مـــوان MWAN
المركز الوطني لإدارة النفايات
National Center for Waste Management

الضوابط والأدلة الفنية

لتصميم مرافق حرق النفايات وانشائها وتشغيلها

Standards & Technical Guidelines

Design, Construction and Operation of Waste Incineration Facilities

01 November 2024

REF# TG-WM-06

النسخة العربية (٢)

فهرس المحتويات

١ـ الغرض والنطاق..... ١٠
١ـ١ الغرض..... ١٠
١ـ٢ النطاق ١٠
٢ـ المتطلبات التنظيمية..... ١٢
٣ـ الأدوار والمسؤوليات..... ١٤
٤ـ لمحة عامة حول حرق النفايات..... ١٦
٤ـ١ نظرة عامة على تقنية المعالجة ١٨
٤ـ٢ اعتبارات بيئية عامة ٢٠
٥ـ مواصفات الموقع ومتطلبات البنية التحتية..... ٢٢
٥ـ١ إرشادات البنية التحتية للموقع بالنسبة لمنشآت حرق النفايات ٢٢
٥ـ١ـ١ تحديد الموقع ـ اعتبارات عامة ٢٣
٥ـ١ـ٢ تصريف المياه السطحية ٢٣
٥ـ١ـ٣ الخدمات والمرافق..... ٢٤
٥ـ١ـ٤ السياج والحماية ٢٤
٥ـ١ـ٥ منطقة النفايات المرفوضة..... ٢٥
٦ـ متطلبات التصميم وأفضل التقنيات المناسبة المطبقة لمنشآت حرق النفايات. ٢٥
٦ـ١ مقدمة ٢٥
٦ـ٢ تقنيات التخزين والمناولة قبل المعالجة ٢٦
٦ـ٢ـ١ النفايات البلدية الصلبة والنفايات المماثلة لها ٢٦
٦ـ٢ـ٢ النفايات الخطرة ٢٧
٦ـ٢ـ٣ حمأة الصرف الصحي ٢٩
٦ـ٣ مقارنة العمليات والتقنيات المختلفة للمرحلة الحرارية..... ٣١
٦ـ٤ تقنيات لزيادة استرداد الطاقة..... ٣٣
٦ـ٥ تقنيات منع الحد من الانبعاثات والسيطرة عليها..... ٣٦
٦ـ٥ـ١ تقنيات الحد من الانبعاثات داخل الهواء ٣٦
٦ـ٥ـ٢ تقنيات تقليل التصريف إلى الماء ٥٢
٦ـ٥ـ٣ تقنيات معالجة النفايات الصلبة..... ٥٧
٦ـ٥ـ٤ خطة التخلص من الروائح..... ٦١
٦ـ٥ـ٥ إدارة المخرَجات ٦١
٦ـ٥ـ٦ كفاءة المواد ٦١
٦ـ٥ـ٧ تقنيات منع انبعاثات الضوضاء والاهتزازات والتحكم فيها..... ٦٢
٦ـ٦ أفضل التقنيات المناسبة لتحسين الأداء الاقتصادي والطاقة والبيئة ٦٤

٧ـ التقنيات الناشئة ٦٥

٧ـ١ إعادة تسخين بخار التوربينات ٦٥

٧ـ٢ جهاز تنقية الزيت لتقليل المواد العطرية متعددة الهالوجينات والهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات (PAHs) في غازات مداخن محطات الحرق ٦٥

٧ـ٣ أكسجين مضغوط عديم اللهب ٦٥

٧ـ٤ استعادة الفوسفور من رماد حرق حمأة الصرف الصحي ٦٦

٧ـ٤ـ١ العمليات الكيميائية الرطبة ٦٦
٧ـ٤ـ٢ العمليات الحرارية ٦٧

٨ـ التشغيل والصيانة ٦٧

٨ـ١ تقنيات التشغيل لتحسين الأداء البيئي لمنشآت حرق النفايات ٦٧

٨ـ١ـ١ مراقبة جودة النفايات الواردة ٦٨
٨ـ١ـ٢ تخزين النفايات ٧٢
٨ـ١ـ٣ المعالجة المسبقة للنفايات الواردة ونقلها وتحميلها ٧٦

٨ـ٢ التدريب ٧٩

٨ـ٢ـ١ متطلبات التدريب ٧٩
٨ـ٢ـ٢ التدريب في حالات الطوارئ ٨٠

٩ـ اعتبارات الصحة والسلامة ٨١

٩ـ١ أجهزة وتدابير السلامة ٨١

٩ـ٢ السياج والحماية ٨٢

٩ـ٣ خطط إدارة الحوادث ٨٢

١٠ـ المراقبة والتسجيل والإبلاغ ٨٤

١٠ـ١ نظام الإدارة البيئية (EMS) ٨٤

١٠ـ٢ مراقبة مدخلات النفايات وحفظ السجلات ٨٤

١٠ـ٣ رصد وحفظ سجلات الانبعاثات المحصورة ٨٥

١٠ـ٤ رفع التقارير ٨٩

فهرس الأشكال

الشكل ١: مثال لمحطة حرق النفايات البلدية الصلبة..... ٢٦

فهرس الجداول

الجدول ٤-١: الغرض من المكونات المختلفة لمحرقة النفايات ١٧
الجدول ٤-٢: طرق حرق النفايات وملخص التقنية ونوع النفايات المعالجة..... ١٩
الجدول ٦-١: ظروف التفاعل النموذجية ونواتج عمليات الاحتراق والتحلل الحراري والتغويز (عملية تحويل المواد التي تحوي في تركيبها على الكربون) ٣١
الجدول ٦-٢: مقارنة عمليات حرق النفايات المختلفة ٣٢
الجدول ٦-٣: تقنيات لمنع أو تقليل انبعاثات الغبار في الهواء، من معالجة الخبث ورماد القاع ٣٧
الجدول ٦-٤: التقنيات المُستخدمة لتقليل انبعاثات الغبار والمعادن والفلزات من حرق النفايات في الهواء ٣٨
الجدول ٦-٥: وضع المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي حدوداً للانبعاثات الموجهة إلى الهواء؛ من الغبار والمعادن والفلزات الناتجة من حرق النفايات ٣٩
الجدول ٦-٦: مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة (BAT-AELs) للانبعاثات الموجهة إلى الهواء؛ من الغبار والمعادن والفلزات جراء حرق النفايات ٤١
الجدول ٦-٧: مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة (BAT-AELs) لانبعاثات الغبار الموجهة إلى الهواء؛ من المعالجة المغلقة للخبث ورماد القاع باستخراج الهواء ٤١
الجدول ٦-٨: التقنيات المُستخدمة لتقليل انبعاثات حمض الهيدروكلوريك وفلوريد الهيدروجين وثنائي أكسيد الكبريت، الموجهة إلى الهواء جراء حرق النفايات في الهواء ٤٢
الجدول ٦-٩: وضع المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي حدوداً للانبعاثات الموجهة إلى الهواء؛ من حمض الهيدروكلوريك وفلوريد الهيدروجين وثنائي أكسيد الكبريت جراء حرق النفايات..... ٤٣
الجدول ٦-١٠: مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة (BAT-AELs) للانبعاثات الموجهة إلى الهواء؛ من كلوريد الهيدروجين وفلوريد الهيدروجين وثنائي أكسيد الكبريت جراء حرق النفايات..... ٤٣
الجدول ٦-١١: التقنيات المُستخدمة لتقليل انبعاثات أكاسيد النيتروجين الموجهة إلى الهواء جراء حرق النفايات، وانبعاثات الأمونيا إلى الهواء جراء استخدام الاختزال الانتقائي الحفزي و/ أو غير الحفزي..... ٤٤
الجدول ٦-١٢: وضع المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي حدوداً لانبعاثات أكاسيد النيتروجين والكوبالت، الموجهة إلى الهواء جراء حرق النفايات..... ٤٦
الجدول ٦-١٣: مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة لانبعاثات أكاسيد النيتروجين والكوبالت بسبب حرق النفايات، وانبعاثات الأمونيا نتيجة استخدام الاختزال الانتقائي الحفزي أو غير الحفزي..... ٤٦
الجدول ٦-١٤: التقنيات المُستخدمة لتقليل انبعاثات الموجهة إلى الهواء من المركبات العضوية، بما في ذلك ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور وثنائي الفينيل متعدد الكلورة جراء حرق النفايات ٤٧
الجدول ٦-١٥: وضع المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي حدوداً للانبعاثات الموجهة إلى الهواء من المركبات العضوية جراء حرق النفايات..... ٤٩
الجدول ٦-١٦: مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة للانبعاثات الموجهة إلى الهواء من إجمالي الكربون العضوي المتطاير معبراً عنه برمز "C" (في الهواء)، وديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور ومركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور الشبيهة بالديوكسين من حرق النفايات..... ٥٠
الجدول ٦-١٧: تقنيات للحد من انبعاثات الزئبق في الهواء (بما في ذلك ذروة انبعاثات الزئبق) من حرق النفايات ٥١
الجدول ٦-١٨: وضع المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي حدوداً لانبعاثات الزئبق الموجهة إلى الهواء جراء حرق النفايات ٥٢
الجدول ٦-١٩: مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة لانبعاثات الزئبق الموجهة إلى الهواء من حرق النفايات ٥٢

الجدول ٦-٢٠: تقنيات تقليل التصريف إلى الماء من عملية تكييف غاز المداخن و/أو من تخزين ومعالجة الخبث ورماد القاع ٥٤
الجدول ٦-٢١: مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة للانبعاثات المباشرة إلى جسم مائي مستقبِل ٥٥
الجدول ٦-٢٢: مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة للانبعاثات غير المباشرة إلى جسم مائي مستقبل ٥٧
الجدول ٨-١: التقنيات المطبقة لفحص وأخذ عينات من مختلف أنواع النفايات ٧١
الجدول ٨-٢: بعض الأمثلة على تقنيات التخزين المطبقة لأنواع النفايات المختلفة ٧٣
الجدول ٨-٣: التقنيات الرئيسة للحد من انبعاثات الغازات المتسربة إلى الهواء، وتسريبات الروائح، وانبعاثات غازات الدفيئة ٧٥
الجدول ٨-٤: بعض تقنيات الفصل المطبقة على أنواع النفايات المختلفة ٧٥
الجدول ٨-٥: ملخص للتطبيق الحالي لعمليات المعالجة الحرارية المطبقة على أنواع النفايات المختلفة ٧٨
الجدول ١٠-١: العناصر والحد الأدنى لمراقبة الانبعاثات الموجهة إلى الهواء (المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي)٨٦
الجدول ١٠-٢: العناصر والحد الأدنى لمراقبة الانبعاثات الموجهة إلى الهواء (أفضل التقنيات المتاحة) ٨٦
الجدول ١٠-٣: العناصر والحد الأدنى لمرات الرصد للتصريف إلى الماء من تكييف غاز الوقود و/ أو معالجة رماد القاع ٨٨

قائمة الاختصارات

BAT	أفضل التقنيات المتاحة
BAT-AELs	مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة
BREF	الوثائق المرجعية لأفضل التقنيات المتاحة
CEMS	نظام المراقبة المستمرة للانبعاثات
CPR	الإنعاش القلبي الرئوي
CV	القيمة التسخينية أو الحرارية
DCP	فسفات ثنائية الكالسيوم
DS	المواد الصلبة الجافة
EMS	نظام الإدارة البيئية
ESPs	مرسبات كهربائية ساكنة
FGC	تنظيف غازات المداخن
GHG	غازات الدفيئة (الاحتباس الحراري)
HCW	نفايات الرعاية الصحية
IBA	رماد قاع المحرقة
IBCs	حاويات السوائب الوسيطة
IED	التوجيه المتعلق بالانبعاثات الصناعية
IR	اللائحة التنفيذية
ISO	المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس/ الآيزو
KSA	المملكة العربية السعودية
MSW	النفايات البلدية الصلبة
المركز/ MWAN	المركز الوطني لإدارة النفايات
NCEC	المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي
PAHs	هيدروكربونات أروماتية متعددة الحلقات
PCBs	ثنائي الفينيل متعدد الكلور
PCC	غرفة ما بعد الاحتراق
PCDF	ثنائي بنزو باراديوكسين متعدد الكلور وثنائي بنزوفيوران متعدد الكلور
PCDD/ F	ثنائي البنزوفورانات متعددة الكلور والفوران
PM	الجسيمات الدقيقة
POPs	الملوثات العضوية الثابتة

PPE	معدات الحماية الشخصية
RDF	وقود مستخرج من النفايات
SCR	الاختزال الحفزي الانتقائي
SNCR	تخفيض انتقائي غير تحفيزي
TG	الضوابط والأدلة الفنية
TOC	مجموع الكربون العضوي
TSS	إجمالي المواد الصلبة العالقة
TVOC	إجمالي الكربون العضوي المتطاير ويُشار إليه بحرف "C" (في الهواء)
US EPA	وكالة حماية البيئة الأمريكية
VOCs	المركبات العضوية المتطايرة
WI	محرقة/ حرق النفايات
WM	إدارة النفايات
WML	نظام إدارة النفايات
WT BREF	الوثائق المرجعية لأفضل التقنيات المتاحة لمعالجة النفايات

التعريفات

رماد المحارق	جزء الرماد المتطاير الذي يتم إزالته من المرجل.
المركز	المركز الوطني لإدارة النفايات.
الانبعاثات الموجهة	انبعاثات الملوثات التي تتسرب إلى البيئة من خلال أيٍّ من أنواع مجاري الهواء، والأنابيب والمداخن والأقماع ومصارف الغازات، وما إلى ذلك.
الجهة المختصة	الجهة الحكومية المسؤولة عن إدارة النفايات تشغيليًّا، وفق نص نظامي خاص.
إطلاق الملوثات	الإطلاق المادي للملوثات من خلال منفذ محدد (مُوجَّه) للنظام (مثل: الصرف الصحي والمداخن وثقوب التنفيس ومناطق الكبح وفتحات التصريف).
التصريف	الإزالة الطبيعية أو الصناعية للمياه السطحية وتحت السطحية من منطقة ما، بما في ذلك مجاري المياه السطحية وممرات المياه الجوفية.
الانبعاث	الانبعاث المباشر أو غير المباشر للمواد أو الاهتزازات، أو الحرارة أو الضوضاء الناتجة من مصادر فردية، أو منتشرة في المنشأة بالهواء أو الماء أو الأرض.
غاز المداخن	خليط من نواتج الاحتراق والهواء الذي يخرج من غرفة الاحتراق، ويتم توجيهه لأعلى المدخنة لينبعث منها.
الرماد المتطاير	الجسيمات المنبعثة من غرفة الاحتراق، أو المتكونة داخل مجرى غاز المداخن، التي تنتقل في غاز المداخن.
الانبعاثات الهاربة (المنتشرة)	انبعاثات الملوثات التي تتسرب إلى البيئة؛ جراء النقص التدريجي في إحكام إحدى قطع المعدات المصممة لاحتواء سائل محصور (غازي أو سائل)، وهي مجموعة فرعية من الانبعاثات المنتشرة.
النفايات الخطرة	النفايات المُصنفة على أنها نفايات خطرة بناءً على أحكام النظام واللائحة، 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.
المفتش/ المفتشون	الأشخاص الذين يصدر بتحديدهم قرار من الوزير؛ لتولّي ضبط مخالفات أحكام النظام واللائحة وإثباتها والتحقيق فيها، مجتمعين أو منفردين.
السوائل المُرتشَحة	المحلول الذي يتم الحصول عليه من عملية الترشيح. يتكون المحلول من سائل يستخلص المواد المذابة أو المواد الصلبة العالقة، أو أي مكون آخر من المواد التي يمر خلالها.
الرخصة	إذن مكتوب يصدره المركز للقيام بأي نشاط يتعلق بإدارة النفايات، وذلك وفقاً لما يحدده النظام واللائحة.
النفايات غير الخطرة الأخرى	النفايات غير الخطرة التي ليست من النفايات البلدية الصلبة ولا حمأة الناتجة عن معالجة الصرف الصحي.
اللائحة	اللائحة التنفيذية للنظام.
المخلفات	أيُّ نفايات سائلة أو صلبة، ناتجة عن محرقة نفايات أو مرفق معالجة رماد القاع.
البقايا بعد حرق المعادن و/ أو رماد القاع	المخلفات الصلبة المُزالة من الفرن بمجرد حرق النفايات.

