعين اتخاذها والجداول الزمنية.

2-3-6 تقليل الضوضاء والاهتزازات عند المصدر والحد منها

تتضمن تقنيات تقليل مستويات الضوضاء والاهتزازات ما يلي:

- الموقع المناسب للمعدات والمباني: يمكن تقليل مستويات الضوضاء عن طريق زيادة المسافة بين المرسل والمستقبل، واستخدام أنظمة العزل الصوتي للمباني على أنها حواجز ضوضاء، ومن خلال تغيير أماكن مخارج أو مداخل المباني.
- فحص المعدات وصيانتها.
- استخدام معدات منخفضة الضوضاء (على سبيل المثال ضاغط بمستوى ضوضاء أقل من 85 ديسيبل (A)، ومراوح ومضخات يُتحكَّم في سرعتها، ومحركات دفع مباشر).
- استخدام عازل للصوت في المباني لعزل أي عمليات صاخبة. بما في ذلك:
  - الجدران والأسقف الممتصة للصوت.
  - أبواب عازلة للصوت.
  - نوافذ زجاجية مزدوجة.
- استخدام عزل الاهتزاز أو الصوت أو عزل الذبذبات.
- تطويق عازل صوتي للمعدات الصاخبة.

- الحد من انتشار الضوضاء عن طريق إدخال العوازل الصوتية المناسبة مثل: جدران الحماية والسدود والمباني.

4-6 تقنيات منع تلوث التربة والمياه والحد منه

تتعلق هذه التقنيات بانسكابات المياه والمسربة الأخرى في التربة والمياه الجوفية:

- سطح غير منفذ واحتواء ثانوي.
- بنية تحتية كافية للصرف.
- أحكام التصميم والصيانة للسماح بالكشف عن التسريبات وإصلاحها.
- وحدة تخزين مبطنة معزولة لطواريء السوائل الملوثة.

تشمل بعض التقنيات المحددة ما يلي:

- وضع تدابير لمنع تسرب النفايات. كل السدود والمطبات والأوعية والخزانات والأنابيب والحاويات سليمة والصيانة والفحص حسب الضرورة.
- توفير ثم صيانة أسطح مناطق التشغيل، بما في ذلك تطبيق تدابير لمنع التسربات والانسكابات أو إزالتها بسرعة، مع ضمان صيانة شبكات الصرف وغيرها من الهياكل التحت سطحية.
- اعتماداً على المخاطر التي تشكلها النفايات من حيث تلوث التربة و/ أو المياه، ما يجعل سطح مناطق معالجة النفايات بالكامل (على سبيل المثال، مناطق استقبال النفايات ومناولتها وتخزينها ومعالجتها وإرسالها) غير منفذة للسوائل المعنية، تؤدي شبكات الصرف السطحية والداخلية غير المنفذة هذه إلى صهاريج تخزين أو إلى حواجز يمكنها تجميع مياه الأمطار وأي انسكابات. وعادة ما تحتاج الحواجز ذات التدفق الزائد إلى شبكة الصرف الصحي وأنظمة مراقبة تلقائية، مثل فحص الأس الهيدروجيني.
- جمع مياه الأمطار المتساقطة على مناطق التخزين والمعالجة - جنباً إلى جنب - مع مياه غسيل الصهاريج، والانسكابات الطارئة، ومياه غسل الحاويات، وما إلى ذلك. وتُعاد مياه الأمطار إلى مرفق المعالجة أو جمعها لمزيد من المعالجة إذا تبين أنها ملوثة.
- التأكد من أن البنية التحتية للصرف قادرة على جمع وتصريف جميع المياه الجارية في حالة هطول الأمطار الغزيرة.
- وجود برنامج فحص وصيانة منتظم للمعدات الأرضية.
- اعتماداً على المخاطر التي تُشكلها السوائل من حيث التربة و/ أو تلوث المياه، تأكد من أن المناطق التي تُنقل إليها السوائل مغطاة، وأن الحواجز مقاومة للمواد المخزنة. صُمِّمَت الحواجز بحيث يمكن احتواء السائل في حالة وقوع حادث طاريء حتى تُتَّخَذ التدابير اللازمة. والحواجز لديها القدرة الكافية للتعامل مع أي تسرب للمياه ومكافحة الحرائق، ويُستخدم لضمان احتواء النفايات والمواد الخام.
- الأنظمة المطبقة بالفعل لمنع التسرب ذات الصلة بشكل عام بشبكة الصرف.
- فحص الأرصفة وشبكة الصرف والحواجز يومياً. الاهتمام والتركيز على التلف والتدهور والتسرب. والاحتفاظ بالسجلات التي توضح بالتفصيل أي إجراء تم اتخاذه. وإصلاح الأضرار في أقرب وقت ممكن عملياً. وإذا تعرضت قدرة الاحتواء، أو قدرة الحواجز، أو الحوض أو الرصيف للخطر، يتم إزالة النفايات على الفور حتى اكتمال عمليات الإصلاح.

5-6 أفضل التقنيات المناسبة لتحسين الأداء البيئي لكل نوع من أنواع المعالجة الفيزيائية - الكيميائية

يعرض الملحق 1 أفضل التقنيات المناسبة لكل صنف من أنواع النفايات واستهلاك الطاقة والأداء البيئي (استهلاك المياه، والانبعاثات في الهواء، والتصريف في المياه، ونفايات التربة).

1-5-6 المعالجة الفيزيائية - الكيميائية للنفايات الصلبة و/ أو المختلطة.

1-1-5-6 الأداء البيئي العام

لضمان التشغيل النموذجي للمنشأة والامتثال لكافة الإجراءات والتشريعات اللازمة، يجب التحكم في خصائص إدخال النفايات. قد يشمل التحكم في خصائص مدخلات النفايات القياسات التالية:

- قياس المحتوى العضوي لمدخلات النفايات (الكربون العضوي الكلي). يُعتمد تركيز الكربون العضوي الكلي (6% بشكل شائع.) التأثير المحتمل للمحتوى العضوي المرتفع في مدخلات النفايات يشمل:
  - اضطراب في التفاعلات الكيميائية أثناء فترة المعالجة (تفاعل البوزولاني و/ أو التفاعل الهيدروليكي).
  - على المدى الطويل، التحلل البيولوجي للمركبات العضوية الذي ينطوي على تدمير النفايات الكتلية الشبيهة بالخرسانة، واضطراب التوازن الفيزيائي والكيميائي للمرحلة السائلة داخل المسام للنفايات الكتلية الشبيهة بالخرسانة، مع احتمالية تكون المعادن الثقيلة والأملاح.
- قياس محتوى الزئبق في مدخلات النفايات؛ حيث يبقى الزئبق متوفراً في النفايات، ويمكن أن يشمل التلوث على المدى الطويل، حتى إذا كان الزئبق في شكل كبريتيد، فسيؤدي التخلص المشترك مع النفايات الكتلية الشبيهة بالخرسانة إلى تدمير كبريتيد الزئبق؛ بسبب درجة الحموضة القلوية.
- قياس المحتوى الملحي الناتج من النفايات. لا يمكن تجميد أملاح معينة - على سبيل المثال أملاح الكلور - أو يمكن تكتلها إلى مستوى المنتج القابل للذوبان. بالنسبة لهذا النوع من الملح، فإن اختبار الامتثال لغسل مكونات النفايات الحبيبية، يغيّر بطريقة نموذجية الشكل الفيزيائي للمادة الصلبة، وبالتالي سيبالغ في تقدير ترشيح الأملاح.
- اختبار دوري لمعدل تولد الهيدروجين (H_2) عندما تختلط رواسب نفايات غاز المداخن المحتوية على كربونات بالمياه. فالظروف الفيزيائية - الكيميائية عندما يُخلط الرماد المتطاير أو رواسب نفايات الغازات المنبعثة من المداخن التي تنطوي على التحلل المائي - على سبيل المثال من الألومنيوم الذي يولد انبعاثات الهيدروجين - يُحفِّز هذا التفاعل في وجود كربونات (وهذا هو الحال، على سبيل المثال، رواسب نفايات غاز المداخن المتولدة عن طريق تنظيف غاز المداخن الجاف باستخدام بيكربونات الصوديوم) ويؤدي هذا إلى خطر حدوث انفجار في مناطق مغلقة أو محصورة، حيث يمكن الوصول بسهولة إلى حد الانفجار.

2-1-5-6 الانبعاثات الغازية

من أجل تقليل انبعاثات الغبار والمركبات العضوية والأمونيا إلى الهواء، فإن أفضل التقنيات المتاحة هي استخدام واحد أو مجموعة من التقنيات الواردة أدناه.

الجدول 6-7: تقنيات لتقليل انبعاثات الغبار والمركبات العضوية والأمونيا في الهواء.