الحمأة	الحمأة المتبقية من محطات معالجة مياه الصرف الصحي البلدية أو الصناعية وأي محطات أخرى؛ لمعالجة مياه الصرف الصحي التي تكون مشابهة في التركيب للصرف الصحي البلدية أو الصناعية؛ أو الحمأة المتبقية من خزانات الصرف الصحي وأيِّ تجهيزات أخرى مشابهة لمعالجة مياه الصرف الصحي؛ أو غير ذلك من أنواع الحمأة المتبقية من محطات معالجة مياه الصرف الصحي، أو خزانات الصرف الصحي أو أيِّ تجهيزات أخرى مشابهة لمعالجة مياه الصرف الصحي.
التخزين	حفظ مكونات النفايات أو بعضها مؤقتاً، لنقلها أو للاستفادة منها لاحقاً.
الوزير	وزير البيئة والمياه والزراعة، رئيس مجلس إدارة المركز.
المعالجة	استخدام الوسائل الفيزيائية، أو البيولوجية أو الكيميائية، أو مزيج من هذه الوسائل، أو غيرها، لإحداث تغيير في خصائص النفايات، من أجل تقليل حجمها، أو تسهيل عمليات التعامل معها عند إعادة استخدامها أو تدويرها، أو استخلاص بعض المنتجات منها أو لإزالة الملوثات العضوية وغيرها، من أجل التخفيض أو الاستفادة من بعض مكونات النفايات أو القضاء على احتمال تسببها بالأذى للبشر أو البيئة.
إدارة النفايات	تنظيم أيِّ نشاط أو ممارسة تتعلق بالنفايات؛ من جمعها ونقلها وفرزها وتخزينها ومعالجتها وتدويرها واستيرادها وتصديرها والتخلص الآمن منها، بما في ذلك العناية اللاحقة بمواقع التخلص منها.
مُنتِج النفايات	كل شخص يُنتج نفايات مُصنَّفة بناءً على أحكام النظام.
مُقدِّم خدمة النفايات	الشخص المُرخَّص له أو المُصرَّح له بمزاولة نشاط من أنشطة إدارة النفايات.

١- الغرض والنطاق

١-١ الغرض

أُعِدَّت هذه الوثيقة من أجل توفير مجموعة من الضوابط والأدلة الفنية، حول اختيار أفضل التقنيات والممارسات المناسبة المتعلقة بحرق النفايات، وفقاً للسياق الاقتصادي والبيئي والاجتماعي المحلي داخل المملكة العربية السعودية، وبهدف الوصول إلى الخيار الأفضل، يجب مراعاة المعايير التالية:

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

تهدف هذه الوثيقة إلى توفير الضوابط والأدلة الفنية لأصحاب المصلحة، في ما يتعلق بأنشطة حرق النفايات، منها -على سبيل المثال- ما يلي:

- تصميم وإنشاء وتشغيل مرافق المعالجة.
- تدابير منع التلوث البيئي والحد منه والسيطرة عليه.
- تصميم وتنفيذ برنامج الرصد البيئي.
- الإدارة السليمة للمنتجات الثانوية وتدفقات النفايات المنتجة.

١-٢ النطاق

تعد الإدارة الفعالة والسليمة للنفايات خطوة أساسية في الانتقال إلى تحقيق مفهوم الاقتصاد الدائري، مستندة إلى "التسلسل الهرمي لادارة النفايات" الذي يحدد ترتيب الأولويات التالية: المنع والتحضير لإعادة الاستخدام والتدوير والاسترداد والتخلص الآمن، باعتباره الخيار الأقل تفضيلاً. ومع ذلك، فإن المنتجات الثانوية جزء لا يتجزأ من أي عملية صناعية ولا يمكن تجنبها عادة. وفي كثير من الحالات، لا يمكن استخدام هذه المنتجات الثانوية، والنفايات بوجه عام، وقد تصبح كذلك غير قابلة للتسويق. وعادة ما يتم إجراء تقييم لهذه المواد لتحديد ما إذا كانت تتطلب المزيد من المعالجة.. وتتمثل الأسباب الرئيسية لمعالجة النفايات في التالي:

- الحد من الطبيعة الخطرة للنفايات.
- استرداد الموارد والمواد الكامنة.
- الحد من كمية النفايات التي يلزم إرسالها في النهاية للتخلص منها.
- تحويل النفايات إلى طاقة: كهرباء أو حرارة، أو كلتيهما.

تتناول هذه الوثيقة عملية حرق النفايات (WI)، وبصفة خاصة فئات النفايات الآتية نظراً لطبيعتها:

- النفايات البلدية (النفايات المتبقية - غير المعالجة مسبقاً).
- النفايات البلدية المعالجة مسبقاً (على سبيل المثال: الأجزاء المختارة أو الوقود المشتق من النفايات).

- النفايات الصناعية غير الخطرة.
- النفايات الزراعية.
- النفايات الخطرة.
- الحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي.
- نفايات الرعاية الصحية. [1]

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

[1] ذُكرت فئة نفايات الرعاية الصحية للاكتمال فقط؛ إذ جرى تناولها بالتحليل المُفصَّل في الإرشادات الفنية ذات الصلة.

٢- المتطلبات التنظيمية

تعد 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.

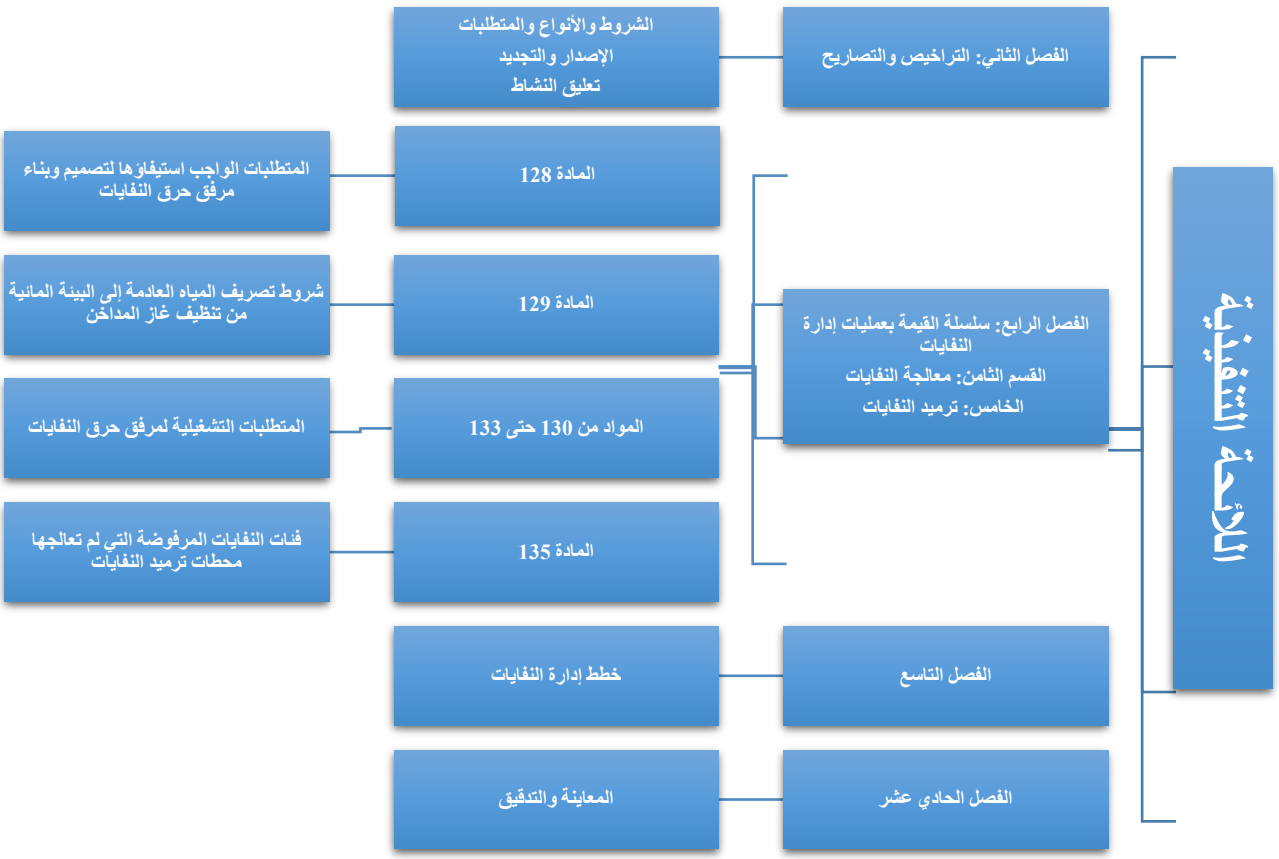
ويُنصح مستخدمو الضوابط والأدلة الفنية بالرجوع إلى نظام إدارة النفايات ولائحته التنفيذية، وبالأخص الأحكام التالية[32]:

[2] (نظام إدارة النفايات، المملكة العربية السعودية، ٢٠٢١)
[3] (اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات، ٢٠٢١)

إن للمصطلحات المُستخدَمة في هذه الضوابط والأدلة الفنية - الوثيقة نفس المعاني الواردة في نظام إدارة النفايات.

ويُقصد بالمعالجة - على وجه التحديد - إحداث تغيير في خصائص النفايات، وتهدف إلى تحقيق ما يلي:

- تقليل حجم النفايات.
- تسهيل عمليات معالجتها عند إعادة استخدامها أو تدويرها أو استخلاص بعض المنتجات منها.
- إزالة الملوثات العضوية والمعادن السامة/ الخطرة.
- تقليل بعض مكونات النفايات أو الاستفادة منها.
- التخلص من احتمالية الإضرار بالبشر أو البيئة.



٣- الأدوار والمسؤوليات

تشمل الأطراف المشاركة في إدارة النفايات: السلطة المختصة (المركز)، والمركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي (NCEC)، وشركات التصميم والبناء ومقدمي/ مشغلي خدمات النفايات (تستهدف هذه الوثيقة فقط ما يتعلق بمنشئآت المعالجة) والمستثمرين، ولكل طرف أدوار ومسؤوليات توضحها الفقرات الآتية.

	الأدوار والمسؤوليات
المركز	■ إصدار الرُخَص لحرق النفايات وفقاً للضوابط التي يحددها النظام ولائحته التنفيذية. ■ مراقبة التزام مقدمي الخدمة بأحكام النظام واللوائح والقواعد والتعليمات الصادرة بموجبه وشروط وأحكام ترخيصهم، عن طريق المفتشين المعينين بقرار من الوزير.
المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي	■ إصدار التصاريح البيئية لبناء وتشغيل محطات الحرق، وفقاً للضوابط التى يحددها النظام واللوائح بعد تقديم تقييم الأثر البيئي واعتماده. ■ مراقبة امتثال مقدمي الخدمة، في ما يتعلق بالعوامل البيئية (مثل الانبعاثات) لأحكام النظام واللوائح والقواعد والتعليمات الصادرة بموجبه، وكذلك شروط وأحكام ترخيصهم عن طريق المفتشين المعينين بقرار من الوزير.
شركات التصميم والبناء	الإلتزام بأحكام النظام واللوائح والقواعد والتعليمات الصادرة بموجبه، وشروط وأحكام تصاريح البناء والتراخيص البيئية، وأي تصاريح أخرى ذات صلة.
مقدمو الخدمة/ المشغلون	■ التحقق من صحة تفاصيل وثيقة نقل النفايات، والتأكد من أنها تندرج ضمن الترخيص الصادر باختصاص مرفق حرق النفايات. ■ تقديم تقارير دورية إلى المركز وفقاً للضوابط التي تحددها اللائحة. ■ الاحتفاظ بسجل كافٍ وحديث لعملياته وتقديمه بانتظام إلى المركز. ■ تقديم التدريب المناسب للموظفين المعينين لضمان تمتعهم بأعلى مستوى من المهارات والمؤهلات. ■ ضمان الإدارة السليمة والآمنة للمنتجات الثانوية والنفايات الناتجة عن عمليات حرق النفايات، وفقاً للوائح والتعليمات السارية الصادرة عن المركز. ■ تنفيذ نظام[4] المراقبة الذاتية للمرفق خلال مرحلة التشغيل وتحمل تكاليفه.

[4] تنطوي إجراءات الرقابة على المحطات ورصدها على الرقابة الذاتية التكنولوجية، وجودة المراقبة الذاتية للعوامل البيئية.

الأدوار والمسؤوليات

المستثمرون	▪ تولي مسؤولية الصيانة والإشراف والمراقبة، وفقاً للترخيص ذي الصلة و/ أو التراخيص أو التصاريح الأخرى التي يتطلبها النظام واللوائح والضوابط التقنية ذات الصلة التي يصدرها المركز. ▪ إبلاغ المركز بتقديم إشعارات خلال مدة أقصاها ٢٤ ساعة من اكتشاف أي آثار بيئية سلبية كشفت عنها المراقبة الذاتية. ▪ تقديم ضمانات مالية لضمان الوفاء بإلتزاماتهم. ▪ تنفيذ نظام[5] المراقبة الذاتية للمرفق خلال مرحلة التشغيل وتحمل تكاليفه.

[5] تنطوي إجراءات الرقابة على المحطات ورصدها على الرقابة الذاتية التكنولوجية وجودة المراقبة الذاتية للعوامل البيئية.

٤- لمحة عامة حول حرق النفايات

يُستخدَم الحرق بوصفه عملية معالجة لمجموعة واسعة جداً من النفايات، لكن الحرق نفسه ليس إلا جزءاً واحداً فقط من نظام معقد يعالج مجموعة واسعة من النفايات التي تُنتج في المجتمع.

ومن أهداف حرق النفايات ومعالجتها ما يلي:

- تقليل حجمها ومخاطرها أثناء الجمع (وبالتالي تقليل تركيزها).
- التخلص من النفايات التي يحتمل أن تكون ضارة، ويتم إطلاقها أو قد يتم إطلاقها أثناء الحرق.
- توفير وسيلة تمكن من استرداد الطاقة والمعادن و/ أو المحتوى الكيميائي للنفايات.

فقد أصبحت استرداد الطاقة من النفايات البلدية وما شابهها هدفاً مهماً لحرق النفايات (مفهوم "تحويل النفايات إلى طاقة" أو "إنتاج الطاقة من النفايات").

يمثل حرق النفايات - بشكل أساسي - عملية أكسدة للمواد القابلة للاحتراق الموجودة في النفايات، إذ تُعتبر النفايات بشكل عام مادة غير متجانسة؛ وهي تتكون أساساً من مواد عضوية ومعادن ومياه؛ تنشأ أثناء الحرق غازات المداخن التي تحتوي على غالبية طاقة الوقود المتاحة بشكلها الحراري.

تُشغل الأفران المساعدة تلقائياً عندما تنخفض درجة حرارة غازات الاحتراق - بعد الحقن الأخير لهواء الاحتراق - عن درجات الحرارة المحددة في الضوابط والأدلة الفنية ذات الصلة الصادرة عن المركز؛ أو تُستخدم عند بدء تشغيل المرفق وإغلاقها لضمان الحفاظ على درجات الحرارة المذكورة في جميع الأوقات أثناء هذه العمليات، وخلال وجود نفايات غير محترقة في غرفة الاحتراق.[6]

تُحترق مواد الوقود العضوي الموجودة في النفايات عندما تصل إلى درجة حرارة الاشتعال اللازمة، وتتلامس مع الأكسجين. وتحدث عملية الاحتراق الفعلية في الطور الغازي في جزء من الثواني، وتطلق في نفس الوقت طاقة؛ حيث تكون القيمة الحرارية للنفايات وإمدادات الأكسجين كافية؛ ويمكن أن يؤدي ذلك إلى تفاعل حراري متسلسل واحتراق ذاتي الدعم، أي ليست هناك حاجة لإضافة أنواع أخرى من الوقود.

وتتمثل المراحل الرئيسة لعملية الحرق في التالي:

١- التجفيف وإزالة الغاز: ينبعث المحتوى المتطاير (مثل: الهيدروكربونات والماء) عند درجات حرارة تتراوح عموماً بين ١٠٠ درجة مئوية و٣٠٠ درجة مئوية، ولا تتطلب عمليتا التجفيف والتفريغ أي عامل مؤكسد، وتعتمد فقط على الحرارة المزودة.

٢- الانحلال الحراري والتغويز (عملية تحويل المواد التي تحوي في تركيبها على الكربون): الانحلال الحراري هو التحلل الإضافي للمواد العضوية في حالة عدم وجود عامل مؤكسد، عند حوالي ٢٥٠-٧٠٠ درجة مئوية، أما التغويز (عملية تحويل المواد التي تحوي في تركيبها على الكربون) – تغويز البقايا الكربونية - فهو تفاعل البقايا مع بخار الماء وثاني أكسيد الكربون عند درجات حرارة تتراوح عادةً بين ٥٠٠ درجة مئوية و١٠٠٠ درجة مئوية، لكن يمكن أن يحدث عند درجات حرارة تصل إلى ١٦٠٠ درجة مئوية. وبالتالي، يتم نقل المواد العضوية الصلبة إلى المرحلة الغازية. وإضافة إلى درجة الحرارة يدعم هذا التفاعل الماء والبخار والأكسجين.

٣- الأكسدة: في تلك المرحلة تتأكسد الغازات القابلة للاحتراق، الناتجة في المراحل السابقة، اعتماداً على طريقة الحرق المختارة، في درجات حرارة غاز المداخن التي تتراوح بشكل عام بين ٨٠٠ و١٤٥٠ درجة مئوية.

[6] (اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات، ٢٠٢١)

وتتداخل هذه المراحل أثناء حرق النفايات بوجه عام، ما يعني محدودية الفصل المكاني والزماني بينها؛ فتلك العمليات تحدث جزئياً بالتوازي وتؤثر على بعضها البعض، ومع ذلك يمكن التأثير على هذه العمليات للحد من الانبعاثات الملوثة باستخدام التدابير التقنية داخل الفرن، تتمثل في: تصميم الفرن وتوزيع الهواء وهندسة التحكم.

إن المكونات الرئيسية لغاز المداخن في الحرق المؤكسد بالكامل، هي: بخار الماء والنيتروجين وثاني أكسيد الكربون والأكسجين. واعتماداً على تركيبة المادة المحترقة وعلى ظروف التشغيل، يتم تكوين كميات أصغر من ثاني أكسيد الكربون، وحمض الهيدروكلوريك، وفلوريد الهيدروجين، وحمض الهيدروبروميك، ويوديد الهيدروجين، وأكسيد النيتروس، والأمونيا، وثنائي أكسيد الكبريت، والمركبات العضوية المتطايرة، وديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور، وثنائي الفينيل متعدد الكلور، ومركبات المعادن الثقيلة (على سبيل المثال) أو تظل كما هي. واعتماداً على درجات حرارة الاحتراق خلال المراحل الرئيسة للحرق، تتبخر المعادن الثقيلة المتطايرة والمركبات غير العضوية (مثل الأملاح) كلياً أو جزئياً.

تُنقل هذه المواد من المخلفات المدخلة إلى غاز المداخن والرماد المتطاير الذي يحتوي عليه، وتنشأ متبقيات معدنية في صورة رماد متطاير (غبار) ورماد صلب أثقل (رماد قاع النفايات). وفي محارق النفايات البلدية يبلغ حجم رماد القاع ١٠٪ تقريباً، ويبلغ الوزن حوالي ٢٠-٣٠٪ من مدخلات النفايات الصلبة، حيث تكون كميات الرماد المتطاير أقل بكثير، وعادة ما تكون نسبة قليلة فقط من المدخلات، وتختلف نسب المخلفات الصلبة اختلافاً كبيراً؛ وفقاً لنوع النفايات وتصميم العملية التفصيلي.

ومن الضروري توفير كمية كافية من الأكسجين للحصول على احتراق مؤكسد فعال، حيث تتراوح نسبة الهواء "n" لهواء الحرق الموفر إلى هواء الحرق المطلوب كيميائياً (أو القياس المتكافئ) عادةً من ١-٢ إلى ٢-٥، اعتماداً على ما إذا كان الوقود غازاً أو سائلاً أو صلباً، وكذلك على نظام الفرن.

والاحتراق يشكل مرحلة من مراحل عملية الحرق الكلية، حيث تتكون المحارق عادة من مجموعة معقدة من المكونات التقنية المتفاعلة التي تؤثر على المعالجة الإجمالية للنفايات. ولكل من هذه المكونات غرض رئيسي مختلف قليلاً، كما هو موضح في الجدول أدناه.

الجدول ٤-٠: الغرض من المكونات المختلفة لمحرقة النفايات.

الهدف	مكون المحرقة
■ إتلاف النفايات العضوية. ■ تبخير الماء. ■ تبخير المعادن الثقيلة المتطايرة والأملاح غير العضوية. ■ إنتاج الخبث (بقايا الحرق) القابل للاستغلال. ■ تقليل حجم النفايات.	الفرن
■ استرداد الطاقة الصالحة للاستخدام.	نظام استرداد الطاقة
■ إزالة وتركيز المعادن الثقيلة المتطايرة والمواد العضوية إلى بقايا صلبة، مثل: بقايا تنظيف غازات المداخن، والحمأة الناتجة عن معالجة مياه الصرف. ■ تقليل الانبعاثات لجميع الوسائط.	تنظيف غازات المداخن

يمكن أن يكون مفهوم المنشأة المخصصة لإدارة النفايات إما في موقع النفايات لمعالجة النفايات الخاصة أو المنشآت التجارية، أو خارج المواقع التي تعالج النفايات وتتخلص منها. قد تعمل منشأة النفايات بتقنية واحدة فقط أو قد تجمع بين تقنيات متعددة، لا سيما إذا كانت منشأة تجارية تخدم عدداً من مولدات النفايات [7].

غير أن هناك بعض الاختلافات بين منشأة تجارية خارج الموقع، ومنشأة في الموقع متخصصة في معالجة نوع معين من النفايات؛ فالمنشأة خارج الموقع تقبل النفايات من خارج المجتمع المحلي، أما المنشأة الموجودة في الموقع فلا تتعامل إلا مع تلك النفايات الناتجة عما يمكن أن يكون نشاطاً اقتصادياً طويل الأمد ومهماً في المجتمع. ومن منظور تقني، تتعامل المنشأة خارج الموقع عموماً مع نطاق أوسع من أنواع النفايات، وعادة ما تكون أكبر وأكثر تعقيداً.

بقدر ما يتعلق الأمر بحرق النفايات، فإن المنشآت الموجودة في الموقع توجد بشكل عام في محطات معالجة المياه العادمة الكبيرة للمعالجة الحرارية للحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي، وإلا فإنها تكون عموماً خارج الموقع، وتكون منشآت واسعة النطاق لأنها ذات نفقات رأسمالية وتشغيلية أعلى، وبالتالي يوصى بتبني مفهوم "وفورات الحجم".

لا يحق لمنشأة حرق النفايات - بأي حال من الأحوال - الانخراط في أي نشاط متعلق بالنفايات، ما لم يكن ترخيص النشاط صادراً عن المركز.[8]

٤-١ نظرة عامة على تقنية المعالجة

شهد قطاع الحرق على مدار الأعوام الخمسة والعشرين الماضية - تطوراً تقنياً سريعاً، وكان كثير من هذا التغيير مدفوعاً بالتشريعات الخاصة بالصناعة، ما أدى إلى تقليل الانبعاثات في الهواء والماء. فالتطوير المستمر للعملية لا ينقطع، حيث يطور القطاع الآن تقنيات تحد من التكاليف، مع الحفاظ على الأداء البيئي أو تحسينه.

يمكن أن تختلف خصائص المادة المعالجة وفاعلية تقنية المعالجة اختلافاً كبيراً؛ اعتماداً على الخصائص المحددة لمدخلات النفايات الأصلية ونوع نظام التنظيف المطبق،[9] حيث يعتمد التصميم الدقيق لمرفق حرق النفايات على نوع النفايات التي تتم معالجتها. وتعتبر العناصر التالية وتنوعها من الدوافع الرئيسة:

- التركيب الكيميائي للنفايات.
- التركيب الفيزيائي للنفايات، مثل حجم الجسيمات.
- الخصائص الحرارية للنفايات، مثل: القيمة الحرارية ومستويات الرطوبة.

يمكن عادةً تحسين العمليات المصممة لنطاق ضيق من المدخلات المحددة أكثر من تلك التي تتلقى نفايات ذات تباين أكبر، وهو ما قد يسمح بإجراء تحسينات في استقرار العملية والأداء البيئي، وتبسيط العمليات النهائية مثل تنظيف غاز المداخن.

نظراً لمساهمة تنظيف غاز المداخل المهمة غالباً في تكاليف الحرق الإجمالية (أي حوالي ١٥٪ إلى ٣٥٪ من إجمالي الاستثمار الرأسمالي) فقد يؤدي هذا إلى انخفاض تكاليف المعالجة في المحرقة. ومع ذلك، يمكن أن تضاف التكاليف الخارجية للمعالجة المسبقة أو التجميع الانتقائي لنفايات معينة بشكل كبير، إلى التكاليف الإجمالية لإدارة النفايات والانبعاثات من نظام إدارة النفايات بأكمله. وغالباً ما تأخذ القرارات المتعلقة بالإدارة الأوسع للنفايات (النفايات الكاملة الناشئة وجمعها ونقلها ومعالجتها والتخلص منها وما إلى ذلك) في الاعتبار عدداً كبيراً جداً من العوامل، حيث يمكن أن يُمثل اختيار عملية الحرق جزءاً من العملية الأوسع.

---

[7] منتج النفايات

[8] (اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات، ٢٠٢١)

[9] (COMMISSION IMPLEMENTING DECISION (EU) 2018/1147. Best available techniques (BAT) conclusions for waste treatment, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council., 2018)

وبالنظر لوجود الكثير من العمليات والتقنيات المطبقة في القطاع ذي الصلة؛ فإن اختيار أفضل التقنيات المناسبة لحرق النفايات المعتمدة من المركز في الاعتبار ينبغي أن يأخذ بالاعتبار خصائص النفايات التي تتم معالجتها، وكذلك النتيجة المرجوة من العملية.

تتمثل المراحل الرئيسة لعملية الحرق في التالي:

- تقنيات المعالجة المسبقة والتخزين والمناولة.
- مرحلة المعالجة الحرارية.
- مرحلة استرداد الطاقة.
- منع التلوث والحد منه:
  - أنظمة تنظيف غازات المداخن والتحكم فيها.
  - معالجة مياه الصرف.
  - معالجة النفايات الصلبة.

لمرحلة المعالجة الحرارية، خيارات عدّة منها على سبيل المثال، ما يلي:

- محرقة شبكية.
- أفران دوارة.
- طبقات مميَّعة.
- أنظمة الانحلال الحراري.
- أنظمة التغويز (عملية تحويل المواد التي تحوي في تركيبها على الكربون).

ومن تقنيات المعالجة الحرارية الأخرى، ما يلي[10]:

- غرف حرق النفايات السائلة والغازية.
- حرق النفايات السائلة والغازية المكلورة باسترداد حمض الهيدروكلوريك.
- حرق النفايات السائلة المكلورة مع تدوير الكلور.
- حرق الحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي.
- عمليات البلازما.

يعرض الجدول ٤-٢ التقنيات الأكثر شيوعاً في مرحلة حرق النفايات. ولمزيد من المعلومات حول العمليات المختلفة ومخرجاتها، راجع القسم ٦-١.

الجدول ٤-٠: طرق حرق النفايات وملخص التقنية ونوع النفايات المعالجة.

عملية المعالَجة	نوع النفايات المعالَجة	ملخص التقنية
محارق شبكية	- النفايات البلدية المختلطة. - النفايات التجارية والصناعية غير الخطرة. - الحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي. - بعض نفايات الرعاية الصحية.	تقنية المعالجة الحرارية المستخدمة للنفايات غير المتجانسة ومنخفضة السعرات الحرارية. تُجمع الحرارة بكفاءة من خلال أنابيب مياه المراجل التي تشكل جدران الفرن، ما يساعد في توليد طاقة عالية الكفاءة بواسطة حرق النفايات.

[10] لم تتم مناقشة هذه التقنيات في هذه الإرشادات نتيجة لعدم تطبيقها.

عملية المعالَجة	نوع النفايات المعالَجة	ملخص التقنية
أفران دوارة	- تشمل تقريباً أي نفايات بصرف النظر عن نوعها وتكوينها. - النفايات الخطرة؛ معظم نفايات الرعاية الصحية الخطرة.	أفران المعالجة الحرارية المستخدَمة لمعالجة المواد الصلبة في درجات حرارة عالية للغاية لإحداث تفاعل كيميائي أو تغيير فيزيائي.
طبقات مميَّعة	- النفايات المقسَّمة تقسيماً دقيقاً (على سبيل المثال: الوقود المشتق من النفايات). - الحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي.	نظام تقنية احتراق يتم فيه تسييل طبقة الرمل (أو مادة خاملة مماثلة) بواسطة منفثات هوائية، ويتم تسخينها إلى درجات حرارة عالية بما يكفي لدعم الاحتراق، ثم تضاف النفايات القابلة للاحتراق.
أنظمة الانحلال الحراري	- النفايات البلدية. - الحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي. - نفايات الصرف الصحي الشائعة.	عمليات تفريغ النفايات في حالة عدم وجود الأكسجين؛ حيث يتم تكوين غاز الانحلال الحراري (غالباً ما يُطلق عليه الغاز المستخرج)، أو السائل (زيت الانحلال الحراري)، أو الصلب (الفحم والرماد والكربون بشكل أساسي).
أنظمة التغويز (عملية تحويل المواد التي تحوي في تركيبها على الكربون)	- النفايات البلدية. - بعض النفايات الخطرة. - الحمأة المجففة الناتجة من معالجة الصرف الصحي.	التقنيات البديلة لمعالجة النفايات الحرارية؛ الاحتراق الجزئي للمواد العضوية لإنتاج الغازات التي يمكن استخدامها كمواد خام (من خلال عمليات إعادة تشكيل معينة) أو كوقود.

٤-٢ اعتبارات بيئية عامة

تهدف المعالجة الحرارية إلى إحداث تخفيض شامل للتأثير البيئي الذي قد ينشأ من النفايات، إلّا أن الانبعاثات وعمليات الاستهلاك التي تنشأ أثناء تشغيل منشآت الحرق؛ يتأثر وجودها أو حجمها بتصميم المنشأة وتشغيلها. وتندرج القضايا البيئية الرئيسة التي تنشأ مباشرة من منشآت الحرق (لا يشمل ذلك التأثيرات أو الفوائد الأوسع للحرق) ضمن الفئات الرئيسة التالية:

- الانبعاثات الغازية إلى الهواء والماء.
- إنتاج النفايات.
- الضوضاء المصاحبة.
- إستهلاك الطاقة وإنتاجها.
- إستهلاك (كاشف) المواد الخام.
- الإنبعاثات المتسربة والرائحة؛ المنبعثة بشكل رئيسي من تخزين النفايات.
- الحد من مخاطر تخزين/ مناولة/ معالجة النفايات الخطرة.

تتضمن القضايا البيئية النموذجية الناشئة عن حرق النفايات ما يلي:

- عمليات تسرب النفايات إلى الهواء: تشمل (الغبار والمعادن الثقيلة والفلزات والأحماض، والغازات الأخرى، والمركبات العضوية وثاني أكسيد الكربون) الناشئة مباشرةً عن حرق النفايات (انبعاثات المداخن) من مناولة النفايات وتخزينها، أو من مناولة الكاشف الجاف ومن مناولة الرواسب، أو معالجة النفايات. (تم تحليل تقنيات تقليل تسرب النفايات إلى الهواء في القسم ٦-٥-١).
- التصريف إلى المياه: يشمل (المعادن والأملاح غير العضوية: الكلوريدات والكبريتات، وما إلى ذلك)، والمركبات العضوية الناتجة عن النفايات السائلة من أجهزة التحكم في التلوث، والتصريف النهائي للنفايات السائلة من معالجة

مياه الصرف من مياه المراجل ومياه التبريد، ومن تصريف الطرق، ومن مناطق التخزين والمناولة، ومن مناولة بقايا النفايات ومعالجتها. (يعرض القسم ٦-٥-٢ وصفاً تفصيلياً لتقنيات تقليل تصريف النفايات إلى الماء).

- بقايا النفايات الصلبة: تشمل رماد القاع والخبث ورماد الطبقة المميَّعة ورماد المراجل والحمأة وبقايا تنظيف غاز المداخن؛ الناتجة من الحرق نفسه، ومن تنظيف غاز المداخن. (يعرض القسم ٦-٥-٣ وصفاً تفصيلياً لتقنيات معالجة النفايات الصلبة).
- الضوضاء المصاحبة من المعدات: تشمل الضجيج الناتج عن الشاحنات والرافعات ومراوح العادم والمولدات التوربينية وما إلى ذلك. (يُحلل القسم ٦-٥-٧ تقنيات منع الضوضاء وانبعاثات الاهتزازات والتحكم فيها).
- استهلاك الطاقة: يقصد بذلك استهلاك الكهرباء المستوردة وما إلى ذلك، واستهلاك المواد الخام من النفايات والوقود الداعم وما إلى ذلك. (يعرض القسم ٦-٤، والقسم ٦-٥-٦ على التوالي على تقنيات زيادة كفاءة الطاقة والمواد).

وتتمثل مخرجات منشآت حرق النفايات في ما يلي:

- معالجة النفايات لإعادة استخدامها كمواد تعبئة أو بناء.
- ردم النفايات دون مزيد من المعالجة.
- الطاقة (الكهرباء و/ أو الحرارة كالبخار أو الماء الساخن).

نوقشت القضايا المذكورة أعلاه بمزيد من التفصيل في الفصول من ٦ إلى ٩ من الوثيقة الحالية.

٥- مواصفات الموقع ومتطلبات البنية التحتية

تنص المادة ٩٥ من القسم ٨ (الفصل ٤) من اللائحة التنفيذية على إرشادات عامة؛ لاختيار موقع منشآت النفايات التي تشمل منشآت حرق النفايات. وتشمل الضوابط والأدلة الفنية :

- مراعاة المسافة بين الموقع المقترح 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 المنتجة 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 ذات نفلذية منخفضة ومتماسكة.
- 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 ٩٧ من اللائحة التنفيذية، عند تحديد مواقع منشآت حرق النفايات، يجب تجنب المواقع أو المناطق الحساسة التالية:

- المواقع المجاورة للأراضي المشمولة في مخططات التطوير مثل: مناطق التوسع الحضري أوالتجاري أوالزراعي.
- المواقع الداخلة ضمن حيز القرى أو الحيز البحري أو مسارات الفيضانات إذا كانت معالجة النفايات أو التخلص منها قد تؤدي إلى تلوث المياه نتيجة تسرب السوائل إلى الأرض.
- المواقع التي تحتوي على نسبة عالية من 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 الأثرية 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.