تقنية معالجة النفايات	التقنية	الوصف
■ التثبيت الكيميائي ■ إعادة التكرير ■ التمييع ■ الاستحلاب ■ التقطير ■ التبخر خارج الغشاء ■ الطرد المركزي ■ الترسيب ■ التبخر/ التجفيف ■ الترشيح ■ غسل التربة ■ استخراج البخار ■ الترسيب/ التلبد ■ التبادل الأيوني ■ التحييد ■ استخراج الحمض	الامتزاز	هو تفاعل غير متجانس يُحتفظ فيه بجزيئات الغاز على سطح صلب أو سائل، يفاضل بين مركبات معينة على مركبات أخرى، وبالتالي يزيلها من مسارات المياه المتدفقة. عندما يمتز السطح قدر الإمكان، تُستبدل مادة الامتزاز، أو يُجمع المحتوى الممتز كجزء من تجديد المادة المنجذبة إلى السطح. عند امتزازها، تكون الملوثات عادةً بتركيز أعلى ويمكن استعادتها أو التخلص منها. ويُعد أكثر الممتزات شيوعاً هو الكربون المنشط الحبيبي.
■ التثبيت الكيميائي ■ الترسيب/ التلبد	المرشح الحيويّ	يُمرَّر تيار غاز العادم عبر طبقة من المواد العضوية (مثل الخث والخلنج والسماد والجذر ولحاء الأشجار والخشب اللين والتوليفات المختلفة) أو بعض المواد الخاملة (مثل الطين والكربون المنشط والبولي يوريثان)؛ حيث يتأكسد بيولوجياً بفعل الكائنات الحية الدقيقة الموجودة بشكل طبيعي إلى ثاني أكسيد الكربون والمياه والأملاح غير العضوية والكتلة الحيوية. صُمم المرشح الحيوي مع مراعاة نوع (أنواع) مدخلات النفايات. تُختار مادة قاع مناسبة - على سبيل المثال - من حيث قدرة الاحتفاظ بالمياه، والكثافة الظاهرية، والمسامية، والسلامة الهيكلية. ومن المهم أن يكون ارتفاع سطح المرشح مناسباً. كما ويوصل المرشح بنظام تهوية وتدوير هواء مناسب لضمان توزيع موحد للهواء عبر القاع، وضمان وقت مكوث كافٍ للغازات العادمة داخل القاع.
■ التثبيت الكيميائي ■ التمييع ■ الاستحلاب ■ غسل التربة ■ التبادل الأيوني ■ التحييد ■ استخراج الحمض ■ الترشيح ■ التبخر/ التجفيف	المُرشح النسيجي	المرشحات النسيجية - يشار إليها غالباً باسم المرشحات الكيسية - تُصنّع من قماش منسوج أو محبب مسامي تُمرَّر بواسطته الغازات لإزالة الجسيمات. كما يتطلب استخدام المرشح النسيجي اختيار قماش مناسب لخصائص غاز العادم، وأقصى درجة حرارة تشغيل.

تقنية معالجة النفايات	التقنية	الوصف
■ التثبيت الكيميائي ■ إعادة التكرير ■ التمييع ■ الاستحلاب ■ التقطير ■ التبخر خارج الغشاء ■ الطرد المركزي ■ الترسيب ■ التبخر/ التجفيف ■ الترشيح ■ التبادل الأيوني ■ غسل التربة ■ الترسيب/ التلبد	جهاز تنقية الغاز الرطب	إزالة الملوثات الغازية أو الجسيمية من أي مسار غاز عبر نقل الكتلة إلى مذيب سائل - غالباً مياه أو محلول مائي،- وقد ينطوي على تفاعل كيميائي (على سبيل المثال، في جهاز تنقية حمضي أو قلوي). وفي بعض الحالات يمكن استخلاص المركبات من المذيب.

قد يكون استخدام المعدات أو المباني المغلقة مقيداً باعتبارات السلامة، مثل: خطر الانفجار أو نفاد الأكسجين، ويحتمل أن يكون استخدام المعدات أو المباني المغلقة مقيداً بحجم النفايات.

الجدول 6-8: مستوى الانبعاث المصاحب للغبار في الهواء من المعالجة الفيزيائية - الكيميائية للنفايات الصلبة و/ أو المختلطة.

المعامل	الوحدة	أفضل التقنيات المتاحة لمستوى الانبعاث الذي يمكن تحقيقه (المتوسط خلال فترة جمع العينات)
الغبار	مجم/ م^3 عادي	5-2

6-5-2 إعادة تكرير نفايات الزيوت

6-5-2-1 الأداء البيئي العام

ينبغي من أجل تحسين الأداء البيئي العام، رصد أفضل التقنيات المتاحة لمدخلات النفايات وتراقب كجزء من إجراءات القبول المسبق والقبول للنفايات، ورصد مدخلات النفايات من حيث محتوى المركبات المكلورة (مثل: المذيبات المكلورة أو مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور).

من أجل تقليل كمية النفايات المرسلة للتخلص منها، فإن أفضل التقنيات المتاحة هي تطبيق تقنية احتواء وجمع ومعالجة الانبعاث المنتشر، واستخدام إحدى أو كلتا الطريقتين الموضحتين أدناه:

الجدول 6-9: تقنيات تقليل كمية النفايات.

التقنية		الوصف
أ	**استرداد المواد**	استخدام النفايات العضوية من التقطير الفراغي، واستخلاص المذيبات، والمبخرات ذات الأغشية الرقيقة، وما إلى ذلك، في منتجات الإسفلت وغيرها.

ب	**استرداد الطاقة**	استعمال النفايات العضوية من التقطير الفراغي، واستخلاص المذيبات، والمبخرات ذات الأغشية الرقيقة، وغيرها لاسترداد الطاقة.

6-5-2-2 الانبعاثات الغازية

تُعدّ تقنية احتواء وجمع ومعالجة الانبعاثات المنتشرة، من أفضل التقنيات المتاحة التي يجب تطبيقها، من أجل تقليل انبعاثات المركبات العضوية في الهواء، وذلك على النحو الموصوف في جدول 6-2، بالإضافة إلى استخدام أسلوب أو أكثر من الوارد أدناه:

الجدول 6-10: تقنيات تقليل انبعاثات المركبات العضوية.

التقنية		الوصف
أ	**الامتزاز**	انظر القسم 6-3-1
ب	**الأكسدة الحرارية**	أكسدة الغازات والروائح القابلة للاحتراق في تيار غاز النفايات، عن طريق تسخين خليط الملوثات بالهواء أو بالأكسجين إلى ما فوق نقطة الاشتعال الذاتي في غرفة الاحتراق، والحفاظ عليها عند درجة حرارة عالية لفترة كافية؛ لإكمال احتراقها لثاني أكسيد الكربون والمياه.
ج	**جهاز تنقية الغاز الرطب**	انظر القسم 6-3-1

الجدول 6-11: أفضل التقنيات المتاحة- لمستوى الانبعاث الذي يمكن تحقيقه لانتشار المركبات العضوية في الهواء من إعادة تكرير نفايات الزيوت

المعامل	الوحدة	أفضل التقنيات المتاحة لمستوى الانبعاث الذي يمكن تحقيقه (المتوسط خلال فترة جمع العينات)
مركبات عضوية متطايرة	مجم/ م^3 عادي	30-5
أفضل التقنيات المتاحة لمستوى الانبعاث الذي يمكن تحقيقه، لا تنطبق عندما يكون حمل الانتشار أقل من 2 كجم/ ساعة عند نقطة الانبعاث، بشرط عدم تحديد مواد نفايات الذخائر العنقودية على أنها ذات صلة في تيار الغاز العادم.		

6-5-3 المعالجة الفيزيائية - الكيميائية للنفايات ذات القيمة الحرارية

6-5-3-1 الانبعاثات الغازية

ينبغي استخدام واحدة أو مجموعة من أفضل التقنيات المتاحة، والواردة في القسم 6.2.1 بما في ذلك تقنية التكثيف المبردة؛ من أجل تقليل انبعاثات المركبات العضوية في الهواء.

يمكن أن يتعامل التكثيف المبرد مع كل المركبات العضوية المتطايرة والملوثات غير العضوية المتطايرة، بغض النظر عن ضغوط البخار الفردية الخاصة بها. درجات الحرارة المنخفضة المطبقة تسمح بكفاءات تكثيف عالية جداً؛ ما يجعلها مناسبة تماماً للتحكم في انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة.

6-5-4 تجديد المذيبات المستهلكة

6-5-4-1 الأداء البيئي العام

من أجل تحسين الأداء البيئي العام لتجديد المذيبات المستهلكة، يتعين استخدام أفضل التقنيات المتاحة (إحدى أو كلتا الطريقتين الموضحتين أدناه):

الجدول 6-12: تقنيات لتحسين الأداء البيئي العام.

	التقنية	الوصف	القابلية للتطبيق
أ	**استرداد المواد**	تُستَرد المذيبات من بقايا التقطير بالتبخير.	يُمكن أن تقيّد قابلية التطبيق عندما يكون الطلب على الطاقة مفرطاً، بما يتعلق بكمية المذيب المسترد.
ب	**الأكسدة الحرارية**	تُستَخدم النفايات من التقطير لاسترداد الطاقة.	قابلة للتطبيق بشكل عام.

6-5-4-2 الانبعاثات الغازية

في سبيل تقليل انبعاثات المركبات العضوية في الهواء، ينبغي تطبيق أفضل التقنيات المتاحة ومن بينها تقنية احتواء وجمع ومعالجة الانبعاثات المنتشرة على النحو الموصوف في 6-2-1، من خلال استخدام أسلوب أو أكثر من الوارد أدناه:

الجدول 6-13: تقنيات تقليل انبعاثات المركبات العضوية في الهواء.