٥-١ إرشادات البنية التحتية للموقع بالنسبة لمنشآت حرق النفايات

في ما يلي إرشادات البنية التحتية للموقع المتعلقة بمنشآت حرق النفايات:

٥-١-١ تحديد الموقع - اعتبارات عامة

- يجب تكوين وتنظيم منشآت حرق النفايات وفقاً للاستخدامات المتوقعة للأرض الموجودة داخلها؛ ويُعرف هذا الشكل من التنظيم والتخطيط المكاني باسم "تقسيم المناطق".[11]
- يساعد تقسيم المناطق من خلال الاستفادة من البنية التحتية للمرافق واستخدامها، على سبيل المثال: بما يتعلق بجمع النفايات ومعالجتها وشبكات النقل الداخلية وغيرها من وسائل الراحة. كما أنه يسهل حركة مرور المركبات والمشاة من خلال تمكين أنماط حركة واضحة.
- تُعد خرائط تقسيم منشآت حرق النفايات بناءً على عناصر الموقع الرئيسة مثل: شكل الحدود (المحيط)، وخصائص الموقع، وتوفر المساحة، والاعتبارات البيئية، والظروف المناخية التفصيلية، واعتبارات التوافق، والمناطق المحيطة، وإمكانية الوصول، والاعتبارات المتعلقة بالنقل والرؤية.
- يُعد استخدام الأراضي الحالية والمجاورة من الاعتبارات الحاسمة في اتخاذ قرار بشأن استخدامات الأراضي، وتقسيم المناطق القريبة والمستقبلية في الموقع.
- يمكن تصميم المناطق داخل مرفق حرق النفايات بطريقة الاستغلال الأمثل للموارد، بهدف الاستفادة من المواد والمياه الصناعية ومنتجات الطاقة الثانوية.
- يمكن تحسين كفاءة الطاقة من خلال تحفيز "تكافؤ الطاقة" وتسهيله. وبشكل أكثر تحديداً، ينبغي مراعاة استغلال الحرارة المنبعثة من النفايات، وألا يقتصر الأمر على استغلال الكهرباء الناتجة عن المعالجة الحرارية و/ أو مرفق حرق النفايات. نتيجة لذلك، ينبغي أن يكون موقع المرفق المحدد قريباً، بحيث يمكن استخدام مخرجاته الكهربائية والحرارية، وكذلك الصناعات المحيطة أو المجتمعات المجاورة.
- يُعد الفصل بين الأنشطة الملوثة وغير الملوثة ممارسة أخرى من ممارسات التقسيم السليم للمناطق.

وفي كل الأحوال، يجب أن تكون مرفق حرق النفايات جزءًا من الخطط المعتمدة بوصفها ضمن المناطق الصناعية، وأن تكون متناسبة مع حجم العمل وكمية الإنتاج، حسب المناطق المعتمدة في الخطط الصناعية.[12]

٥-١-٢ تصريف المياه السطحية

تُجمع المياه السطحية الناتجة عن جريان مياه الأمطار والسيول عبر كتلة النفايات وتصريفها وإدارتها بشكل منفصل، كما يتم نقل المياه الملوثة إلى وحدة معالجة، بينما يتم التخلص من مياه الأمطار غير الملوثة في المسطحات المائية الطبيعية، كما ينبغي مراعاة تصميم نظام التصريف قبل مرحلة التطوير، وفحص أنظمة التصريف على فترات سنوية طوال العمر التشغيلي للمرفق، لضمان سلامتها.

[11] (United Nations Industrial Development Organization, INTERNATIONAL GUIDELINES FOR INDUSTRIAL PARKS, 2019)

[12] (اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات، ٢٠٢١)

٥-١-٣ الخدمات والمرافق

يجب ضمان صحة وسلامة الموظفين في الموقع، وتمكين التحكم في العمليات في الموقع، وذلك بتوفير المرافق والمنشآت الآتية، بالاقتران مع المعدات المناسبة في محطات حرق النفايات.[13]:

- الإمداد المائي:
  - كمية كافية من المياه الصالحة للشرب وغير الصالحة للشرب، مع شبكات توزيع منفصلة.
  - محطة ضخ المياه.
- الإمداد بالطاقة:

محطات توزيع فرعية في مواقع استراتيجية، مع شبكة من الكابلات تحت الأرض أو خطوط علوية.

- إضاءة الشوارع:
  - إضاءة شوارع تقليدية أو تعمل بالطاقة الشمسية.
  - إضاءة ذكية موفرة للطاقة.
- الصرف الصحي:
  - أنظمة شبكات تجميع وتخزين الصرف الصحي والنفايات السائلة.
  - أنظمة إزالة الملوثات من مياه الصرف، ومياه الأمطار الجارية، من خلال المعالجة الأولية للنفايات السائلة.
  - نظام توزيع المياه المعالجة والمعاد تدويرها.
- الاتصال بتكنولوجيا المعلومات والاتصالات السلكية واللاسلكية، والخدمات التي تدعم تكنولوجيا المعلومات والاتصالات:
  - خدمات واي فاي وإنترنت عالية السرعة.
  - نظام بنية تحتية قوي للبيانات.
  - نظام اتصالات داخل مرفق المعالجة الفيزيائية والكيميائية.
- السلامة والأمن:
  - مركز رعاية صحية ومنشآت طبية.
  - مراكز الاستجابة للطوارئ (بما في ذلك الحوادث، والإسعافات الأولية، والحرائق، والمخاطر الكيميائية، والحوادث الأمنية، والكوارث الطبيعية، والأزمات، وما إلى ذلك).
  - البنية التحتية للسلامة العامة، بما في ذلك أنظمة المراقبة والكاميرات.

٥-١-٤ السياج والحماية

يجب وضع سياج حول محيط مرفق حرق النفايات لمنع التعدي على الموقع، وتوفير شاشة متابعة للمنشأة، وتحديد خطوط الملكية، وتوفير التحكم في تبعثر النفايات. ويجب ألا يقل ارتفاع السياج عن مترين حول محيط الموقع بالكامل، مع وضع لافتات مناسبة عند مدخل الموقع لردع المتسللين.

[13] (United Nations Industrial Development Organization, INTERNATIONAL GUIDELINES FOR INDUSTRIAL PARKS, 2019)

٥-١-٥ منطقة النفايات المرفوضة

يجب توفير مساحة من الموقع للسماح بالفصل المؤقت لشحنات النفايات غير الموثوقة، أو المحترقة أو غير المقبولة بالموقع، وأن تكون هذه المساحة بعيدة عن المناطق الرئيسية التي يتردد عليها الأفراد، إضافة إلى توفر معدات مكافحة الحريق في حالة احتراق شحنات النفايات.

ويجب تمييز هذه المنطقة بوضوح؛ والإشارة إلى الغرض المطلوب منها؛ لضمان عدم خلط النفايات بشكل غير مقصود. كما يجب توفير مسطح مرصوف بمساحة ١٠ × ١٠ أمتار؛ بحد أدنى، إلى جانب نظام تجميع الصرف الخاص بها. ويجب جمع الصرف الناتج من هذا الجزء من الموقع وعزله، حتى تثبت الاختبارات المعملية تناسبه للتصريف في نظام الصرف السطحي بالموقع، فإذا لم يكن ذلك مناسباً وجب نقل مياه الغسيل إلى صهاريج للمعالجة خارج الموقع في منشأة معالجة مياه مناسبة.

٦- متطلبات التصميم وأفضل التقنيات المناسبة المطبقة لمنشآت حرق النفايات.

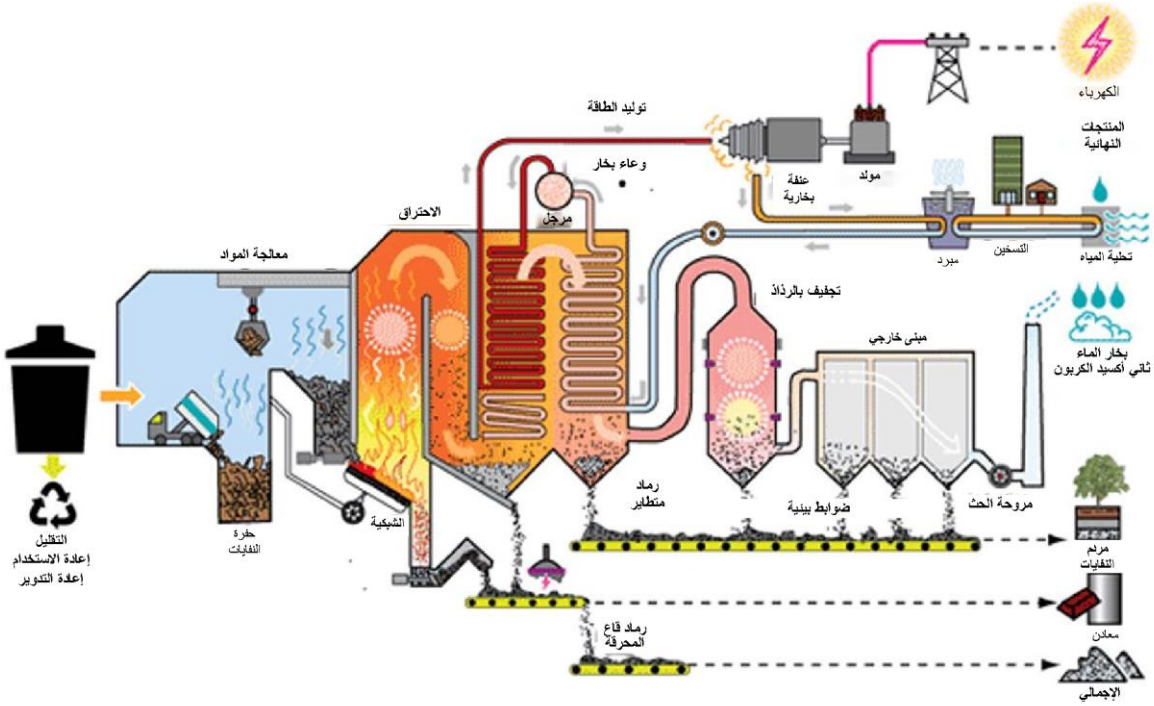
٦-١ مقدمة

تتمثل المراحل الأساسية لعملية الحرق - حسب المذكور في القسم ٤-١ من هذه الوثيقة - في التالي:

١- تقنيات المعالجة المسبقة والتخزين والمناولة.
٢- مرحلة المعالجة الحرارية.
٣- مرحلة استرداد الطاقة.
٤- منع التلوث والحد منه.

صُممت كل مرحلة لنوع أو أنواع معينة من النفايات المعالَجة في المنشأة، بما يمثل المراحل الأساسية لعملية الحرق، والمعلومات التي تصف هذه المراحل مُضمّنة لاحقاً في هذا الفصل.

ونظراً لأن العديد من المنشآت تعمل بشكل مستمر، وعلى مدار الساعة يومياً (ما يقرب من ٣٦٥ يوماً في السنة)، فقد تعاظم تأثير أنظمة التحكم وبرامج الصيانة في تأمين جاهزية المرفق. الشكل التالي يوضح مثالاً لمرفق حرق النفايات البلدية الصلبة.



الشكل ١: نموذج لمرفق حرق النفايات البلدية الصلبة.

في ما يلي أفضل التقنيات المناسبة لكل مرحلة من مراحل عملية الحرق.

٦-٢ تقنيات التخزين والمناولة قبل المعالجة

ربما تحتاج الأنواع المختلفة للنفايات التي يتم حرقها؛ إلى أنواع مختلفة من عمليات المعالجة المسبقة والتخزين والمناولة. يصف هذا القسم أكثر العمليات صلةً بالنفايات التالية:

- النفايات البلدية (النفايات المتبقية - غير المعالجة مسبقاً).
- النفايات البلدية المعالجة مسبقاً (على سبيل المثال: الأجزاء المختارة أو الوقود المشتق من النفايات).
- النفايات الصناعية غير الخطرة.
- النفايات الزراعية.
- النفايات الخطرة.
- الحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي.
- نفايات الرعاية الصحية[14].

٦-٢-١ النفايات البلدية الصلبة والنفايات المماثلة لها

٦-٢-١-١ الجمع والمعالجة المسبقة خارج مرفق حرق النفايات البلدية الصلبة

[14] ذُكرت فئة نفايات الرعاية الصحية للاكتمال فقط. جرى تناولها بالتحليل المُفصَّل في وثيقة الضوابط والأدلة الفنية ذات الصلة.

سيكون للجمع المحلي والمعالجة المسبقة على النفايات البلدية الصلبة تأثيرٌ شديدٌ على طبيعة المواد المستلمة في مرفق الحرق. قد يُقصد بمخططات التدوير إزالة[15] بعض الكسور؛ لذلك يجب أن تكون المعالجة المسبقة والعمليات الأخرى التي يتم إجراؤها في المحرقة متسقةً مع نظام الجمع المعمول به.

٦-٢-١-٢ المعالجة المسبقة للنفايات البلدية الصلبة داخل مرفق الحرق

يشيع استخدام الخلط داخل القبو في خلط النفايات البلدية الصلبة، ويتضمن ذلك عادةً استخدام نفس الأداة المستخدمة في تحميل الخزان. والأكثر شيوعاً اقتصار المعالجة المسبقة للنفايات البلدية الصلبة على تمزيق البالات المضغوطة، والنفايات كبيرة الحجم، وما إلى ذلك، على الرغم من أن عملية التمزيق تتم أحياناً على نحو أكثر اتساعاً.

٦-٢-١-٣ تسليم النفايات وتخزينها

منطقة تسليم النفايات: المكان الذي تصل إليه شاحنات التوصيل أو القطارات أو الحاويات؛ لتفريغ النفايات في المستودع عادةً بعد معاينتها ووزنها، إذ يتم التفريغ من خلال الفتحات بين منطقة التسليم والمستودع. ويمكن استخدام المنصات المائلة والمنزلقة لتسهيل نقل النفايات إلى المستودع، مع إغلاق الفتحات لمنع تسرب الروائح، وتكون بمثابة حاجز للحريق وتقلل مخاطر حوادث المركبات، كما يُمكن أن يكون تطويق منطقة التسليم فعّالاً في تقليل مشاكل الروائح والضوضاء والانبعاثات من النفايات.

٦-٢-٢ النفايات الخطرة

٦-٢-٢-١ تخزين النفايات

نظراً للتنوع الكبير في النفايات التي تمت مواجهتها، وخطورتها العالية المحتملة، والشكوك المتزايدة حول المعرفة الدقيقة بتكوين النفايات، يجب بذل جهد كبير لتقييم، وتوصيف، وتتبُّع النفايات الواردة خلال العملية بأكملها، حيث تحتاج الأنظمة المعتمدة إلى توفير مسار تدقيق واضح يسمح بتتبُّع أي حوادث إلى مصدرها، ما يتيح بعد ذلك تكييف الإجراءات لمنع المزيد من الحوادث، إذ تعتمد الإجراءات الدقيقة المطلوبة لقبول النفايات وتخزينها على الخصائص الكيميائية والفيزيائية للنفايات.

تستوعب المحرقة النموذجية، أو المصمَّمة - في بعض الحالات - لقبول ومعالجة النفايات الخطرة وغير الخطرة (النفايات البلدية الصلبة، ونفايات أخرى غير خطرة)، ومن الأمثلة البارزة على ذلك المحارق الشبكية المبردة بالماء والأفران الدوارة، وفي هذه الحالة تُعالج غازات المداخن من النفايات المختلفة في أنظمة تكييف غاز المداخن.[16]

ويتطلب اعداد تقرير بن طبيعة وأنواع النفايات المنتجة من موقع الحرق، بحيث يمكن لمسؤول التشغيل بالموقع بعد ذلك اتخاذ قرار بشأن التخزين المناسب والمعالجة المطلوبة، ويتضمن هذا الإعلان ما يلي:

- بيانات عن منتج النفايات والأشخاص المسؤولين.
- بيانات حول رمز النفايات والتسميات الأخرى للنفايات.
- بيانات عن منشأ النفايات.
- بيانات تحليلية عن مواد سامة معينة.
- الخصائص العامة مثل: معاملات الاحتراق كالكلوريد والكبريت والقيمة الحرارية ومحتوى الماء.
- معلومات السلامة/ البيئة الأخرى.

---

[15] الزجاج والمعادن والنفايات ذات القيمة الحرارية العالية (مثل الورق والبطاقات والبلاستيك)، والنفايات العضوية (مثل نفايات الطعام والحدائق)، والنفايات كبيرة الحجم والنفايات الخطرة.

[16] (COMMISSION IMPLEMENTING DECISION EU 2019/2010.Best available techniques (BAT) conclusions for waste incineration, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council., 2019)

- توقيع مُلزم قانوناً.
- بيانات إضافية بناءً على طلب محطة القبول.

تتطلب بعض أنواع النفايات تدابير إضافية، فغالباً ما يمكن وصف النفايات المتجانسة الخاصة بالإنتاج بشكل مناسب بعبارات عامة، وعادة فإن هناك حاجة إلى تدابير إضافية للنفايات ذات التركيبة الأقل شهرة (مثل: النفايات المنبعثة من مكبات النفايات أو من مجموعات النفايات المنزلية الخطرة)، بما في ذلك فحص كل حاوية نفايات فردية.

عند تعذر وصف تركيبة النفايات بشكل مُفصل (مثل: كميات صغيرة من مبيدات الآفات أو المواد الكيميائية المختبرية)، يجوز لشركة إدارة النفايات الاتفاق مع مُنتِج النفايات على متطلبات تغليف محددة، مع التأكد من أن النفايات لن تتفاعل أثناء النقل، وذلك عند حرقها أو داخل الحاويات. قد تنشأ المخاطر في الحالات التالية (على سبيل المثال):

- النفايات مع الفوسفات.
- النفايات مع أيزوسيانات.
- النفايات التي تحتوي على سبيل المثال: معادن قلوية، أو معادن تفاعلية.
- السيانيد مع الأحماض.
- النفايات التي تشكل غازات حمضية أثناء الاحتراق.
- النفايات مع الزئبق.

تخضع النفايات المُسلّمة عموماً لضوابط محددة لقبولها، قد تشمل تحليلات معملية مفصلة اعتماداً على حجم النفايات وطبيعتها، ثم تقارن التحقيقات البصرية والتحليلية للنفايات مع البيانات الواردة في الإعلان من منتِج النفايات، فإما أن تُقبل النفايات وتُوزع على منطقة التخزين المناسبة، أو تُرفض في حالة وجود مخالفات كبيرة.

٦-٢-٢-٢ التخزين

جرى تناول المبادئ العامة للتخزين في الضوابط والأدلة الفنية للتخزين المؤقت للنفايات الصادر عن المركز. يسلط هذا القسم الضوء على بعض القضايا الخاصة بحرق النفايات الخطرة داخل منشآت المعالجة مثل محطات الحرق.

من الممارسات الشائعة ضمان تخزين النفايات الخطرة - قدر الإمكان - في نفس الحاويات المستخدمة في النقل، وبالتالي تجنب الحاجة إلى مزيد من المناولة والنقل. فالتواصل الجيد مع منتِج النفايات يُساعد على ضمان تخزين النفايات ونقلها ومعالجتها، بحيث تدار المخاطر على طول السلسلة بشكل جيد، ومن المهم تخزين النفايات ذات المواصفات الجيدة والمتوافقة[17] فقط في الخزانات أو المستودعات.

٦-٢-٢-٢-١ تخزين النفايات الصلبة الخطرة

تُخزّن النفايات الخطرة الصلبة وغير القابلة للضخ، التي لم تُفرّغ من الغاز ولا تبعث رائحة داخل المستودعات، ويمكن فصل مناطق التخزين والخلط في المستودع من خلال العديد من قطاعات التصميم، حيث تعمل الرافعات على تغذية منتجات النفايات الصلبة والعجينية. ويلزم تصميم المستودع بحيث يمنع وصول الانبعاثات إلى التربة.

وينبغي تطويق المستودع والحاويات ما لم تكن هناك أسباب تتعلق بالصحة والسلامة تستدعي عدم تطويقها (على سبيل المثال: مخاوف من خطر الانفجار والحريق). وعادة ما يؤخذ هواء الاحتراق الخاص بالمحرقة من منطقة تخزين النفايات، لمنع انبعاثات الغبار والروائح، كما يجب مراقبة مناطق تخزين النفايات باستمرار، لضمان الكشف المبكر عن أي حرائق.

[17] يمكن الحصول على معلومات مفصلة حول النفايات غير المتوافقة؛ بالرجوع إلى الإرشادات الفنية للتخزين المؤقت للنفايات.

٦-٢-٢-٢ تخزين النفايات الخطرة القابلة للضخ

تُخزّن كميات كبيرة من السوائل والنفايات العجينية القابلة للضخ مؤقتاً في الخزانات، وينبغي توفر أعداد وأحجام كافية من الخزانات لاستيعاب التخزين المنفصل لأنواع النفايات غير المتوافقة (مثل: المواد المؤكسدة المخزنة بشكل منفصل عن المواد القابلة للاشتعال، لمنع الحرائق/ الانفجارات، والأحماض المخزنة بشكل منفصل عن الكبريتيدات، لمنع إنتاج كبريتيد الهيدروجين).

يجب تكييف الخزانات وخطوط الأنابيب والصمامات وموانع التسرب مع خصائص النفايات، من حيث البناء واختيار المواد والتصميم، وأن تكون مقاوِمة للتآكل بدرجة كافية، وأن يتم توفير خيار التنظيف وجمع العينات، وألّا تُستخدم الخزانات ذات القاعدة المسطحة . عموماً . سوى للحمولات الكبيرة.

٦-٢-٢-٣ تخزين الحاويات وحاويات الصهاريج

تُراكم النفايات الخطرة - غالباً - في حاويات خاصة لأسباب تتعلق بالسلامة، ثم تُسلّم إلى مرفق الحرق، كما يتم تسليم السوائل السائبة.

يُمكن تخزين الحاويات المُسلّمة أو نقل محتوياتها، وفي بعض الحالات؛ وفقاً لتقييم المخاطر، يمكن حقن النفايات في الفرن مباشرةً عبر خط أنابيب منفصل، ويمكن استخدام خطوط نقل ساخنة للنفايات التي لا تكون سائلة إلا في درجات حرارة أعلى.

عادةً توجد مناطق تخزين الحاويات وحاويات الخزانات بالخارج، سواء كانت مزودة بأسقف أو بدون أسقف، ويتم التحكم في الصرف من هذه المناطق - بشكل عام - حيث قد ينشأ التلوث.

٦-٢-٣ الامداد والمعالجة المسبقة

يمكن أن يتسبب النطاق الواسع للخصائص الكيميائية والفيزيائية لبعض النفايات الخطرة في صعوبات بعملية الحرق، وغالباً ما يتم تنفيذ درجة معينة من مزج النفايات أو المعالجة المسبقة المحددة لإنتاج مادة تغذية أكثر اتساقاً.

تمتلك بعض المحارق عمليات تجانس مخصصة ومتكاملة للمعالجة المسبقة للنفايات، تشمل ما يلي:

- آلة تمزيق المواد الصلبة الضخمة (مثل العبوات الملوثة).
- آلة تمزيق مخصصة للبراميل فقط.

يمكن تنفيذ أشكال أخرى من المعالجة المسبقة؛ اعتماداً على تكوين النفايات والخصائص الفردية لمرفق الحرق، على سبيل المثال:

- التعادل الكيميائي (لقبول النفايات، تكون قِيم الأس الهيدروجيني من ٤ إلى ١٢ طبيعية).
- تصريف الحمأة.
- تحويل الحمأة الى مواد صلبة من خلال الاستعانة بمواد رابطة.

٦-٢-٣ الحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي

٦-٢-٣-١ تكوين الحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي

يختلف تكوين الحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي وفقاً للعديد من العوامل التي تتمثل في:

- وصلات النظام، فعلى سبيل المثال: يُمكن للمدخلات الصناعية زيادة أحمال المعادن الثقيلة.
- المواقع الساحلية - على سبيل المثال - لإدراج المياه المالحة.

- المعالجات التي تتم أثناء أعمال المعالجة، على سبيل المثال: الفرز الخام فقط، وهضم الحمأة اللاهوائية، وهضم الحمأة الهوائية، وإضافة المواد الكيميائية المعالجة.
- الطقس الظروف المناخية/ الوقت من العام، فعلى سبيل المثال: يمكن أن يؤدي هطول الأمطار إلى تخفيف تركيز الحمأة.

٦-٢-٣-٢ المعالجة المسبقة للحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي

٦-٢-٣-٢-١ نزح الماء المادي (المعالجة الفيزائية للحمأة)

يقلل الصرف الميكانيكي قبل الحرق من حجم خليط الحمأة، ويزيد من قيمة الحرارة، ما يسمح بالحرق المستقل والاقتصادي.

ويعتمد نجاح الصرف الميكانيكي على الماكينات المختارة والتكييف الذي يتم تنفيذه ونوع الحمأة وتكوينها. كما يمكن تحقيق مستوى المواد الصلبة الجافة بين ١٠٪ و٤٥٪ من خلال الصرف الميكانيكي للحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي في الدوارق، وأجهزة الطرد المركزي، ومكابس الترشيح الحزامي، ومكابس الترشيح بالغرفة.

ويتم تكييف الحمأة – غالباً - قبل الصرف الآلي لتحسين تصريفها، ويتحقق ذلك بمساعدة المواد المضافة التي تحتوي على مواد بناء المعدات.

٦-٢-٣-٢-٢ التجفيف

كثيراً ما تظل المادة التي تُجفف بالتصريف الميكانيكي رطبة جداً، بحيث لا يمكن حرقها حرارياً تلقائياً؛ لذا يمكن استخدام وحدة التجفيف الحراري لزيادة قيمة الحرارة وتقليل حجم الحمأة قبل فرن الحرق. فيما يتم نزح المياه/ تجفيف الحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي في محطات تجفيف منفصلة أو متصلة، وتستخدم لذلك وحدات التجفيف التالية:

- مجفف القرص.
- المجفف الدوراني.
- طبقة التجفيف المميَّعة.
- مجفف الحزام.
- مجفف الأغشية الرقيقة/ مجفف القرص.
- مجفف الهواء البارد.
- مجفف الأغشية الرقيقة.
- مجفف الطرد المركزي.
- المجففات الشمسية.
- مجموعات من أنواع مختلفة.

٦-٣ مقارنة العمليات والتقنيات المختلفة للمرحلة الحرارية

يستخدم الاحتراق والتحلل الحراري والتغويز (عملية تحويل المواد التي تحوي في تركيبها على الكربون) - على نطاق واسع - في العمليات الحرارية لتحويل[18] النفايات إلى طاقة تتضمن التفكك الحراري في شكل حرارة أو كهرباء، وتتمايز هذه الطرق الحرارية حسب ظروف العملية:

- الاحتراق: احتراق مؤكسد كامل (العملية الأكثر شيوعاً إلى حد بعيد).
- التحلل الحراري: التحلل الحراري للمواد العضوية في غياب الأكسجين.
- تغويز: أكسدة جزئية.

يعرض الجدول ٦-١ (أدناه) ظروف التفاعل ونواتج هذه المعالجات الحرارية[19]:

الجدول ٦-٠: ظروف التفاعل النموذجية ونواتج عمليات الاحتراق والتحلل الحراري والتغويز (عملية تحويل المواد التي تحوي في تركيبها على الكربون)

	الاحتراق	التحلل الحراري	التغويز (عملية تحويل المواد التي تحوي في تركيبها على الكربون)
درجة حرارة التفاعل (سليسوس)	١٤٥٠-٨٠٠	٧٠٠-٢٥٠	١٦٠٠-٥٠٠
(بار) وحدة قياس الضغط	١	١	٤٥-١
المناخ	الهواء	خامل/ غاز النيتروجين	عامل التغويز (عملية تحويل المواد التي تحوي في تركيبها على الكربون): الأكسجين والماء
النسبة المتكافئة	١<	٠	١>
الغازات المنبعثة خلال العملية	ثاني أكسيد الكربون، وبخار الماء والأكسجين والنيتروجين	الغاز المستخرج (الهيدروجين وأكسيد الكربون) الهيدروكربونات وبخارالماء والنيتروجين	نسبة عالية من الغاز المستخرج (الهيدروجين وأكسيد الكربون) ثاني أكسيد الكربون والميثان والماء والنيتروجين
النواتج الصلبة خلال العملية	الرماد والخبث	الرماد، فحم الكوك	الخبث والرماد
النواتج السائلة خلال العملية		زيت الانحلال الحراري والماء	

[18] النفايات البلدية (النفايات المتبقية - غير المعالجة)؛ النفايات البلدية المعالجة مسبقاً (مثل: الأجزاء المختارة أو الوقود المشتق من النفايات)؛ النفايات الصناعية غير الخطرة والتغليف؛ النفايات الخطرة؛ حمأة الصرف الصحي؛ نفايات الرعاية الصحية.

[19] (COMMISSION IMPLEMENTING DECISION EU 2019/2010.Best available techniques (BAT) conclusions for waste incineration, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council., 2019)

كل هذه الأساليب لها بعض المزايا والقيود والأثر البيئي.

وعلى الرغم من أن محطات الانحلال الحراري والتغويز (عملية تحويل المواد التي تحوي في تركيبها على الكربون) ذات بنية أساسية مماثلة لمحطات حرق النفايات، فإن هناك بعض الاختلافات المهمة، وهي:

- انخفاض توليد الملوثات (مثل: الديوكسين، وأكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت والفيوران).
- توليد المنتجات الثانوية (مثل: الغاز المستخرج) التي تمت استعادتها بشكل أكبر.
- يمكن أن يكون احتراق المنتج مرحلة منفصلة، ويتضمن استرداد الطاقة عن طريق احتراق المنتجات والمعالجات اللاحقة للغاز/ الماء/ المواد الصلبة وإدارتها.
- الافتقار إلى التقنيات الراسخة في حالة استخدام النفايات كمواد وسيطة.
- المعالجة المسبقة، وقد تكون أكثر شمولاً لتوفير مادة وسيطة ذات قطاع جانبي ضيق ومعدات إضافية مطلوبة لمناولة ومعالجة وتخزين المواد المرفوضة.
- التحميل، يلزم المزيد من الاهتمام لإحكامه.
- مفاعل حراري ليحل محل (أو يُضاف إلى) مرحلة الاحتراق.
- تتطلب معالجة المنتجات والمنتجات الغازية والصلبة؛ مناولة وتخزين ومعالجة إضافية محتملة.

يوضح الجدول ٦-٢ تحليلاً مقارناً للطرق الحرارية المذكورة أعلاه.

الجدول ٦-٠: مقارنة عمليات حرق النفايات المختلفة[٢٠]

عملية حرق النفايات	المزايا	المُحددات
الاحتراق: تفاعل كيميائي بين المواد، وعادة يتضمن الأكسجين، ويكون مصحوباً بتوليد حرارة وضوء على شكل لهب.	• يقلل من حجم ووزن النفايات لردم النفايات (٧٠-٨٠٪). • التكنولوجيا ذات البنية التحتية الصناعية الراسخة. • يحول النفايات البلدية الصلبة إلى حرارة وطاقة وكهرباء وبخار مجتمعة.	• يولد كميات هائلة من غازات الاحتباس الحراري والتلوث. • إنتاج الديوكسينات وغيرها من الملوثات العضوية الثابتة. • عملية غير فعالة تماماً للنفايات التي تحتوي على رطوبة عالية. • البنية التحتية والمعدات واسعة النطاق اللازمة.
التغويز (عملية تحويل المواد التي تحوي في تركيبها على الكربون): عملية كيميائية حرارية تحول الكتلة الحيوية إلى غاز قابل للاشتعال يسمى غاز المنتج (الغاز المستخرج).	• تقليل كمية النفايات بمعدل ٥٠-٩٠٪. • مرتفع للغاية[21] • تحويل النفايات البلدية الصلبة إلى منتجات كربون وغاز اصطناعي غني	• إنتاج القطران. • أكثر ملاءمة لمحطات الطاقة الكبيرة. • تآكل الأنابيب المعدنية أثناء التفاعل. • ارتفاع تكاليف التشغيل/ الصيانة والمعالجة المسبقة مقارنة بالاحتراق. • الاستهلاك المرتفع للطاقة

[20] (COMMISSION IMPLEMENTING DECISION EU 2019/2010.Best available techniques (BAT) conclusions for waste incineration, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council., 2019)

[21] إمكانية إدارة أنواع مختلفة من النفايات.

المُحددات	المزايا	عملية حرق النفايات
• البنية التحتية والمعدات واسعة النطاق اللازمة. • نقص المعرفة في تصميم مُنتجات الغاز وتصنيعها وتشغيلها، إضافة إلى قضايا المخاطر والسلامة الخاصة بمنتجات الغاز.	بالهيدروجين والميثان وأكسيد الكربون[22] . • انخفاض توليد الملوثات (مثل: الديوكسين والفيوران) مقارنة بالاحتراق.	
• تشكيل فحم الكوك من المنتجات السائلة. • تحتوي المنتجات السائلة على نسبة عالية من الماء. • يمكن أن تتسبب اللزوجة العالية لزيت الانحلال الحراري في مشكلة في حرقه ونقله. • ارتفاع تكاليف المعالجة الأولية والتشغيل ورأس المال مقارنة بالتغويز (عملية تحويل المواد التي تحوي في تركيبها على الكربون) والاحتراق. • البنية التحتية والمعدات واسعة النطاق اللازمة.	• كفاءة عالية تصل إلى ٨٠٪ من استرداد الطاقة. • يحول النفايات البلدية الصلبة إلى: زيت حيوي وفحم حيوي وغاز انحلال حراري. • متطلبات حقلية محدودة. • يُولّد كمية أقل من الملوثات (الديوكسين وأكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت) مقارنة بالحرق. • مرتفع للغاية. • عدم الحاجة للقيام بأعمال التقطيع. • تُزود استراتيجيات التحكم في الانبعاثات بمرفق الانحلال الحراري.	التحلل الحراري: عملية التحويل الحراري للمادة العضوية باستخدام محفز في غياب الأكسجين، إذ يتكون غاز الانحلال الحراري (غالباً ما يُطلق عليه الغاز المستخرج)، أو السائل (زيت الانحلال الحراري)، أو الصلب (الفحم، والرماد والكربون بشكل أساسي).