	التقنية	الوصف	القابلية للتطبيق
أ	**تدوير عملية مراجل البخار الغازية**	تُرسل الغازات المنبعثة من المكثفات الناتجة عن العملية؛ إلى مرجل البخار الذي يزود المرفق.	قد لا تكون قابلة للتطبيق على معالجة نفايات المذيبات المهلجنة، لتجنب إنتاج وانبعاث مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور و/ أو ثنائي بنزوفورانات متعددة الكلور.
ب	**الامتزاز**	انظر القسم 6-3-1	يُمكن أن تكون هناك قيود على تطبيق هذه التقنية لأسباب تتعلق بالسلامة (على سبيل المثال؛ فإن طبقات الكربون المنشط تميل إلى الاشتعال الذاتي عند تحميلها بالكيتونات).
ج	**الأكسدة الحرارية**	انظر القسم 6-2-1	قد لا تكون قابلة للتطبيق على معالجة نفايات المذيبات المهلجنة، لتجنب إنتاج وانبعاث مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور و/ أو ثنائي بنزوفورانات متعددة الكلور.
د	**التكثيف أو التكثيف المبرد**	التكثيف هو تقنية تقضي على أبخرة المذيبات من تيار غاز العادم عن طريق تقليل درجة حرارته إلى ما دون نقطة التكاثف. يمكن أن تنخفض درجة حرارة التشغيل إلى -120 درجة مئوية في التكثيف المبرد، لكن في الممارسة العملية؛ غالباً ما تكون بين -40 درجة مئوية و -80 درجة مئوية في جهاز التكثيف. يمكن أن يتعامل التكثيف المبرد مع جميع المركبات العضوية المتطايرة والملوثات غير العضوية المتطايرة، بغضّ النظر عن ضغوط البخار الفردية الخاصة بها.	قابلة للتطبيق بشكل عام.

	التقنية	الوصف	القابلية للتطبيق
		تسمح درجات الحرارة المنخفضة المطبقة؛ بكفاءات تكثيف عالية جداً؛ ما يجعلها مناسبة تماماً كونها طريقة نهائية للتحكم في انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة.	
هـ	**جهاز تنقية الغاز الرطب**	انظر القسم 6-3-1	قابلة للتطبيق بشكل عام

الجدول 6-14: أفضل التقنيات المتاحة لمستوى الانبعاث الذي يمكن تحقيقه لانبعاثات المركبات العضوية في الهواء من عملية تجديد المذيبات المستهلكة.

المعامل	الوحدة	أفضل التقنيات المتاحة لمستوى الانبعاث الذي يمكن تحقيقه (المتوسط خلال فترة جمع العينات)
مركبات عضوية متطايرة	مجم/ م^3 عادي	30-5
أفضل التقنيات المتاحة لمستوى الانبعاث الذي يمكن تحقيقه لا تنطبق عندما يكون حمل الانبعاث أقل من 2 كلج/ ساعة عند نقطة الانبعاث، بشرط عدم تحديد مواد نفايات الذخائر العنقودية على أنها ذات صلة في تيار الغاز العادم.		

6-5-5 غسل التربة الملوثة من الحفر بالمياه

6-5-5-1 الانبعاثات الغازية الهوائية

من أجل تقليل انبعاثات الغبار والمركبات الغبار العضوية في الهواء من خطوات التخزين والمناولة والغسيل، يُمكن تطبيق أفضل التقنيات المتاحة ومن بينها تقنية احتواء وجمع ومعالجة الانبعاثات المنتشرة من خلال استخدام أسلوب أو أكثر (على النحو الموصوف في 6-3-1) من الوارد أدناه:

الجدول 6-15: تقنيات لتقليل انبعاثات الغبار والمركبات العضوية في الهواء من التخزين.

	التقنية	الوصف	القابلية للتطبيق
أ	**الامتزاز**	انظر القسم 6-3-1	قد تكون هناك قيود على تطبيق هذه التقنية لأسباب تتعلق بالسلامة (على سبيل المثال، تميل طبقات الكربون المنشط إلى الاشتعال الذاتي عند تحميلها بالكيتونات).
ب	**المُرشح النسيجي**	انظر القسم 6-3-1	
ج	**جهاز تنقية الغاز الرطب**	انظر القسم 6-3-1	قابلة للتطبيق بشكل عام

6-5-6 تطهير المعدات المحتوية على ثنائي الفينيل متعدد الكلور

6-5-6-1 الأداء البيئي العام

في سبيل تحسين الأداء البيئي العام وتقليل الانبعاثات الموجهة لمركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور والمركبات العضوية في الهواء؛ يقتضي استخدام أفضل التقنيات المتاحة جميع التقنيات الواردة أدناه:

الجدول 6-16: تقنيات لتحسين الأداء البيئي العام وتقليل الانبعاثات الموجهة من ثنائي الفينيل متعدد الكلور والمركبات العضوية إلى الهواء.

	التقنية	الوصف
أ	طلاء مناطق التخزين والمعالجة	يتضمن ذلك تقنيات مثل طلاء الراتنج المطبق على الأرضية الخرسانية لمنطقة التخزين والمعالجة بأكملها.
ب	تطبيق قواعد دخول الموظفين لمنع انتشار التلوث	يتضمن ذلك تقنيات مثل: • إغلاق نقاط الوصول إلى مناطق التخزين والمعالجة. • مطلوب تأهيل خاص للوصول إلى المنطقة التي تُخزَّن فيها المعدات الملوثة والتعامل معها. • دورات مياه منفصلة لارتداء/ إزالة الملابس الواقية الفردية.
ج	التنظيف والتفرغ الأمثل للمعدات	يتضمن ذلك تقنيات مثل: • تنظيف الأسطح الخارجية للمعدات الملوثة بالمنظفات الأنيونية. • تفريغ المعدات بمضخة أو بالتفريغ التحتي بدلاً من التفريغ بالجاذبية. • تحديد الإجراءات واستخدامها لملء الوعاء المفرغ وتفريغه و(فصله). • ضمان فترة طويلة من التفريغ (12 ساعة على الأقل) لتجنب أي تقطر للسائل الملوث أثناء عمليات المعالجة الإضافية. • فصل الصمام عن غلاف المحول الكهربائي.
د	مراقبة ورصد الانبعاثات الغازية	يتضمن ذلك تقنيات مثل: • جمع عينات هواء من منطقة إزالة التلوث ومعالجته باستخدام مرشحات الكربون المنشط. • عادم مضخة التفريغ المذكورة في التقنية ج. وُصِّل أعلاه بنظام تخفيف النهاية الطرفية للأنبوب (على سبيل المثال: فرن عالي الحرارة، أو أكسدة حرارية، أو امتزاز على الكربون المنشط). • رصد الانبعاثات الموجهة. • تتبع الترسيب المحتمل لمركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور في الغلاف الجوي (على سبيل المثال من خلال القياسات الفيزيائية-الكيميائية أو الرصد الحيوي).
هـ	التخلص من نفايات معالجة النفايات	يتضمن ذلك تقنيات مثل: • إرسال الأجزاء المسامية والملوثة من المحولات الكهربائية (الخشب والورق) إلى الحرق بدرجة حرارة عالية. • تدمير مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور الموجودة في الزيوت (مثل إزالة الكلور، الهدرجة، عمليات الإلكترون المذاب، الترميد بدرجة حرارة عالية).
و	استرداد المذيب عند استخدام الغسل بالمذيبات	جمع المذيبات العضوية وتقطيرها لإعادة استخدامها في العملية.

7-5-6 معالجة النفايات السائلة المرتكزة على المياه

1-7-5-6 الأداء البيئي العام

من أجل تحسين الأداء البيئي العام، ينبغي استخدام أفضل التقنيات المتاحة لرصد مدخلات النفايات ومراقبتها كجزء من إجراءات القبول، من حيث:

- القابلية الحيوية، على سبيل المثال BOD، الطلب على الأكسجين الكيميائي الحيوي إلى نسبة كمية الأكسجين اللازمة للأكسدة الكيميائية الكلية للمادة العضوية إلى ثاني أكسيد الكربون، اختبار زان ويلنس (Zahn-Wellens)، إمكانات التثبيط البيولوجي (مثل تثبيط الحمأة المنشطة).
- جدوى كسر المستحلب، عن طريق الاختبارات المعملية.

2-7-5-6 الانبعاثات الغازية

في سبيل تقليل انبعاثات حمض الهيدروكلوريك، الأمونيا، والمركبات العضوية في الهواء، ينبغي تطبيق أفضل التقنيات المتاحة ومن بينها تقنية احتواء وجمع ومعالجة الانبعاثات المنتشرة على النحو الموصوف في 6-2-1، واستخدام أسلوب أو أكثر من الوارد أدناه:

الجدول 6-17: تقنيات تقليل انبعاثات حمض الهيدروكلوريك، الأمونيا، والمركبات العضوية في الهواء.

	التقنية	الوصف	القابلية للتطبيق
أ	الامتزاز	انظر القسم 6-3-1	قد تكون هناك قيود على تطبيق هذه التقنية لأسباب تتعلق بالسلامة (على سبيل المثال، تميل طبقات الكربون المنشط إلى الاشتعال الذاتي عند تحميلها بالكيتونات).
ب	المرشح الحيويّ	انظر القسم 6-3-1	
ج	الأكسدة الحرارية	انظر القسم 6-2-1	
د	جهاز تنقية الغاز الرطب	انظر القسم 6-3-1	قابلة للتطبيق بشكل عام.