يتشابه الاحتراق والانحلال الحراري والتغويز (عملية تحويل المواد التي تحوي في تركيبها على الكربون) في عدة أوجه، وقد تكون المنتَجات متماثلة لكن بنسب مختلفة؛ لذا عند اختيار أنسب آلية لإنتاج الطاقة فإنه ينبغي مراعاة المنتجات والاستخدامات النهائية المطلوبة؛ كأن تراعَى دواعي الاستخدام النهائي إن كانت لوقود النقل أو الطاقة والتدفئة أو توليد الكهرباء، وما إذا كان ينبغي النظر في المنتج النهائي المطلوب من الغاز أو الفحم أو الزيوت أو الحرارة فقط من عدمه.

ينص الملحق "١" على مصفوفة من التقنيات الخاصة بعمليات حرق النفايات، وتُمثّل معظم عمليات حرق النفايات عمليات وحدة أساسية تُستخدم على نطاق واسع في تطبيقات مختلفة في حرق النفايات. وتتضمن المصفوفة الموجودة في الملحق "١" - على وجه الخصوص - معلومات حول ملخص التقنية ومخرجات العملية وخيارات الإدارة ذات الصلة، إضافة إلى الانبعاثات الهوائية وتصريفات المياه جنباً إلى جنب مع تقنيات التخفيف المناسبة.

٦-٤ تقنيات لزيادة استرداد الطاقة

يمكن أن تتضمن مدخلات الطاقة لعملية الحرق ما يلي[23]:

- النفايات (بشكل رئيس).
- الوقود الداعم (مثل: الديزل والغاز الطبيعي):
  - لبدء التشغيل والإغلاق.

[22] يمكن للمحتوى العالي من الهيدروجين والميثان وأكسيد الكربون في الغاز المستخرج أن يزيد من القيمة الحرارية للنفايات.
[23] تسهم بعض مدخلات الطاقة المذكورة أعلاه في إنتاج البخار/ الحرارة؛ حيث تُستخدم الغلايات وبالتالي تُستعاد الطاقة جزئياً في العملية.

- للحفاظ على درجات الحرارة اللازمة مع نفايات ذات قيمة حرارية منخفضة.
- لإعادة تسخين غاز المداخن قبل المعالجة أو الإطلاق.

- الكهرباء المستوردة:
  - عند توقف التوربينات أو جميع الخطوط، وبالنسبة للمحطات بدون توليد كهرباء.

قد يشمل إنتاج الطاقة والاستهلاك الذاتي والصادرات ما يلي:

- الحرارة (مثل: البخار أو الماء الساخن).
- الكهرباء.
- الغاز المستخرج (محطات الانحلال الحراري والتغويز (عملية تحويل المواد التي تحوي في تركيبها على الكربون) التي لا تحرق الغاز المستخرج في الموقع).

تُصدر عمليات الانحلال الحراري والتغويز (عملية تحويل المواد التي تحوي في تركيبها على الكربون) بعض القيمة النشطة للنفايات الواردة مع المواد التي تصدرها، مثل: الغاز المستخرج والفحم والزيوت. وفي كثير من الحالات، حرق هذه المنتجات حرقاً مباشراً أو لاحقاً؛ كوقود للاستفادة من قيمة الطاقة الخاصة بها، على الرغم من إمكانية استخدامها لقيمتها الكيميائية كمادة خام بعد المعالجة المسبقة إذا لزم الأمر.

وفي أوروبا تنتج معظم محطات الحرق وتصدر الكهرباء أو التدفئة أو كلتيهما.

لذلك، يعد الاسترداد الفعال لمحتوى الطاقة من النفايات - بشكل عام - مسألة رئيسة في مجال حرقها، ولزيادة كفاءة الطاقة في مرفق الحرق، ينبغي أن تَستخدِم أفضل التقنيات المتاحة مزيجاً مناسباً من التقنيات الواردة أدناه.

	التقنية	الوصف	القابلية للتطبيق
أ	**تجفيف الحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي**	بعد نزح المياه ميكانيكياً، تُجفّف حمأة الصرف الصحي مرة أخرى - على سبيل المثال - باستخدام درجة حرارة منخفضة قبل تلقيمها في الفرن. ويعتمد مدى إمكانية تجفيف الحمأة على نظام تغذية الفرن.	قابل للتطبيق ضمن القيود المرتبطة بتوفر حرارة منخفضة الدرجة.
ب	**الحد من تدفق غاز المداخن**	تقليل تدفق غاز المداخن - على سبيل المثال - من خلال التالي: ■ تحسين توزيع هواء الاحتراق الأولي والثانوي. ■ تدوير غاز المداخن. يقلل تدفق غاز المداخن الأصغر من الطلب على الطاقة للمرفق (على سبيل المثال: بالنسبة لمراوح السحب المستحثة).	بالنسبة للمحطات القائمة، قد تكون إمكانية إعادة تدوير غاز المداخن محدودة؛ بسبب القيود التقنية (مثل: حمل الملوثات في غاز المداخن، وظروف الحرق).
ج	**التقليل من الفواقد الحرارية**	يمكن تقليل الفواقد الحرارية - على سبيل المثال - من خلال التالي: ■ استخدام مراجل أفران متكاملة؛ ما يسمح باسترداد الحرارة من جوانب الفرن. ■ العزل الحراري للأفران والمراجل. ■ تدوير غاز المداخن. ■ استرداد الحرارة من تبريد الخبث ورماد القاع.	لا تنطبق مراجل الأفران المتكاملة على الأفران الدوارة أو الأفران الأخرى المخصصة لحرق النفايات الخطرة تحت درجة حرارة عالية.

	التقنية	الوصف	القابلية للتطبيق
د	**تحسين تصميم المرجل**	يتم تحسين نقل الحرارة في المرجل عن طريق - على سبيل المثال - تحسين التالي: ■ سرعة غاز المداخن وتوزيعها. ■ دوران الماء/ البخار. ■ حزم الحمل الحراري. ■ أنظمة تنظيف المراجل على الخط، وبعيداً عن الخط؛ من أجل تقليل تلوث حزم الحمل الحراري.	قابل للتطبيق على المحطات الجديدة وعمليات التعديل التحديثي الرئيسة للمحطات الحالية.
هـ	**المبادلات الحرارية ذات درجة الحرارة المنخفضة لغاز المداخن**	تُستخدم المبادلات الحرارية الخاصة المقاومة للتآكل، لاسترداد الطاقة الإضافية من غاز المداخن عند مخرج المرجل، بعد المرسب الكهروستاتيكي، أو بعد نظام حقن المواد الماصَّة الجافة.	قابل للتطبيق ضمن قيود ملف تعريف درجة حرارة التشغيل لنظام تكييف غاز المداخن. وفي حالة المحطات الموجودة، قد تكون قابلية التطبيق محدودة بسبب نقص المساحة.
و	**ظروف بخار عالية**	كلما زادت ظروف البخار (درجة الحرارة والضغط)، زادت كفاءة تحويل الكهرباء التي تسمح بها دورة البخار. يتطلب العمل في ظروف بخار عالية (على سبيل المثال: فوق ٤٥ بار، ٤٠٠ درجة مئوية) استخدام سبائك فولاذية خاصة أو كسوة حرارية؛ لحماية أقسام المرجل المعرضة لأعلى درجات الحرارة.	قابل للتطبيق على المحطات الجديدة وعمليات التعديل التحديثي الرئيسة للمحطات القائمة، حيث يتم توجيه المرفق بشكل أساسي نحو توليد الكهرباء. وقد تكون قابلية التطبيق محدودة بالتالي: ■ لزوجة الرماد المتطاير. ■ تآكل غاز المداخن.
ز	**التوليد المشترك للطاقة**	التوليد المشترك للحرارة والكهرباء؛ حيث تُستخدم الحرارة (بشكل رئيس من البخار الذي يترك التوربين) لإنتاج الماء الساخن/ البخار، لاستخدامه في العمليات/ الأنشطة الصناعية، أو في شبكة تدفئة/ تبريد المنطقة.	قابل للتطبيق ضمن القيود المرتبطة بالحرارة المحلية والطلب على الطاقة و/أو توفر الشبكات.
ح	**مكثف غاز المداخن**	مبادل حراري أو جهاز غسيل مزود بمبادل حراري؛ حيث يتكثف بخار الماء الموجود في غاز المداخن، وينقل الحرارة الكامنة إلى الماء عند درجة حرارة منخفضة بدرجة كافية (على سبيل المثال التدفق العائد لشبكة التدفئة المركزية). يوفر مكثف غاز المداخن فوائد مشتركة؛ من خلال تقليل الانبعاثات في الهواء (مثل: الغبار والغازات الحمضية). كما يمكن أن يؤدي استخدام المضخات الحرارية إلى زيادة كمية الطاقة المستعادة من تكثيف غاز المداخن.	قابل للتطبيق ضمن القيود المرتبطة بالطلب على درجات الحرارة المنخفضة، على سبيل المثال من خلال توفر شبكة تدفئة محلية ذات درجة حرارة منخفضة بدرجة كافية.
ك	**معالجة رماد القاع الجاف**	يتساقط رماد القاع الجاف والساخن من الشبكة إلى نظام النقل، ويُبرد بواسطة الهواء المحيط، ثم تُسترد الطاقة المفيدة باستخدام هواء التبريد المستخدم في عملية الاحتراق.	ينطبق فقط على الأفران الشبكية، وقد تكون هناك قيود فنية تمنع التعديل التحديثي للأفران الموجودة.

وتتمثل أفضل التقنيات المتاحة لزيادة كفاءة موارد مرفق الحرق في استخدام مرجل استرداد الحرارة، لاسترداد الطاقة الموجودة في غاز المداخن وإنتاج الماء الساخن و/ أو البخار، التي يمكن تصديرها واستخدامها داخلياً و/ أو تستخدم لإنتاج الكهرباء.

٦-٥ تقنيات منع الحد من الانبعاثات الغازية والسيطرة عليها

نظراً لخطورة النفايات بيئيًّا، يُنظر إلى المعالجة الحرارية لها وإدارتها بطريقة سليمة، كأحد الحلول الجيدة للتهديدات البيئية المترتبة على تدفق النفايات غير المدارة أو المدارة على نحو سيئ.

وعلى الرغم من أن المعالجة الحرارية تهدف على محو - أو تقليل - التأثير البيئي للنفايات، فإن الانبعاثات وعمليات الاستهلاك التي تنشأ أثناء تشغيل منشآت الحرق يتأثر وجودها أو حجمها بتصميم المنشأة وتشغيلها.

يلخص هذا القسم القضايا البيئية الرئيسة التي تنشأ مباشرة من منشآت الحرق (لا يشمل التأثيرات أو الفوائد الأوسع للحرق).

وتندرج الآثار أساساً ضمن الفئات الرئيسة التالية:

- الانبعاثات الغازية إلى الهواء والماء.
- إنتاج النفايات.
- الضوضاء المصاحبة.
- استهلاك الطاقة وإنتاجها.
- استهلاك (كاشف) المواد الخام.
- الانبعاثات المتسربة والروائح المنبعثة بشكل رئيس من تخزين النفايات.
- الحد من مخاطر تخزين/ مناولة/ معالجة النفايات الخطرة.

٦-٥-١ تقنيات الحد من الانبعاثات الغازية

تظل الانبعاثات في الهواء محور اهتمام محطات حرق النفايات؛ ما أدى إلى تطورات كبيرة في تقنيات تنظيف غازات المداخن، وبالتالي تخفيضات كبيرة في الانبعاثات الغازية في الهواء. ومع ذلك، فإن السيطرة على الانبعاثات في الهواء ما زالت الشغل الشاغل للقطاع. ولأن عملية الحرق بأكملها - عادةً - ما تكون تحت ضغط جوي أقل قليلاً (إذ يشيع أن تتضمن مروحة شفط مستحثة)، فإن الانبعاثات في الهواء تحدث بشكل عام حصرياً من المدخنة.

في ما يلي ملخص الانبعاثات الرئيسية إلى الهواء من انبعاثات المداخن[24]:

- الغبار (الجسيمات - مختلف أحجام الجسيمات).
- الأحماض والغازات الأخرى (حمض الهيدروكلوريك، وفلوريد الهيدروجين، وبروميد الهيدروجين، ويوديد الهيدروجين، وثنائي أكسيد الكبريت، وأكاسيد النيتروجين، والأمونيا الثلاثية الهيدروجين).
- المعادن الثقيلة (الزئبق، والكادميوم، والثاليوم، والأرسين، والنيكل، والرصاص).
- ثاني أكسيد الكربون (غير مشمولة بموجب التوجيه المتعلق بالانبعاثات الصناعية، أو أفضل وثيقة مرجعية للتقنيات المتاحة).
- مركبات الكربون الأخرى (أول أكسيد الكربون، والمركبات العضوية المتطايرة، وديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور وثنائي الفينيل متعدد الكلورة).

[24] (COMMISSION IMPLEMENTING DECISION EU 2019/2010.Best available techniques (BAT) conclusions for waste incineration, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council., 2019)

قد تشمل عمليات تسرب النفايات إلى الهواء من مصادر أخرى:

- الروائح (المنبعثة من مناولة وتخزين النفايات غير المعالجة).
- غازات الاحتباس الحراري (المنبعثة من تحلل النفايات المخزنة مثل: الميثان وثاني أكسيد الكربون).
- الغبار (الناتج من معالجة الكاشف الجاف ومناطق تخزين النفايات).

يجب ألا تتجاوز الانبعاثات المذكورة أعلاه إلى الهواء - من محطات حرق النفايات - قيم الحد الأقصى التي نصت عليها اللائحة التنفيذية لنظام البيئة (الصادر بالمرسوم الملكي رقم م/ ١٦) الصادرة عن المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي. كما يجب تحديد كل التأثيرات المحتملة لمرفق حرق النفايات في أثناء تطوير النموذج التصميمي، وتنقيحها أثناء عملية الترخيص (كل من عمليات الترخيص التي يقوم بها المركز، والمركز الوطني لإدارة النفايات)، مع الإلتزام بتضمين خطة العمل التدابير التفصيلية للتخفيف من آثار الانبعاثات في تصميم المرفق.

٦-٥-١-١ الانبعاثات المنتشرة الغازية

يُمكن استخدام تقنية أو مزيج من التقنيات الواردة أدناه؛ من أجل منع أو تقليل انبعاثات الغبار في الهواء من معالجة الخبث ورماد القاع[25]:

الجدول ٦-٠: تقنيات لمنع أو تقليل انبعاثات الغبار في الهواء، من معالجة الخبث ورماد القاع.

	تقنية التخفيف	الوصف	القابلية للتطبيق
أ	**تطويق المعدات وتغطيتها**	تطويق/ تغليف العمليات التي يُحتمل أن تكون مغبرة (مثل: الطحن أو الغربلة) و/ أو تغطية الناقلات والمصاعد، ويمكن تنفيذ التطويق عن طريق تركيب كل المعدات في مبنى مغلق.	ربما يتعذر تطبيق تركيب الجهاز في مبنى مغلق على أجهزة المعالجة المتنقلة.
ب	**الحد من ارتفاع التفريغ**	مطابقة ارتفاع التفريغ مع الارتفاع المتغير للكومة آليًّا، إن أمكن (مثل: أحزمة النقل ذات الارتفاعات القابلة للتعديل).	قابل للتطبيق بوجه عام.
ج	**حماية المخزونات من الرياح السائدة**	حماية مناطق التخزين السائبة أو المخزونات بأغطية أو حواجز للرياح؛ مثل: الستار أو الجدران أو المساحات الخضراء العمودية، إضافة إلى التوجيه الصحيح للمخزونات المتعلقة بالرياح السائدة.	قابل للتطبيق بوجه عام.
د	**استخدام بخاخات الماء**	تركيب أنظمة رش الماء في المصادر الرئيسية لانبعاثات الغبار المنتشرة؛ حيث يساعد ترطيب جزيئات الغبار على تكتل الغبار واستقراره وتساقطه. ويتم تقليل انبعاثات الغبار في المخزونات من خلال ضمان الترطيب المناسب لنقاط الشحن والتفريغ أو للمخزونات نفسها.	قابل للتطبيق بوجه عام.
هـ	**تحسين محتوى الرطوبة**	يتم تحسين محتوى الرطوبة في الخبث/ رماد القاع إلى المستوى المطلوب؛ لاسترداد المعادن والمواد المعدنية بكفاءة مع تقليل تسرب الغبار وانتشاره.	قابل للتطبيق بوجه عام.

[25] (COMMISSION IMPLEMENTING DECISION EU 2019/2010.Best available techniques (BAT) conclusions for waste incineration, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council., 2019)

	تقنية التخفيف	الوصف	القابلية للتطبيق
و	**العمل تحت ضغط الغلاف الجوي**	إجراء معالجة الخبث ورماد القاع في المعدات أو المباني المغلقة (انظر التقنية أ) تحت ضغط الغلاف الجوي؛ لتمكين معالجة الهواء المستخرج بتقنية تخفيف كانبعاثات موجهة.	لا ينطبق إلا على الرماد الجاف المفرغ، وغيره من رماد القاع منخفض الرطوبة.

٦-٥-١-٢ الانبعاثات الغازية

٦-٥-١-٢-١ انبعاثات الغبار والمعادن والفلزات

يُمكن استخدام تقنية أو مزيج من التقنيات الواردة أدناه؛ لتقليل الانبعاثات الموجهة إلى الهواء من الغبار والمعادن والفلزات من حرق النفايات[26]:

الجدول ٦-٠: التقنيات المُستخدمة لتقليل انبعاثات الغبار والمعادن والفلزات من حرق النفايات في الهواء.

	تقنية التخفيف	الوصف	القابلية للتطبيق
أ	**المرشح الكيسي**	تُصنع المرشحات الكيسية أو القماشية من قماش منسوج مسامي أو من اللباد، تُمرر من خلاله الغازات لإزالة الجسيمات. ويتطلب استخدام مرشح كيسي اختيار قماش مناسب لخصائص غاز المداخن، ودرجة حرارة التشغيل القصوى.	ينطبق في العموم على المحطات الجديدة. قابل للتطبيق على المحطات الموجودة ضمن القيود المرتبطة بملف درجة حرارة التشغيل لنظام تكييف غاز المداخن.
ب	**المرسب الكهروستاتيكي**	تعمل المرسبات الكهروستاتيكية (ESPs) بحيث تُشحَن الجسيمات وتُفصَل تحت تأثير الحقل الكهربائي. إن هذه المرسبات قادرة على العمل في ظل مجموعة واسعة من الظروف. قد تعتمد كفاءة التخفيف على عدد الحقول ووقت الإقامة (الحجم) وأجهزة إزالة الجسيمات الأولية، وتشمل . بشكل عام . عدد من حقلين إلى خمسة. ويمكن أن تكون المرسبات من النوع الجاف أو الرطب؛ اعتماداً على التقنية المستخدمة لتجميع الغبار من الأقطاب الكهربائية. وتستخدم المرسبات الكهروستاتيكية الرطبة عادةً في مرحلة التلميع؛ لإزالة الغبار والقطرات المتبقية بعد الغسل الرطب.	قابل للتطبيق بوجه عام.
ج	**حقن المواد الماصَّة الجافة**	حقن وتشتت المادة الماصَّة على شكل مسحوق جاف في مجرى غاز المداخن. تُحقن المواد الماصَّة القلوية (مثل: بيكربونات الصوديوم، والجير المطفأ) للتفاعل مع الغازات الحمضية (حمض الهيدروكلوريك، حمض الهيدروكلوريك وأكسيد الكبريت). ويُحقن الكربون المنشط أو يُحقن بشكل مشترك لامتصاص خاصة ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور والزئبق. وتتم إزالة المواد الصلبة الناتجة، في أغلب الأحيان باستخدام مرشح كيس. ويمكن بعد إعادة التنشيط عن طريق النضج أو الحقن بالبخار؛ تدوير العوامل التفاعلية الزائدة لتقليل استهلاكها.	قابل للتطبيق بوجه عام.

[26] (COMMISSION IMPLEMENTING DECISION EU 2019/2010.Best available techniques (BAT) conclusions for waste incineration, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council., 2019)

	تقنية التخفيف	الوصف	القابلية للتطبيق
		غير مناسب لتقليل انبعاثات الغبار. امتزاز المعادن بحقن الكربون المنشط أو الكواشف الأخرى، مع نظام حقن مادة ماصَّة جافة أو جهاز امتصاص شبه رطب، يستخدم لتقليل انبعاثات الغازات الحمضية.	
د	**جهاز تنقية الغاز الرطب**	استخدام سائل - عادة ماء أو محلول/ معلق مائي - لالتقاط الملوثات من غاز المداخن عن طريق الامتصاص، ولا سيما الغازات الحمضية، إضافة إلى المركبات والمواد الصلبة الأخرى القابلة للذوبان. يمكن إضافة مادة ماصَّة كربونية (مثلا: ملاط أو عبوات بلاستيكية مشبعة بالكربون) إلى جهاز التنظيف الرطب؛ لامتصاص الزئبق و/أو ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور. تُستخدم أنواع مختلفة من تصميمات أجهزة التنظيف، على سبيل المثال: أجهزة تنقية الغاز النفاثة، وأجهزة غسل الغاز الدورانية، وأجهزة غسل الغاز الفنتوري، وأجهزة غسل الغاز بالرش، وأجهزة غسل الأعمدة المعبأة. لا تُستخدم أنظمة الغسل الرطب لإزالة حمولة الغبار الرئيسية، لكن تُثبت بعد تقنيات التخفيف الأخرى؛ لتقليل تركيزات الغبار والمعادن والفلزات في غاز المداخن.	قد تكون هناك قيود على تطبيقها؛ بسبب قلة توفر المياه كما في المناطق القاحلة.
هـ	**امتزاز الطبقة الثابتة أو المتحركة**	يُمرر غاز المداخن من خلال مرشح ذي قاعدة ثابتة أو متحرك، حيث يتم استخدام مادة ماصَّة (مثل: فحم الكوك المنشط، أو الفحم البني المنشط، أو البوليمر المشبع بالكربون) لامتصاص الملوثات.	قد تكون قابلية التطبيق محدودة بسبب انخفاض الضغط الكلي المرتبط بتكوين نظام تكييف غاز المداخن. وفي حالة المحطات الموجودة، قد تكون قابلية التطبيق محدودة بسبب نقص المساحة.

الجدول ٦-٠: وضع المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي حدوداً للانبعاثات الموجهة إلى الهواء ؛ من الغبار والمعادن والفلزات الناتجة من حرق النفايات[٢٧]

الحدود القياسية للانبعاثات الغازية (الغبار والمعادن والفلزات) الصادرة من محطات حرق النفايات

(المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي)

	الوسيط	منشآت الاحتراق (المُنشأة أو المُعدلة بعد ١ سبتمبر ٢٠٠٥)	حرق النفايات الخطرة والطبية (للمرافق التي أُنشئت قبل ١ سبتمبر ٢٠٠٥)	حرق النفايات الخطرة والنفايات الطبية (المُنشأة أو المُعدلة بعد ١ سبتمبر ٢٠٠٥)
أ	**PM الغبار (الجسيمات العالقة)**	٤٣ نانوجرام/ لتر (٠,١ رطل/ وحدة حرارية بريطانية)	٣٤ مجم/ متر مكعب	٣٤ مجم/ متر مكعب

[27] (Executive Regulations for Air Quality, For the environmental law issued by the Royal Decree No.(M/165),Ministry of Environment, Water & Agriculture, Dated 19/11/1441 AH, Kingdom of Saudi Arabia)

	الوسيط	منشآت الاحتراق (المُنشأة أو المُعدلة بعد ١ سبتمبر ٢٠٠٥)	حرق النفايات الخطرة والطبية (للمرافق التي أُنشئت قبل ١ سبتمبر ٢٠٠٥)	حرق النفايات الخطرة والنفايات الطبية (المُنشأة أو المُعدلة بعد ١ سبتمبر ٢٠٠٥)
			قياسي جاف مع التصحيح، مقسوماً على ٧٪ من الأكسجين	قياسي جاف مع التصحيح، مقسوماً على ٧٪ من الأكسجين
ب	الرياح العاتية	■ الإثْمِد: ٠,٠٠١٥١٢ نانوجرام/ جول ■ زرنيخ: ٠,٠٠٠٣٧٨ نانوجرام/ جول ■ بيريليوم: ٠,٠٠٠٠٦٣ نانوجرام/ جول ■ كادميوم: ٠,٠٠٠٠٢٥ نانوجرام/ جول ■ كروم: ٠,٠٠٢٥٢٠ نانوجرام/ جول ■ كوبالت: ٠,٠٠٣٧٨٠ نانوجرام/ جول ■ رصاص: ٠,٠٠١٠٠٨ نانوجرام/ جول ■ منجنيز: ٠,٠٠٢٥٢ نانوجرام/ جول ■ نيكل: ٠,٠١١٣٤٠ نانوجرام/ جول ■ سيلينيوم: ٠,٠٠٢٥٢٠ نانوجرام/ جول	■ إثْمِد: ٣٠٠ جم/ ساعة ■ رصاص: ٩٠ جم/ ساعة ■ فضة: ٣,٠٠٠ جم/ ساعة ■ باريوم: ٥٠٠٠٠ جم/ ساعة ■ ثاليوم: ٣٠٠ جم/ ساعة ■ زرنيخ: ٢,٣ جم/ ساعة ■ كادميوم: ٥,٤ جم/ ساعة ■ كروم: ٠,٨٢ جم/ ساعة ■ باريوم: ٤ جم/ ساعة	-
ج	**تيتانيوم + كادميوم**	-	-	٠,٠٥ مجم/ متر مكعب قياسي جاف
د	**إثّمِد + رصاص+ كوبالت + زرنيخ + كروم + نحاس + منجنيز + نيكل + فاناديوم**	-	-	٠,٠٥ مجم/ متر مكعب قياسي جاف

ما لم يُحدد خلاف ذلك، سيتم تحديد الامتثال بمقارنة متوسط البيانات المصحّحة لكل ساعة لدرجة الحرارة القياسية والضغط ومستوى الرطوبة ومحتوى الأكسجين، على النحو المحدد بواسطة طرق وكالة حماية البيئة الأمريكية.

الجدول ١-٠: مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة (BAT-AELs) للانبعاثات الموجهة الغازية في الهواء؛ (الغبار والمعادن والفلزات) الصادرة من محطات حرق النفايات.

	الوسيط	مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة (مجم/ متر مكعب عادي)[28] [29] [30]	متوسط الفترة
أ	الغبار	< ٢-٥	المتوسط اليومي
ب	كادميوم + تيتانيوم	٠,٠٠٥–٠,٠٢	المتوسط خلال فترة جمع العينات
ج	إثمد + زرنيخ + رصاص+ كروم + كوبالت + نحاس+ منجنيز+ نيكل + فاناديوم	٠,٠١–٠,٣	المتوسط خلال فترة جمع العينات
بالنسبة للمحطات الحالية المخصصة لحرق النفايات الخطرة التي لا يصلح لها المرشح الكيسي، يكون الحد الأعلى لنطاق مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة ٧ ملجم/ متر مكعب عادي.			

الجدول ٦-٠: مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة (BAT-AELs) لانبعاثات الغبار في الهواء؛ من المعالجة المغلقة للخبث ورماد القاع باستخراج الهواء.

الوسيط	مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة (مجم/ متر مكعب عادي)	متوسط الفترة
الغبار	٢-٥	المتوسط خلال فترة جمع العينات

٦-٥-١-٢-٢ انبعاثات حمض الهيدروكلوريك وفلوريد الهيدروجين وثنائي أكسيد الكبريت

لتقليل انبعاثات حمض الهيدروكلوريك وفلوريد الهيدروجين وثنائي أكسيد الكبريت الموجهة إلى الهواء جراء حرق النفايات، يُمكن استخدام تقنية أو مزيج من التقنيات الواردة أدناه[31]:

[28] (JRC Reference Report on Monitoring of Emissions to Air and Water from IED installations (ROM REF),JRC IPTS EIPPCB,COM, European Commission, 2018)
[29] (Study of the performances of existing and under development AMSs (Automated Measuring Systems) and SRMs (Standard Reference Methods) for air emissions at the level of and below existing ELVs (Emission Limit Values) and BATAELs (Best Available Techniques A, INERIS, 2017)
[30] (Study on AMS and SRM performances and their impact on the feasibility of lowering ELVs for air emissions in the context of the BREFs and BATs revision and of BATAELs elaboration according to the IED,INERIS, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques,2016)
[31] (COMMISSION IMPLEMENTING DECISION EU 2019/2010.Best available techniques (BAT) conclusions for waste incineration, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council., 2019)

الجدول ٦-٠: التقنيات المُستخدمة لتقليل انبعاثات حمض الهيدروكلوريك وفلوريد الهيدروجين وثاني أكسيد الكبريت، في الهواء الصادرة من محطات حرق النفايات.

	تقنية التخفيف	الوصف	القابلية للتطبيق
أ	**جهاز تنقية الغاز الرطب**	راجع القسم ٦-٢-١-٢-١	قد تكون هناك قيود على التطبيق؛ بسبب قلة توفر المياه - على سبيل المثال - في المناطق القاحلة.
ب	**جهاز امتصاص شبه رطب**	يُسمّى جهاز امتصاص شبه جاف. يضاف محلول مائي قلوي أو معلق (مثل حليب الجير) إلى مجرى غاز المداخن لالتقاط الغازات الحمضية، حيث يتبخر الماء وتكون نواتج التفاعل جافة. ويمكن تدوير المواد الصلبة الناتجة لتقليل استهلاك الكاشف. تتضمن هذه التقنية مجموعة من التصميمات المختلفة، بما في ذلك عمليات التجفيف السريع التي تتكون من حقن الماء (توفير تبريد سريع بالغاز) وكاشف عند مدخل المرشح.	قابل للتطبيق بوجه عام.
ج	**حقن المواد الماصَّة الجافة**	راجع القسم ٦-٢-١-٢-١	قابل للتطبيق بوجه عام.
د	**نزع الكبريت المباشر**	إضافة مواد ماصَّة من المغنيسيوم أو الكالسيوم إلى طبقة فرن الطبقة المميَّعة. تُستخدم للتخفيف الجزئي لانبعاثات الغازات الحمضية قبل التقنيات الأخرى.	ينطبق فقط على أفران الطبقة المميَّعة.
هـ	**حقن مواد ماصَّة في المرجل**	حقن مواد ماصَّة من المغنيسيوم أو الكالسيوم عند درجة حرارة عالية في منطقة ما بعد الاحتراق بالمرجل؛ لتحقيق التخفيف الجزئي للغازات الحمضية. التقنية فعالة للغاية لإزالة أكاسيد الكبريت وفلوريد الكبريت، وتوفر فوائد إضافية من حيث تسطيح قمم الانبعاثات. تستخدم للتخفيف الجزئي لانبعاثات الغازات الحمضية قبل التقنيات الأخرى.	قابل للتطبيق بوجه عام.

الجدول ٦-٠: وضع المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي حدوداً للانبعاثات الموجهة إلى الهواء؛ من حمض الهيدروكلوريك وفلوريد الهيدروجين وثنائي أكسيد الكبريت جراء حرق النفايات[٣٢]

الحدود القياسية للانبعاثات الغازية (حمض الهيدروكلوريك وفلوريد الهيدروجين وثاني أكسيد الكبريت) الصادرة من محطات حرق النفايات (المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي)

	الوسيط	منشآت الاحتراق (المُنشأة أو المُعدلة بعد ١ سبتمبر ٢٠٠٥)	حرق النفايات الخطرة والطبية (للمرافق التي أُنشئت قبل ١ سبتمبر ٢٠٠٥)	حرق النفايات الخطرة والنفايات الطبية (المُنشأة أو المُعدلة بعد ١ سبتمبر ٢٠٠٥)
أ	**حمض الهيدروكلوريك**	٠,٠٠٠٠٥ نانوجرام/ جول[33]	١٠٠ مجم/ متر مكعب قياسي جاف، أو تصل كفاءة الإزالة إلى ٩٩٪ على الأقل إذا وصل الانبعاث إلى ١,٨ كجم/ ساعة	١٠ مجم/ متر مكعب قياسي جاف
ب	**فلوريد الهيدروجين**	٠,٠٠٠٠٥ نانوجرام/ جول[34]	٥ مجم/ متر مكعب قياسي جاف	١ مجم/ متر مكعب قياسي جاف
ج	**ثاني أكسيد الكبريت**	٢١٥ نانوجراما/ لتر (٠,٥ رطل/ وحدة حرارية بريطانية)[35]	٥٠٠ مجم/ متر مكعب قياسي جاف	٥٠ مجم/ متر مكعب قياسي جاف

ما لم يُحدد خلاف ذلك، سيتم تحديد الامتثال بمقارنة متوسط البيانات المصححة لكل ساعة لدرجة الحرارة القياسية والضغط والرطوبة ومحتوى الأكسجين، على النحو المحدد بواسطة طرق وكالة حماية البيئة الأمريكية.

يجب اعتبار حد ثاني أكسيد الكبريت متوسطاً متحركاً لمدة ٧ أيام.

الجدول ٦-٠: مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة (BAT-AELs) للانبعاثات في الهواء؛ من كلوريد الهيدروجين وفلوريد الهيدروجين وثاني أكسيد الكبريت الصادرة من محطات حرق النفايات.