الجدول 6-18: أفضل التقنيات المتاحة لمستوى الانبعاث الذي يمكن تحقيقه للانبعاثات الموجهة؛ من حمض الهيدروكلوريك ومركبات عضوية متطايرة إلى الهواء من معالجة النفايات السائلة المبنية على المياه.

المعامل	الوحدة	أفضل التقنيات المتاحة لمستوى الانبعاث الذي يمكن تحقيقه (المتوسط خلال فترة جمع العينات)
حمض الهيدروكلوريك	مجم/ م^3 عادي	5-1
مركبات عضوية متطايرة		20-3

7- التشغيل والصيانة

7-1 تقنيات تشغيلية لتحسين أداء منشآت المعالجة الفيزيائية - الكيميائية

بالنسبة لمعظم مرافق المعالجة الفيزيائية - الكيميائية، يكون الترتيب التالي مناسباً: (أ) القبول المسبق. (ب) القبول. (ج) التخزين. (د) المعالجة. (هـ) تخزين النفايات والانبعاثات. تتطلب كل خطوة من هذه الخطوات المعرفة والتحكم في النفايات، إضافة إلى قبول وإدارة معالجة محددة. تعتبر معرفة النفايات، قبل قبولها أو تخزينها أو معالجتها، عاملاً رئيساً لإدارة منشأة المعالجة. كما هو موضح بالشكل التالي:

القبول المسبق للنفايات	• لضمان الملاءمة التقنية (والقانونية) لعملية معالجة النفايات لنفايات معينة.
قبول النفايات	• لتأكيد خصائص النفايات، على النحو المحدد في مرحلة القبول المسبق.
أخذ عينات من النفايات	• اختيار عينات من النفايات التي ستخضع للتوصيف أو التحليل أو الاختبارات.
نظام تتبع النفايات ومخزون النفايات	• الاحتفاظ بجميع المعلومات الناشئة أثناء مراحل القبول المسبق و/أو القبول و/أو التخزين و/أو المعالجة و/أو الإزالة خارج الموقع
إدارة جودة ناتج معالجة النفايات	• التأكد من أن ناتج معالجة النفايات يتماشى مع التوقعات
تقييم توافق النفايات.	• مجموعة من الفحوصات والاختبارات لاكتشاف أي تفاعلات كيميائية غير مرغوب فيها ويحتمل أن تكون خطيرة بين النفايات (البلمرة، انبعاث الغاز، التفاعل الطارد للحرارة، التحلل، التبلور، الترسيب وما إلى ذلك) أثناء عمليات الخلط أو المزج أو عمليات المعالجة الأخرى

في الفقرات التالية استعراض لأفضل الأساليب والتقنيات المتاحة المطبقة لكل خطوة.

7-1-1 القبول المسبق للنفايات

يضمن إجراء القبول المسبق للنفايات، الملاءمة الفنية (والنظامية) لعملية معالجة النفايات لمكونات معينة، وأفضل التقنيات ذات الصلة كما يلي[9]:

- وثيقة نقل (نسخة ورقية أو إلكترونية) على منتج النفايات، وأصل النفايات، وكميتها وتكوينها، وتأكيد عدم تضمين أي تلوث إشعاعي أو عسكري أو أي تلوث آخر غير متوافق.
- يجب جمع عينة ممثلة من النفايات وتحليلها في الحالات التالية:

[9] (لجنة تنفيذ القرار (الاتحاد الأوروبي) 1147/2018. استنتاجات أفضل التقنيات المتاحة (BAT) لمعالجة النفايات، بموجب التوجيه EU /75/2010 الصادر عن البرلمان الأوروبي والمجلس لعام 2018).

- التركيب الكيميائي أو التباين في النفايات غير واضح من المعلومات المقدمة من العميل، أو أن هناك شكوكاً حول ما إذا كانت العينة التي حُلِّلَت تُمثّل النفايات.
- تقبل المنشأة فئة النفايات.

- قد لا تكون هناك حاجة لعينة ممثلة عندما تكون النفايات عبارة عن أسبستوس، أو مادة كيميائية نقية، أو رذاذ، أو مواد مخبرية في حاويات، أو ملابس ملوثة، أو عبوات، أو خِرق، وما إلى ذلك.
- يُجرى تقييم تقني لمدى ملاءمة النفايات للمعالجة أو التخزين؛ لضمان استيفاء شروط التصريح.
- ينبغي أن يتمتع الموظفون الذين يتعاملون مع إجراءات ما قبل القبول بالمهارات المهنية والتدريب و/ أو الخبرة اللازمة.
- يساعد تحليل تدفق المواد للمكونات الموجودة في النفايات على تحديد تدفق (تدفقات) ومصير المكونات في النفايات.
- يُحتفظ بسجلات القبول المسبق لمدة لا تقل عن ثلاثة أعوام، بعد استلام النفايات في نظام تحكم إلكتروني في العمليات.
- يُعاد تقييم المعلومات المطلوبة عند القبول المسبق بحال حصول التالي:
  - تغيرات النفايات.
  - العمليات المسببة لتغيرات النفايات.
  - تبين أن النفايات - كما وردت - لا تتوافق مع اشتراطات القبول المسبق.
  - في أي حال، على أساس سنوي.
- تُطبق معايير الروائح لرفض النفايات القابلة للتحلل الحيوي التي تطلق مركبات عضوية متطايرة أخرى، أو أمينات منخفضة الوزن الجزيئي، أو أكريلات، أو غيرها من المواد ذات الرائحة النفاذة المشابهة التي لا تصلح إلا للقبول بموجب متطلبات المناولة الخاصة.

2-1-7 قبول النفايات

يوفر إجراء قبول النفايات تفاصيل الخطوات التالية التي يتخذها المشغلون عند وصول النفايات إلى المنشأة. كما أنه يأخذ في الاعتبار أهداف المعالجة (تشمل المواصفات المخصصة للمخرجات).

1- أسس القبول:

- بخلاف حالات الطوارئ، يتلقى المشغل فقط النفايات المحجوزة مسبقاً في الموقع، وقُبلت مسبقاً بشكل كافٍ.
- فحص كل النفايات والتحقق منها مقابل معلومات القبول المسبق ووثائق النقل قبل استلامها في الموقع.
- تُستلم النفايات وتُقبل تحت إشراف شخص مؤهل بشكل مناسب.
- تُقدَّم كل وثائق النقل.
- يضمن المشغل أن المنشأة لديها القدرة اللازمة لاستقبال النفايات لكافة مناطق التخزين (الحجر الصحي، واستقبال النفايات البلدية والسائلة) وعمليات المعالجة.
- فحص النفايات للتأكد أنها ليست مشعة.

2- جمع العينات بخلاف بعض النفايات مثل:

- نفايات كيميائية نقية.
- مواد كيميائية منتهية الصلاحية.

- المواد مع صحيفة بيانات سلامة المواد (MSDS).
- الأسبستوس.
- الملابس أو العبوات أو الخِرق الملوثة.
- اللوازم.
- الأدوات المعملية.
- النفايات الصلبة غير الخطرة (باستثناء العناصر المتطابقة عندما يكون إنشاء النفايات غير معروف)
- الخشب ومواد التسقيف الملوثة.
- النفايات الخضراء ونفايات الطعام.

تُجمع عينات ممثلة من النفايات، سواء كانت سائلة أو في حاويات (بما في ذلك من كل حاوية)، وتخضع للتحقق واختبار الامتثال، فالاعتماد فقط على المعلومات المكتوبة المقدمة لا يكفي.

تُجمع العينات في الموقع تحت إشراف طاقم الموقع المؤهل. عندما يصل السائق إلى الموقع مع عينة مأخوذة في مكان آخر، لا بدّ حينها من إجراء تقييم كامل للمخاطر، للتحقق من أن العينة ممثلة وموثوق بها ولم تُؤخذ إلا لأغراض الصحة أو السلامة المحددة (على سبيل المثال، النفايات المتفاعلة مع الهواء أو المياه).

يُحتفظ بسجل لنظام جمع العينات والعملية والمبررات في نظام التحكم في عملية النفايات الالكتروني.

تُترك عينات القبول في الموقع لفترة زمنية مناسبة (على سبيل المثال يومين) بعد معالجة النفايات أو إزالتها من المنشأة بما في ذلك جميع النفايات الناتجة عن معالجتها.

3- التفتيش والتحليل

تُسرد الاختبارات المطلوبة لأغراض التحقق عند القبول (على سبيل المثال: المحتوى المعدني وإجمالي الهيدروكربونات البترولية واللون ودرجة الحموضة والرائحة) في نظام التحكم الإلكتروني بعملية قبول النفايات. إذا لم يكن الفحص البصري ممكناً (على سبيل المثال لأسباب تتعلق بالسلامة المهنية)،

يتم التحقق من امتثال مدخلات النفايات من قبل الاختبارات التحليلية (مثل قياس اللزوجة والأشعة تحت الحمراء واللون وقياس الطيف الكتلي) والمختبرات والموارد البشرية الكافية. يُجرى تحليل النفايات من قبل أحد المختبرات باستخدام طرق اختبار معترف بها بشكل مناسب. عندما تكون النفايات المستلمة خطرة، يكون المختبر في الموقع أو متاحاً بشكل روتيني في موقع آخر.

4- الاستلام:

- التأكد من أن كل الحاويات موصوفة بشكل مناسب وفي حالة سليمة.
- بعد الفحص البصري، تُفرغ حاويات النفايات في منطقة استلام مخصصة لانتظار جمع العينات والتحقق منها.
- تجمع عينات من أي حاويات في منطقة الاستلام ويتم التحقق من مطابقتها في أسرع وقت ممكن (على سبيل المثال، خلال يوم عمل واحد من الاستلام) ونقلها إلى منطقة التخزين العامة ذات الصلة في الموقع، أو الحجر الصحي لمدة أقصاها خمسة أيام عمل إذا كان ذلك مناسباً. لا تُرسَّب النفايات داخل أي منطقة استلام دون مساحة كافية.

- بالنسبة لبعض الحالات المحدودة (على سبيل المثال الكشف عن النشاط الإشعاعي)، قد يكون تخزين الحجر الصحي أطول.
- يُحدَّث الحجر الصحي للنفايات، والاستلام، وسعة التخزين العامة والسائبة، والسائلة للمنشأة في نظام التحكم الالكتروني في عملية قبول النفايات.
- لا يمكن تفريغ الحولات السائبة (السائلة أو الصلبة) إلا بعد التحقق من امتثالها بالكامل.
- من المتوقع وجود مساحات منفصلة في منطقة الاستلام لفصل النفايات الدخيلة أو القطع كبيرة الحجم.
- يجب أن تكون نقطة (نقاط) جمع العينات المحددة أو منطقة الاستلام قريبة جداً من المختبر/ مرفق الفحص، وأن تكون مرئية.
- تُجهَّز منطقة الاستلام بشبكة تصريف محكم الإغلاق؛ لمنع جريان المياه الملوثة، وشبكة تجميع منفصلة لاستيعاب المياه المنفصلة عن مصارف تجميع مياه الأمطار.
- تتميز مناطق التفريغ وجمع العينات/ الاستقبال ومناطق الحجر الصحي بسطح غير نافذ مع تصريف قائم بذاته؛ لمنع أي انسكاب يدخل أنظمة التخزين أو الهروب خارج الموقع.
- يجب توفير المواد الماصَّة، المخصصة لامتصاص أي انسكابات والتعامل معها.

7-1-2-1 النفايات المقبولة والمرفوضة

قائمة إرشادية - وليست حصرية - لفئات النفايات المقبولة للمعالجة من قبل منشئات المعالجة الفيزيائية - الكيميائية مذكورة أدناه[10]:

- نفايات معالجة الرماد المتطاير ومرشحات تنقية غازات المداخن.
- الحمأة الصناعية قد تحتوي (الحمأة الناتجة عن الصناعة الكيميائية) على كبريتات وأملاح عضوية.
- النفايات المعدنية الناتجة عن المعالجة الكيميائية.
- نفايات محتوى الزرنيخ العالي من الصناعات الكيميائية أو المعدنية أو الخام.
- مواد ملوثة غير متوقعة dredge.
- التربة الملوثة.
- النفايات القابلة للاشتعال والقابلة للاشتعال بدرجة عالية (مثل المذيبات ذات نقطة الاشتعال المنخفضة).
- النفايات المحتوية على مواد متطايرة.
- نفايات عوامل التأكسد.
- نفايات ذات روائح نفاذة.
- النفايات التي تحتوي على نفايات عضوية شديدة الذوبان وذات محتوى عالٍ من الأكسجين الكيميائي.
- نفايات تحتوي على الموليبدينوم.
- النفايات المحتوية على أملاح غير عضوية قابلة للذوبان.
- النفايات المحتوية على السيانيدات الصلبة.

[10] (لجنة تنفيذ القرار (الاتحاد الأوروبي) 1147/2018. استنتاجات أفضل التقنيات المتاحة (BAT) لمعالجة النفايات، بموجب التوجيه EU /75/2010 الصادر عن البرلمان الأوروبي والمجلس لعام 2018).

- النفايات المحتوية على عوامل الاستخلاب.
- النفايات المتفاعلة مع المياه.

أما فئات النفايات المرفوضة من قبل منشئات المعالجة الفيزيائية - الكيميائية هي[11]:

- النفايات المنقولة من قبل جهة غير مرخصة بشكل مناسب.
- النفايات غير المصحوبة بنموذج نقل مناسب أو وثيقة النقل.
- النفايات المتلقاة التي لا يمكن معالجتها بشكل مناسب من خلال قدرات المعالجة بالمنشأة.

3-1-7 جمع عينات النفايات

جَمعُ العينات هو جزء من القبول المسبق، وأحد خطوات القبول لاختيار عينات النفايات التي ستخضع للتوصيف أو التحليل أو الاختبارات. يُستخدم المختبر الموجود في الموقع وخارجه، ويُوصى بذلك لمختلف أنواع المنشآت. إن إجراء جمع العينات مُصمّم بناءً على الأسس التالية[12]:

- منهجية المخاطر على أساس نوع النفايات (على سبيل المثال الخطرة أو غير الخطرة)؛ معرفة العميل (مثل منتِج النفايات)؛ تأثير الخلط أو المزج المحتمل؛ وإمكانيات المعالجة للاحقة.
- التحقق من العوامل الفيزيائية-الكيميائية ذات الصلة (على سبيل المثال: قياس اللزوجة والأشعة تحت الحمراء والكروماتوجرافيا وقياس الطيف الكتلي حسب الاقتضاء).
- تُخصص إجراءات جمع العينات للسوائل السائبة، والنفايات الصلبة السائبة، والحاويات/ الأوعية الكبيرة والصغيرة (يزداد عدد العينات مع عدد الحاويات/ الأوعية وتنوع النفايات)، الأدوات المعملية.
- يحتوي الإجراء على تفاصيل لجمع عينات من النفايات في حاويات معينة داخل موقع التخزين المخصص، والجدول الزمني بعد الاستلام.
- تُحدد المعلومات التالية ويتم تسجيلها:
  - نظام جمع العينات لكل حمولة، مع تقرير لتبرير اختيار عدد العينات .
  - موقع مناسب لنقاط جمع العينات.
  - سعة وعاء جمع العينات.
  - عدد العينات.
  - ظروف التشغيل في وقت جمع العينات.
- في حالة انخفاض درجات الحرارة المحيطة، قد يكون هناك حاجة إلى تخزين مؤقت للسماح بجمع العيّنات بعد إزالة الجليد.
- معمل لتحليل جميع العينات في الوقت المناسب وبالسرعة المطلوبة. بالنسبة للنفايات الخطرة على وجه الخصوص، فإن من الأهمية بمكان أن يكون المختبر (مجهزاً بالمعدات المناسبة) في الموقع.

---

[11] (اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات لعام 2021).
[12] (لجنة تنفيذ القرار (الاتحاد الأوروبي) 1147/2018. استنتاجات أفضل التقنيات المتاحة (BAT) لمعالجة النفايات، بموجب التوجيه EU /75/2010 الصادر عن البرلمان الأوروبي والمجلس لعام 2018).

4-1-7 تتبع وجرد النفايات

يحتفظ نظام تتبع النفايات الخاص في الموقع بكامل المعلومات التي أُنشئت أثناء القبول المسبق والقبول والتخزين والمعالجة و/ أو الإزالة خارج الموقع، كما ينبغي أن يأخذ نظام تتبع النفايات في الحسبان المعلومات التالية:

- إجمالي كمية النفايات الموجودة في الموقع في أي وقت بوحدات مناسبة.
- تحليل كميات النفايات المخزنة في انتظار المعالجة في الموقع، مصنفة حسب مسار المعالجة.
- تفصيل كميات النفايات في الموقع للتخزين فقط، أي انتظار النقل للخارج.
- تقسيم كميات النفايات حسب تصنيف المخاطر.
- مكان وجود النفايات في الموقع بالنسبة لمخطط الموقع.
- الكمية في الموقع مقارنة باجمالي الكميات المسموح بها.
- المدى الزمني لبقاء النفايات في الموقع مقارنة بالحد الزمني المسموح به.

تعمل السجلات في نظام التحكم الالكتروني بعملية قبول النفايات، وتُحدَّث باستمرار لتعكس عمليات التسليم والمعالجة في الموقع والمخاطبات. يعمل نظام التتبع كنظام جرد النفايات/ نظام مراقبة المخزون، ويتضمن كحد أدنى[13] ما يلي:

- تاريخ الوصول إلى الموقع.
- تفاصيل المنتِج.
- المنتج السابق للنفايات.
- الرقم المرجعي للنفايات.
- نتائج تحليل القبول والقبول المسبق.
- نوعيات النفايات وحجمها.
- مسار المعالجة المستهدف.
- سجلات دقيقة لطبيعة وكمية النفايات الموجودة في الموقع، بما في ذلك جميع المخاطر المحددة.
- مكان وجود النفايات فعلياً بما يتعلق بمخطط الموقع.
- حيث تكون النفايات في مسار معالجة النفايات المحدد (للمعالجة على مراحل).
- سجلات دقيقة للقرارات المتعلقة بالقبول المسبق أو القبول أو التخزين أو المعالجة.
- رفض قبول النفايات خارج اطار منشئات المعالجة.
- متلقي المخرجات التي تمت معالجتها.

نظراً لأنها طريقة للحفاظ على جرد النفايات المحدثة، يهدف نظام تتبع النفايات إلى تجنب تراكم النفايات، الذي قد يؤدي إلى تلف الحاويات أو تشوّهها، كما أنه يساعد في تحديد أي نفايات مخزنة في الموقع، ويساعد في ضمان التعامل مع أي تراكمات للسوائل في الحواجز، والأحواض، وما إلى ذلك، على وجه السرعة.

[13] (لجنة تنفيذ القرار (الاتحاد الأوروبي) 1147/2018. استنتاجات أفضل التقنيات المتاحة (BAT) لمعالجة النفايات، بموجب التوجيه EU /75/2010 الصادر عن البرلمان الأوروبي والمجلس لعام 2018).

يتعين تتبع كل النفايات المستلمة/ المعالجة والاحتفاظ بها في السجلات وفقاً للائحة التنفيذية. يعتمد نظام تتبع النفايات على المخاطر، مع الأخذ في الاعتبار - على سبيل المثال - الخصائص الخطرة للنفايات، والمخاطر التي تُشكلها النفايات من حيث سلامة العملية، والسلامة المهنية، والأثر البيئي، فضلاً عن معرفة منتجي النفايات السابقين.

5-1-7 إدارة جودة المخرجات للنفايات المعالجة

إعداد وتنفيذ نظام إدارة جودة المخرجات، وذلك لضمان مواءمة نتائج معالجة النفايات مع التوقعات، باستخدام طرق المعايير الحالية مثل معايير EN (على سبيل المثال، قياس حاسة الشم الديناميكي وفقاً للمعيار EN 13725 لتحديد تركيز الرائحة أو وفقاً للمعيار EN 16841-1 أو 2- من أجل تحديد انكشاف الرائحة).

يسمح نظام الإدارة بالتحقق من أن خصائص مخرجات النفايات تتماشى مع التوقعات، التي قد تكون مواصفات المنتج، ومعدل كفاءة إزالة الملوثات، وما إلى ذلك.

يساعد نظام الإدارة في مراقبة أداء معالجة النفايات وتحسينه، ولهذا الغرض، قد يشمل تحليل تدفق المواد للمكونات ذات الصلة طوال فترة معالجة النفايات.

يساعد تحليل تدفق المواد لبعض الملوثات في النفايات على تحديد تدفق ومصير هذه الملوثات.

يمكن أن يكون هذا التحليل مفيداً في اختيار أنسب أشكال معالجة النفايات، إما مباشرة في الموقع أو في أي موقع معالجة لاحق.

يُؤخذ بعين الاعتبار كمية الملوثات في مدخلات النفايات، ومخرجات معالجة النفايات المختلفة، وانبعاثات معالجة النفايات.

الهدف من تحليل تدفق المواد والمعرفة اللاحقة بمصير الملوثات، هو التأكد من أن هذه الملوثات تُعالج بشكل صحيح أو تُدمّر أو يتم التخلّص منها.

يَعتمد استخدام تحليل تدفق المواد على المخاطر، مع الأخذ في الاعتبار - على سبيل المثال - الخصائص الخطرة للنفايات، والمخاطر التي تشكلها النفايات من حيث سلامة العملية، والسلامة المهنية، والأثر البيئي، فضلاً عن معرفة منتج (منتجي) النفايات السابقين.

6-1-7 تقييم توافق النفايات

إن تقييم توافق النفايات يتم عبر مجموعة من الاختبارات لاكتشاف أي تفاعلات كيميائية غير مرغوب فيها، ويحتمل أن تكون خطرة بين النفايات (البلمرة، وتطور الغاز، والتفاعل الطارد للحرارة، والتحلل، والتبلور، والترسيب، وما إلى ذلك) أثناء الخلط أو المزج أو غيرها من عمليات المعالجة[14].

يمكن إجراء تقييم التوافق عند القبول المسبق والقبول وقبل أي خطوة في عملية معالجة النفايات.

يُكيَّف تقييم التوافق مع كل عملية تخزين ومعالجة النفايات. على سبيل المثال: يمكن أن تتكون عملية المعالجة من إجراءات محددة للنفايات الصلبة، وأوقات التفاعل الطويلة، والنفايات في عبوات صغيرة، وما إلى ذلك.

[14] (لجنة تنفيذ القرار (الاتحاد الأوروبي) 1147/2018. استنتاجات أفضل التقنيات المتاحة (BAT) لمعالجة النفايات، بموجب التوجيه EU /75/2010 الصادر عن البرلمان الأوروبي والمجلس لعام 2018).

من أجل منع أي تفاعلات وإطلاقات معاكسة أو غير متوقعة قبل النقل الذي ينضوي على الأنشطة التالية، يُجرى الاختبار قبل النقل:

- تفريغ الناقلات في مواقع التخزين.
- نقل من خزان إلى آخر.
- النقل من الحاوية إلى الخزان.
- التفريغ في البراميل أو الحاويات الوسيطة.
- تفريغ النفايات الصلبة في براميل أو قواطع.

توضع قائمة بالنفايات غير المقبولة بناءً على تصريح المنشأة، وما إذا كانت النفايات تُشكِّل مخاطر محددة على التركيبات أو عمليات المعالجة مثل:

- مخاطر الانفجار (على سبيل المثال: وجود ذخيرة، وعمليات خلط يمكن أن تؤدي إلى الانفجار)؛ تآكل التركيبات (مثل الأحماض عالية التركيز).
- مخاطر التفاعلات غير المنضبطة (مثل: وجود بيروكسيدات أو مؤكسدات قوية، أو مكونات بلمرة مثل بعض الأيزوسيانات).
- مخاطر انبعاث الغازات (على سبيل المثال: وجود السيانيد والكبريتيدات والغازات المذابة).

تعد القائمة السابقة محددة جداً لعملية المعالجة والمعالجة النهائية، وتتطلب من مشغلي النفايات إنشاءها على أساس كل حالة على حدة لعملياتهم الخاصة.

يختلف نوع اختبار التوافق وفقاً لنوع النفايات وعملية معالجة النفايات (على سبيل المثال: التفريغ والتجميع والتجانس).

المبدأ الأساسي هو خلط عينة نفايات أولى مع عينة نفايات ثانية ستُخلط بها. يُجرى اختبار التوافق في المختبر وفي الظروف نفسها المقاومة للحرارة مثل المزج الكامل.

يلزم . في الاختبار . مراعاة العناصر التالية:

- زيادة درجة الحرارة، تفاعل طارد للحرارة.
- الجانب المادي/ السلوكي للخلط (على سبيل المثال، مروره بعدة مراحل أم لا، المستخلصات).
- الترسيب المحتمل، التبلور، البلمرة وغيرها من التفاعلات الكيميائية.
- انبعاثات غازية.

يختلف وقت الاختبار - على سبيل المثال من 15 دقيقة إلى 24 ساعة - وفقاً لنوع النفايات.

من أجل توصيف تفاعلية النفايات بشكل أفضل، قد تكون هناك حاجة لاختبارات إضافية مثل: اختبارات الأكسدة والاختزال، وتحديد الأس الهيدروجيني، واختبار الإطلاق.

قد تكون معايير الرفض لاختبارات التوافق فريدة أو مجمعة، وتُحدَّد وفقاً لنوع عملية معالجة النفايات، ويمكن أن تكون تعديلات في درجة الحرارة (على سبيل المثال: تشير زيادة 3 درجات مئوية عند الخلط إلى نفايات غير متوافقة)، وجوانب الخلط (في حالة حدوث البلمرة، عدم توافق النفايات مع الخلط)، وما إلى ذلك.

تحديد أي غازات متصاعدة وأسباب الروائح. في حالة ملاحظة أي تفاعل عكسي، يُعثر على طريقة بديلة للتخلص أو التصريف.

تعتمد اختبارات التوافق على المخاطر، مع الأخذ في الاعتبار، على سبيل المثال: الخصائص الخطرة للنفايات، والمخاطر التي تشكلها النفايات من حيث سلامة العملية، والسلامة المهنية، والأثر البيئي، فضلاً عن معرفة منتج (منتجي) النفايات السابقين.

2-7 التدريب

1-2-7 متطلبات التدريب

تُشغَّل المنشآت من قبل موظفين مؤهلين ومدربين. لذلك، يجب أن يُوَفّر مزود الخدمة الخاص بالمعالجة الفيزيائية - الكيميائية للنفايات بانتظام تدريباً وتثقيفاً مناسبين لموظفيه؛ للتأكد من جهوزيتهم لإدارة مسارات النفايات بأمان. علاوة على ذلك، سيضمن مقدم الخدمة تقديم شهادة تثبت لياقة وصحة العمال على أساس سنوي.[15]

على المرشحين الذين يرغبون في الحصول على الشهادة، أن يكونوا قد تلقوا تدريبات في المجالات التالية:

1) نظرية منشأة المعالجة الفيزيائية الكيميائية (PCT) والبنية التحتية للموقع ومفاهيم التصميم الأساسية، بما في ذلك كيفية حماية المياه الجوفية والمياه السطحية وجودة الهواء.
2) عمليات تشغيل موقع منشأة المعالجة الفيزيائية الكيميائية، مثل:
   - التعامل مع النفايات بما في ذلك نقلها وفرزها وتخزينها.
   - استلام ونقل النفايات لإعادة نقلها.
   - حماية الموقع.
3) الصيانة الدورية لشبكات تجميع المادة المرتشحة والغاز، وتنظيف وإصلاح أنظمة التحكم بالمياه السطحية.
4) متطلبات الرصد والإبلاغ الخاصة بمنشأة المعالجة الفيزيائية الكيميائية ذات الصلة بما في ذلك الانسكابات ومتطلبات التخزين.
5) صحة الموظف وسلامته لتشمل المواد الخطرة، ومعدات الحماية الشخصية، ومتطلبات التنظيف.
6) يشمل تدريب الموظفين تطوير وتنفيذ وتوثيق برامج التدريب لجميع الموظفين في منشأة المعالجة الفيزيائية - الكيميائية.

2-2-7 تدريب حالات الطوارئ

يجب إطلاع الموظفين على الخصائص الخطرة ذات الصلة، وأن يكون لديهم تعليمات بشأن ما يجب القيام به في حالة الطوارئ؛ قبل الشروع في العمل الذي يتضمن التعامل مع المواد الكيميائية أو النفايات الخطرة.

يجب أن تتضمن التعليمات كحد أدنى ما يلي:

1- كيفية الإبلاغ عن حريق، أو إصابة، أو انسكاب كيماوي، أو أي حالة طوارئ أخرى.
2- موقع معدات الطوارئ، مثل الاستحمام الآمن، وغسول العين.
3- المعرفة الدقيقة لموقع أجهزة الإطفاء، ومعدات التحكم في الانسكاب.
4- المعرفة الدقيقة لمواقع جميع المخارج المتاحة للإخلاء.
5- تدوين أسماء وأرقام هواتف منسق الطوارئ المُعيّن ومناوبه.

[15] (لائحة قانون إدارة النفايات التنفيذية لعام 2021).

يجب نشر هذه المعلومات على طريق نقطة الإنتاج، وفي مناطق تخزين النفايات

8- اعتبارات الصحة والسلامة

يجب أن يعتمد تصميم وتشغيل منشأة معالجة النفايات الفيزيائية - الكيميائية، التدابير المناسبة لضمان سلامة جميع الموظفين العاملين في المبنى، بما في ذلك مقدمو الخدمات الخارجيون والناقلون القادمون للمنشأة؛ حرصاً على الصحة الجيدة لجميع العاملين، كما يلزم تقديم منشأة المعالجة شهادة تُثبت لياقة العمال وصحتهم على أساس دوري سنوي.[16]

يتعين توفير مرافق الكهرباء والمياه والصرف الصحي والاتصالات في كل منشآت المعالجة الفيزيائية - الكيميائية؛ لضمان صحة وسلامة العاملين في الموقع، وتمكين التحكم في العمليات بالمنشأة (مثل: التحكم في الغبار، وغسل المركبات، ومكافحة الحرائق).

كحد أدنى، يجب أن تكون الهياكل الإنشائية المؤقتة موجودة في الموقع لتوفير الإقامة للموظفين. كما يلزم تصميم هذه الهياكل لتوفير ما يلي:

- مساحات مكتبية لمهام إدارة الموقع العامة وتخزين السجلات.
- منشآت الصرف الصحي لموظفي الموقع والزوار.
- مساحة تخزين لمعدات الموقع ولأغراض الصيانة..
- منطقة إسعافات أولية مجهزة بالكامل للحوادث الطفيفة

يجب وضع كل الهياكل في منطقة مناسبة من الموقع؛ للسماح بالتحكم في الأنشطة اليومية، مع مراعاة جوانب الصحة والسلامة.

8-1 السياج والحماية

يعد السياج جزءاً مهماً من أمن الموقع والموظفين؛ حيث يمنع التعدي على ممتلكات الآخرين، كما أنه يلزم تركيبه وصيانة بشكل سليم. (ورد الوصف التفصيلي لخصائص التركيب والصيانة في القسم 5.1.4).

8-2 خطط إدارة الحوادث

يجب أن تكون خطة إدارة الحوادث في مكانها الصحيح (تُراجع مرة واحدة على الأقل كل ثلاثة أعوام، أو في حالة وقوع حادث) التي تحدد ما يلي:

- احتمالية وقوع الحوادث ونتائجها.
- إجراءات لمنع الحوادث والتخفيف من أي عواقب.

تتضمن الخطة المنظمة لإدارة الحوادث ما يلي:

[16] (الائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات لعام 2021).

- تحديد المخاطر على البيئة من قِبل منشآت المعالجة.
- قد تشمل المجالات الخاصة التي ينبغي مراعاتها: أنواع النفايات، والإفراط في ملء الأوعية، وتعطل المعدات، (مثل: الضغط الزائد للأوعية الأنابيب، والمصارف المسدودة)، وعدم الاحتواء (على سبيل المثال: الحواجز و/ أو الملء الزائد لأحواض الصرف)، وعدم احتواء مياه مكافحة الحرائق، إجراء التوصيلات الخاطئة في المصارف أو الشبكات الأخرى، ومنع تلامس المواد غير المتوافقة، والتفاعلات غير المرغوب فيها و/ أو التفاعلات الجامحة، تسرب النفايات السائلة قبل حدوث فحص مناسب لتكوينها، والتخريب/ الحرق المتعمد، والظروف المناخية القاسية، على سبيل المثال: السيول، الرياح الشديدة للغاية.
- تقييم جميع المخاطر (المخاطر مضروبة في الاحتمالية) للحوادث وعواقبها المحتملة.

بعد تحديد المخاطر يمكن اعتبار عملية تقييم المخاطر معالجة ستة تساؤلات أساسية:

- ما الاحتمال التقديري لوقوعها؟ (المصدر، التكرار).
- ما الذي يمكن أن ينبعث وكمياتها؟ (تقييم المخاطر للحدث).
- إلى أين تذهب؟ (تنبؤات الانبعاث، ما المسارات والمستقبلات؟).
- ما العواقب؟ (تقييم النتائج، التأثيرات على المستقبلات).
- ما المخاطر العامة؟ (تحديد المخاطر العامة وأهميتها على البيئة).
- ما الذي يمكن فعله لمنع أو تقليل المخاطر؟ (إدارة المخاطر، تدابير لمنع الحوادث و/ أو تقليل عواقبها البيئية).

على وجه الخصوص، تحديد مخاطر الحريق التي قد تنشأ على سبيل المثال من خلال:

- الحرق العمد أو التخريب.
- الاحتراق الذاتي (على سبيل المثال بسبب الأكسدة الكيميائية).
- تعطل المرفق أو المعدات والأعطال الكهربائية الأخرى.
- المصابيح المكشوفة ومواد التدخين الملقاة.
- الأعمال الساخنة (مثل اللحام أو القطع) والسخانات الصناعية والعوادم الساخنة.
- ردود الفعل بين المواد غير المتوافقة.
- أنشطة الموقع المجاور.
- الشرر المتوقع أثناء عمليات التحميل.
- الحمولات الساخنة المترسبة في الموقع.

يعتمد عمق ونوع التقييم على خصائص المرفق وموقعه، العوامل الرئيسة التي تؤخذ في الاعتبار هي:

- حجم وطبيعة خطر الحادث الذي يمثله المرفق والأنشطة.
- المخاطر على مناطق السكان والبيئة (المستقبلات).
- طبيعة المرفق ومدى تعقيد الأنشطة والصعوبة النسبية.
- تقرير وتبرير مدى كفاية تقنيات التحكم في المخاطر.

- تحديد أدوار ومسؤوليات الموظفين المشاركين في إدارة الحوادث، إضافة إلى ذلك، تتوفر ضوابط وادلة الفنية واضحة حول كيفية إدارة سيناريو كل حادث - على سبيل المثال - الاحتواء أو التشتت لإطفاء الحرائق أو السماح لها بالاشتعال.
- إنشاء طرق اتصال مع الجهات ذات العلاقة وخدمات الطوارئ قبل وقوع الحادث وفي حال وقوعه، وتشمل إجراءات ما بعد الحادث تقييماً للضرر الذي قد يكون سبباً، وإجراءات المعالجة الواجب اتخاذها.
- تطبيق إجراءات الطوارئ، بما في ذلك إجراءات الإغلاق الآمن، وإجراءات الإخلاء.

- تعيين منسق للطوارئ في المنشأة، ليتولى المسؤولية القيادية لتنفيذ الخطة، ومن المهم أن تقدم المنشأة التدريب لموظفيها لأداء واجباتهم بشكل فعال وآمن، حتى يعرف الموظفون كيفية الاستجابة لحالة الطوارئ.

9- المراقبة والتسجيل والإبلاغ

9-1 نظام الإدارة البيئية (EMS)

في سبيل تحسين الأداء البيئي العام، يلزم تنفيذ أفضل التقنيات المتاحة والالتزام بنظام الإدارة البيئية (EMS) الذي يتضمن جميع الميزات التالية:

- التزام الإدارة بما في ذلك الإدارة العليا.
- تعريف الإدارة لسياسة بيئية تشمل التحسين المستمر للأداء البيئي للمنشأة.
- تخطيط ووضع الإجراءات والغايات والأهداف اللازمة، بالتزامن مع التخطيط المالي والاستثمار.
- تنفيذ الإجراءات مع إيلاء اهتمام خاص لما يلي:
  - الهيكل والمسؤولية.
  - التوظيف والتدريب والتوعية والكفاءة.
  - الاتصالات.
  - مشاركة الموظف.
  - التوثيق.
  - التحكم الفعال في العملية.
  - برامج الصيانة.
  - التأهب لحالات الطوارئ والاستجابة.
  - مراعاة الامتثال للتشريعات البيئية.
- فحص الأداء واتخاذ الإجراءات التصحيحية، مع إيلاء اهتمام خاص لما يلي:
  - الرصد والقياس.
  - الإجراءات التصحيحية والوقائية.
  - حفظ السجلات.
  - تدقيق داخلي أو خارجي مستقل (حيثما كان ذلك ممكناً)؛ من أجل تحديد ما إذا كان نظام الإدارة البيئية يتوافق مع الترتيبات المخطط لها أم لا، ويُنفذ ويُصان بشكل سليم.
- مراجعة الإدارة العليا لنظام الإدارة البيئية، واستمرار ملاءمته وكفايته وفعاليته.
- متابعة تطوير التقنيات الأنظف.
- النظر في الآثار البيئية الناجمة عن إيقاف تشغيل الخطة في نهاية المطاف في مرحلة تصميم خطة جديدة، وطوال فترة تشغيلها.
- تطبيق المقارنة المعيارية القطاعية على أساس منتظم.
- إدارة مسارات النفايات.
- خطة إدارة النفايات.
- خطة إدارة الحوادث.
- خطة إدارة الانبعاثات الغازية (الروائح).

- خطة إدارة الضوضاء والاهتزازات.

9-2 مراقبة مدخلات النفايات وحفظ السجلات

وفقاً للمادة (CXLVII 147) بشأن اللائحة التنفيذية، ينبغي على مقدم الخدمة الاحتفاظ بسجل كافٍ ومُحدَّث لعملياته، وتقديم ذلك على أساس شهري إلى المركز. البيانات التالية مطلوبة كحد أدنى:

- وصف للخصائص والكمية (بالأطنان) لكل عملية نقل نفايات مستلمة، وأي انحراف عن مستند النقل الأصلي، بما في ذلك تاريخ الاستلام، وموعد المعالجة.
- حساب مفصل لجودة مخرجات عملية المعالجة.
- سجلات الحوادث ذات النفايات غير المقبولة.
- إجمالي كمية النفايات الناتجة في نهاية عملية المعالجة، وطريقة ومكان التخلص النهائي.
- حساب مفصل لكفاءة العملية.
- نسخ جميع نماذج بيانات سلامة المواد الخطرة عند الاقتضاء.
- قياسات تركيز انبعاث الهواء في عملية المعالجة.
- نتائج تحليل الصرف الصحي للنفايات السائلة من عملية المعالجة.
- أي سجلات أخرى ذات صلة يحددها المركز.

يجب تقديم كل أنواع وكميات النفايات المودعة في الموقع والنفايات التي أُزيلت من الموقع إلى الجهة المختصة بتواتر وتنسيق متفق عليه، والاحتفاظ بها في مكتب الموقع.

لضمان أمان السجلات - وفقاً لمعيار أيزو من أجل الصيانة الآمنة للسجلات والإجراءات - ينبغي وضع النفايات إما في حاويات مقفلة أو الاحتفاظ بها في مكاتب تُقفل عند عدم وجودها.

9-3 رصد سجلات الانبعاثات المحددة وحفظها

في القسمين 6-2 و6-3، تُحدَّد العديد من التسربات والانبعاثات المحتملة للمياه والهواء، إضافة إلى مصدر الانبعاث في كل تقنية معالجة، وأفضل التقنيات المتاحة للتحكم فيها وتقليلها، وتُرصد هذه العوامل بشكل متكرر، كما هو موضح في الجداول أدناه، من أجل منع حوادث تلوث الهواء أو المياه.

الجدول 9-1: العوامل والحد الأدنى لتكرار رصد للانبعاثات الغازية.

المادة/ المعامل	عملية معالجة النفايات	الحد الأدنى من تكرار الرصد
الغبار	المعالجة الفيزيائية - الكيميائية للنفايات الصلبة و/ أو المختلطة	مرة كل ستة أشهر
كلوريد الهيدروجين HCl	معالجة النفايات السائلة	مرة كل ستة أشهر
شبيه الديوكسين ثنائي الفينيل متعدد الكلور	معالجة النفايات السائلة	مرة كل ثلاثة أشهر
الأمونيا NH_3	المعالجة الفيزيائية-الكيميائية للنفايات الصلبة و/ أو المختلطة	مرة كل ستة أشهر
	معالجة النفايات السائلة	

المادة/ المعامل	عملية معالجة النفايات	الحد الأدنى من تكرار الرصد
مركبات عضوية متطايرة TVOC	المعالجة الفيزيائية - الكيميائية للنفايات الصلبة و/ أو المختلطة	مرة كل ستة أشهر
	تطهير المعدات المحتوية على ثنائي الفينيل متعدد الكلور	
	المعالجة الفيزيائية - الكيميائية للنفايات ذات القيمة الحرارية	
	معالجة النفايات السائلة	
	إعادة تكرير نفايات الزيوت	
	تجديد المذيبات المستهلكة	
	غسل التربة الملوثة من الحفر بالمياه	

الجدول 9-2: المعلمات والحد الأدنى لتكرار رصد للانسكابات والتسرب في المياه.

المادة/ المعامل	عملية معالجة النفايات	الحد الأدنى من تكرار الرصد
الهالوجينات العضوية القابلة للامتصاص AOX	معالجة النفايات السائلة	مرة كل يوم
بنزين، تولوين، إيثيل بنزين، زيلين BTEX	معالجة النفايات السائلة	مرة كل شهر
الأكسجين الكيميائي المطلوب COD	معالجة النفايات السائلة	مرة كل يوم
مؤشر الزيت الهيدروكربوني HOI	المعالجة الفيزيائية - الكيميائية للنفايات ذات القيمة الحرارية	مرة كل شهر
	إعادة تكرير نفايات الزيوت	مرة كل يوم
الزرنيخ/ As، الكادميوم/ Cd، الكروم/ Cr والنحاس/ Cu، النيكل/ Ni، الرصاص/ Pb، الزنك/ Zn	المعالجة الفيزيائية - الكيميائية للنفايات ذات القيمة الحرارية	مرة كل شهر
	المعالجة الفيزيائية - الكيميائية للنفايات الصلبة و/ أو المختلطة	
	التربة الملوثة	
الكروم سداسي التكافؤ Cr (VI)	معالجة النفايات السائلة	مرة كل يوم
الزئبق/ Hg	المعالجة الفيزيائية - الكيميائية للنفايات ذات القيمة الحرارية	مرة كل شهر
	المعالجة الفيزيائية - الكيميائية للنفايات الصلبة و/ أو المختلطة	
	معالجة النفايات السائلة	مرة كل يوم
حمض بيرفلورو الأوكتانويك PFOA	جميع معالجات النفايات	مرة كل ستة أشهر
حمض بيرفلوروأوكتان السلفونيك PFOS		
مؤشر الفينول	المعالجة الفيزيائية - الكيميائية للنفايات ذات القيمة الحرارية	مرة كل شهر
	معالجة النفايات السائلة	مرة كل يوم
	إعادة تكرير نفايات الزيوت	
إجمالي النيتروجين	معالجة النفايات السائلة	مرة كل يوم
إجمالي الكربون العضوي	جميع معالجات النفايات ما عدا معالجة النفايات السائلة	مرة كل شهر

المادة/ المعامل	عملية معالجة النفايات	الحد الأدنى من تكرار الرصد
	معالجة النفايات السائلة	مرة كل يوم
إجمالي الفوسفور	معالجة النفايات السائلة	مرة كل يوم
	معالجة نفايات الزيوت	
إجمالي المواد الصلبة العالقة TSS	جميع معالجات النفايات ما عدا معالجة النفايات السائلة	مرة كل شهر
	معالجة النفايات السائلة	مرة كل يوم

تتمثل أفضل التقنيات المتاحة في مراقبة الانبعاثات، وفقاً للتكرار الموضح في الجدولين 9-1 و9-2، والسجلات المقابلة التي يتعين الاحتفاظ بها لكل معلمة وتُرصد؛ وذلك لمتابعة التقدم المحرز بسهولة مع مرور الوقت.

ينبغي الحفاظ على جميع سجلات المراقبة الناتجة عن إجراءات المراقبة وتأمينها (انظر القسم 9-1-2)، وإتاحتها عند إجراء تفتيش من المركز.

9-4 تقديم التقارير

يجب على الشخص المعين استخدام البيانات المسجلة أعلاه لرصد إنتاج و/ أو إدارة النفايات في أي منشأة باستمرار، كما يتعين عليه إعداد تقارير بشأن جميع الجوانب المتعلقة بكل من النفايات الخطرة وغيرها، مثل الإنتاج والتخزين والنقل والمعالجة، وتقديم نسخة منها إلى الجهات المختصة بالمركز بشكل دوري على النحو الذي تحدده هذه الجهات.

إضافة إلى ذلك، يجب على المركز تحليل البيانات من كل مرفق لمقارنة كميات فئات النفايات المختلفة المُبلَّغ عنها، والبحث عن أسباب أو تفسيرات لأي اختلافات كبيرة.