	الوسيط	مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة (مجم/ متر مكعب عادي)[36] [37] [38]		متوسط الفترة
		مرفق جديد	مرفق قائم	
أ	**حمض الهيدروكلوريك**	٢-٦>	٢-٨>	المتوسط اليومي
ب	**فلوريد الهيدروجين**	١>	١>	المتوسط اليومي أو المتوسط خلال فترة جمع العينات

[32] (Executive Regulations for Air Quality, For the environmental law issued by the Royal Decree No.(M/165),Ministry of Environment, Water & Agriculture, Dated 19/11/1441 AH, Kingdom of Saudi Arabia)

[33] وحدة توليد تعمل بالوقود الأحفوري، أو أفران بسعة إدخال حراري تزيد على ٢٥٠ وحدة حرارية بريطانية/ ساعة (٧٣ ميجاوات).

[34] وحدة توليد تعمل بالوقود الأحفوري أو أفران بسعة إدخال حراري تزيد على ٢٥٠ وحدة حرارية بريطانية/ ساعة (٧٣ ميجاوات).

[35] وحدات توليد البخار الصناعية/ التجارية/ المؤسسية الصغيرة/ الأفران ذات السعة الحرارية ١٠٠ وحدة حرارية بريطانية/ ساعة (٢٩ ميجاوات) أو أقل، لكن أكبر من أو تساوي ١٠ وحدات حرارية بريطانية / ساعة (٢,٩ ميجاوات).

[36] (Study on AMS and SRM performances and their impact on the feasibility of lowering ELVs for air emissions in the context of the BREFs and BATs revision and of BATAELs elaboration according to the IED,INERIS, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques,2016)

[37] (Study of the performances of existing and under development AMSs (Automated Measuring Systems) and SRMs (Standard Reference Methods) for air emissions at the level of and below existing ELVs (Emission Limit Values) and BATAELs (Best Available Techniques A, INERIS, 2017)

[38] (JRC Reference Report on Monitoring of Emissions to Air and Water from IED installations (ROM REF),JRC IPTS EIPPCB,COM, European Commission, 2018)

	الوسيط	مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة (مجم/ متر مكعب عادي)[36] [37] [38]		متوسط الفترة
		مرفق جديد	مرفق قائم	
ج	ثنائي أكسيد الكبريت	٣٠-٥	٤٠-٥	المتوسط اليومي
يمكن تحقيق الحد الأدنى من نطاق مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة عند استخدام جهاز تنقية الغاز الرطب؛ قد يترافق الطرف الأعلى من النطاق مع استخدام حقن مادة ماصَّة جافة.				

٦-٥-١-٢-٣ انبعاثات أكسيد النيتريك وأكسيد النيتروز والكوبالت والأمونيا

لتقليل انبعاثات أكاسيد النيتروجين، والحد من انبعاثات الكوبالت وأكسيد النيتروز بسبب حرق النفايات، وانبعاثات الأمونيا نتيجة الاختزال الانتقائي الحفزي و/ أو غير الحفزي- يُمكن استخدام تقنية أو مزيج من التقنيات الواردة أدناه[39]:

الجدول ٦-٠: التقنيات المُستخدمة لتقليل انبعاثات أكاسيد النيتروجين الموجهة إلى الهواء جراء حرق النفايات، وانبعاثات الأمونيا إلى الهواء جراء استخدام الاختزال الانتقائي الحفزي و/ أو غير الحفزي.

	تقنية التخفيف	الوصف	القابلية للتطبيق
أ	**تعظيم الاستفادة من عملية الحرق**	تحسين معدل تغذية النفايات وتكوينها، ودرجة الحرارة ومعدلات التدفق ونقاط الحقن لهواء الاحتراق الأولي والثانوي؛ لأكسدة المركبات العضوية بشكل فعال، مع تقليل توليد أكاسيد النيتريك. تحسين تصميم وتشغيل الفرن (مثل: درجة حرارة غاز المداخن والاضطراب، وغاز المداخن، ووقت بقاء النفايات ومستوى الأكسجين وتقليب النفايات).	قابل للتطبيق بوجه عام.
ب	**تدوير غاز المداخن**	تدوير جزء من غاز المداخن إلى الفرن لاستبدال جزء من هواء الاحتراق الطازج، مع التأثير المزدوج لتبريد درجة الحرارة والحد من محتوى الأكسجين لأكسدة النيتروجين؛ وبالتالي الحد من توليد أكاسيد النيتروجين، وإمداد غاز المداخن من الفرن إلى اللهب لتقليل محتوى الأكسجين وبالتالي درجة حرارة اللهب.	بالنسبة للمصانع الحالية، قد تكون قابلية التطبيق محدودة بسبب القيود التقنية (مثل: حمل الملوثات في غاز المداخن وظروف الحرق).
ج	**الاختزال الانتقائي غير الحفزي**	الاختزال الانتقائي لأكاسيد النيتروجين إلى نيتروجين مع الأمونيا أو اليوريا في درجات حرارة عالية وبدون محفز، ويتم الحفاظ على نطاق درجة حرارة التشغيل بين ٨٠٠ و١٠٠٠ درجة مئوية للتفاعل الأمثل. يمكن زيادة أداء نظام الاختزال الانتقائي غير الحفزي بالتحكم في حقن الكاشف من عدة رماح؛ بدعم من نظام قياس درجة الحرارة الصوتية أو بالأشعة تحت الحمراء (سريع التفاعل)؛ وذلك لضمان حقن	قابل للتطبيق بوجه عام.

[39] (COMMISSION IMPLEMENTING DECISION EU 2019/2010.Best available techniques (BAT) conclusions for waste incineration, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council., 2019)

	تقنية التخفيف	الوصف	القابلية للتطبيق
		الكاشف في منطقة درجة الحرارة المثلى عند كل الأوقات.	
د	**الاختزال الحفزي الانتقائي**	الاختزال الانتقائي لأكاسيد النيتروجين بالأمونيا أو اليوريا في وجود محفز. تعتمد هذه التقنية على اختزال أكاسيد النيتروجين إلى نيتروجين في طبقة تحفيزية، عن طريق التفاعل مع الأمونيا عند درجة حرارة التشغيل المثلى التي تتراوح عادةً بين ٢٠٠-٤٥٠ درجة مئوية لنوع الغبار العالي، و١٧٠-٢٥٠ درجة مئوية عالي الغبار و١٧٠-٢٥٠ درجة مئوية لنوع الطرف الخلفي. وفي العموم، تُحقن الأمونيا كمحلول مائي، ويمكن أن يكون مصدر الأمونيا أمونيا لا مائية أو محلول يوريا، ويمكن تطبيق عدة طبقات من المحفز، حيث يتم تحقيق انخفاض أعلى لأكاسيد النيتروجين باستخدام سطح محفز أكبر، ويُثبت كطبقة واحدة أو أكثر. ويجمع الاختزال الحفزي الانتقائي "In-d'ct" "r 's'ip" بين الاختزال الانتقائي غير الحفزي والاختزال الحفزي الانتقائي المصب؛ ما يقلل من انزلاق الأمونيا من الاختزال الانتقائي غير الحفزي.	في حالة المحطات الموجودة، قد تكون قابلية التطبيق محدودة بسبب نقص المساحة.
هـ	**المرشح الكيسي الحفاز**	تُشرّب المرشحات الكيسية بمحفز، أو يُخلط المحفز مباشرة مع مادة عضوية في إنتاج الألياف المستخدمة للمرشح المتوسط. ويمكن استخدام هذه المرشحات لتقليل انبعاثات ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور، وكذلك - بالاقتران مع مصدر الأمونيا - لتقليل انبعاثات أكاسيد النيتروجين.	لا ينطبق إلا على المحطات المزودة بمرشح كيسي.
و	**تحسين تصميم وتشغيل الاختزال الانتقائي غير الحفزي و/ أو الاختزال الحفزي الانتقائي**	تحسين نسبة الكاشف إلى أكاسيد النيتروجين على المقطع العرضي للفرن، أو القناة وحجم قطرات الكاشف، ونطاق درجة الحرارة التي يُحقن فيها الكاشف.	لا ينطبق إلا عند استخدام الاختزال الانتقائي غير الحفزي و/ أو الاختزال الحفزي الانتقائي لتخفيض انبعاثات أكسيد النيتريك.
ز	**جهاز تنقية الغاز الرطب**	(راجع القسم ٦-٢-١-٢-١) عند استخدام جهاز تنقية الغاز الرطب للتخفيف من الغازات الحمضية، وعلى وجه الخصوص بالاختزال الانتقائي غير الحفزي، تُمتص الأمونيا غير المتفاعلة بواسطة سائل الغسل، وبمجرد تنقيتها، يمكن تدويرها في صورة كاشف الاختزال الانتقائي غير الحفزي أو الاختزال الحفزي الانتقائي.	قد تكون هناك قيود على التطبيق بسبب قلة توفر المياه، كما في المناطق القاحلة.

الجدول ٦-٠: وضع المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي حدوداً لانبعاثات أكاسيد النيتروجين والكوبالت، في الهواء الصادرة من محطات حرق النفايات[40]

	الوسيط	منشآت الاحتراق (المُنشأة أو المُعدلة بعد ١ سبتمبر ٢٠٠٥)	حرق النفايات الخطرة والطبية (للمرافق التي أُنشئت قبل ١ سبتمبر ٢٠٠٥)	حرق النفايات الخطرة والنفايات الطبية (المُنشأة أو المُعدلة بعد ١ سبتمبر ٢٠٠٥)
أ	**أكاسيد النيتروجين**	■ ٤٣ نانوجراما/ جول (٠,١ رطل/ وحدة حرارية بريطانية) من الزيت المحترق. ■ ٦٩ نانوجراما/ جول (٠,١٦ رطل/ وحدة حرارية بريطانية) من الزيت المحترق.	-	■ ٤٠٠ مجم/ متر مكعب سعة أقل من ٦ طن/ ساعة. ■ ٢٠٠ مجم/ متر مكعب سعة أقل من ٦ طن/ ساعة.
ب	**أول أكسيد الكربون**	-	١٠٠ مجم/ متر مكعب قياسي جاف	٥٠ مجم/ متر مكعب قياسي جاف

ما لم يُحدد خلاف ذلك، سيتم تحديد الامتثال بمقارنة متوسط البيانات المصححة لكل ساعة لدرجة الحرارة القياسية والضغط والرطوبة ومحتوى الأكسجين، على النحو المحدد بواسطة طرق وكالة حماية البيئة الأمريكية.

الجدول ٦-٠: مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة لانبعاثات أكاسيد النيتروجين والكوبالت بسبب حرق النفايات، وانبعاثات الأمونيا نتيجة استخدام الاختزال الانتقائي الحفزي أو غير الحفزي.

	الوسيط	مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة (مجم/ متر مكعب عادي)[41] [42] [43]		متوسط الفترة
		مرفق جديد	مرفق قائم	
أ	**أكاسيد النيتروجين**	١٢٠-٥٠	١٥٠-٥٠	المتوسط اليومي
ب	**أول أكسيد الكربون**	٥٠-١٠	٥٠-١٠	
ج	**الأمونيا**	١٠-٢	١٠-٢	
يمكن تحقيق الحد الأدنى من نطاق مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة عند استخدام الاختزال الحفزي الانتقائي. وربما لا يمكن تحقيق الحد الأدنى لنطاق مستويات الانبعاث المرتبط بأفضل التقنيات المتاحة عند حرق النفايات ذات المحتوى العالي من النيتروجين (مثل: المخلفات من إنتاج مركبات النيتروجين العضوية). بالنسبة للمحطات الحالية المزودة بالاختزال الانتقائي غير الحفزي بدون تقنيات التخفيف الرطب، فإن الطرف الأعلى من نطاق مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات هو ١٥ مجم/ متر مكعب عادي.				

[40] (Executive Regulations for Air Quality, For the environmental law issued by the Royal Decree No.(M/165),Ministry of Environment, Water & Agriculture, Dated 19/11/1441 AH, Kingdom of Saudi Arabia)
[41] (Study on AMS and SRM performances and their impact on the feasibility of lowering ELVs for air emissions in the context of the BREFs and BATs revision and of BATAELs elaboration according to the IED,INERIS, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques,2016)
[42] (Study of the performances of existing and under development AMSs (Automated Measuring Systems) and SRMs (Standard Reference Methods) for air emissions at the level of and below existing ELVs (Emission Limit Values) and BATAELs (Best Available Techniques A, INERIS, 2017)
[43] (JRC Reference Report on Monitoring of Emissions to Air and Water from IED installations (ROM REF),JRC IPTS EIPPCB,COM, European Commission, 2018)

٦-٥-١-٢-٤ انبعاثات المركبات العضوية

لتقليل الانبعاثات الموجهة إلى الهواء من المركبات العضوية؛ بما في ذلك ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور، وثنائي الفينيل متعدد الكلورة من حرق النفايات، يجب أن تَستخدم أفضل التقنيات المتاحة التقنيات (أ) و (ب) و (ج) و (د)، وتقنية (هـ) أو مزيجاً من التقنيات[44]:

الجدول ٦-٠: التقنيات المُستخدمة لتقليل انبعاثات الموجهة إلى الهواء من المركبات العضوية، بما في ذلك ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور وثنائي الفينيل متعدد الكلورة جراء حرق النفايات.

	تقنية التخفيف	الوصف	القابلية للتطبيق
أ	**تعظيم الاستفادة من عملية الحرق**	(راجع القسم ٦-٥-١-٢-٣) تحسين معايير الحرق لتعزيز أكسدة المركبات العضوية، بما في ذلك ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور وثنائي الفينيل متعدد الكلورة الموجودة في النفايات ومنع تكوين/ إعادة سلائفها.	قابل للتطبيق بوجه عام.
ب	**السيطرة على تغذية النفايات**	المعرفة والتحكم في خصائص احتراق النفايات التي يتم إدخالها في الفرن؛ لضمان ظروف حرق مثالية ومتجانسة ومستقرة قدر الإمكان.	لا ينطبق على النفايات الطبية أو النفايات البلدية الصلبة.
ج	**تنظيف المراجل داخل الخط وخارجه**	تنظيف فعال لحزم المرجل لتقليل وقت بقاء الغبار وتراكمه في المرجل؛ وبالتالي تقليل تكوين ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور. ويستخدم مزيج من تقنيات تنظيف المراجل داخل الخط وخارج الخط.	قابل للتطبيق بوجه عام.
د	**التبريد السريع لغازات المداخن**	التبريد السريع لغاز المداخن من درجات حرارة أعلى من ٤٠٠ إلى أقل من ٢٥٠ درجة مئوية قبل تخفيف الغبار؛ لمنع التخليق الاستئنافي لديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور. ويتم تحقيق ذلك من خلال التصميم المناسب للمرجل و/ أو باستخدام نظام التبريد. يحد الخيار الأخير من كمية الطاقة التي يمكن استعادتها من غاز المداخن، وتستخدم بشكل خاص في حالة حرق النفايات الخطرة ذات المحتوى العالي من الهالوجين.	قابل للتطبيق بوجه عام.
هـ	**حقن المواد الماصَّة الجافة**	(راجع القسم ٦-٢-١-٢-١) الامتصاص بحقن الكربون المنشط أو الكواشف الأخرى، يُدمج بشكل عام مع المرشح الكيسي؛ حيث تتكون طبقة تفاعل في كعكة الترشيح وتزال المواد الصلبة المنتجة.	قابل للتطبيق بوجه عام.
و	**امتزاز الطبقة الثابتة أو المتحركة**	(راجع القسم ٦-٢-١-٢-١)	قد تكون قابلية التطبيق محدودة بسبب انخفاض الضغط الكلي المرتبط بنظام تكييف غاز المداخن. وفي حالة المحطات الموجودة، قد تكون قابلية التطبيق محدودة بسبب نقص المساحة.

[44] (COMMISSION IMPLEMENTING DECISION EU 2019/2010.Best available techniques (BAT) conclusions for waste incineration, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council., 2019)

	تقنية التخفيف	الوصف	القابلية للتطبيق
ز	**الاختزال الحفزي الانتقائي**	(راجع القسم ٦-٢-١-٢-٣) عند استخدام الاختزال الحفزي الانتقائي لخفض أكاسيد النيتروجين، فإن السطح المحفز المناسب لنظام الاختزال الحفزي الانتقائي يوفر تقليلاً جزئياً لانبعاثات ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور ومركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور. تُستخدم هذه التقنية بشكل عام مع التقنية (هـ) أو (و) أو (ط).	في حالة المحطات الموجودة، قد تكون قابلية التطبيق محدودة بسبب نقص المساحة.
ح	**المُرشِّح الكيسي الحفاز**	(راجع القسم ٦-٢-١-٢-٣)	لا ينطبق إلا على المحطات المزودة بمرشح كيسي.
ك	**مادة ماصَّة كربونية في جهاز تنقية الغاز الرطب**	يتم امتصاص ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور وثنائي الفينيل متعدد الكلور، بواسطة مادة ماصَّة كربونية تُضاف إلى جهاز الغسل الرطب، إما في سائل الغسل أو في شكل عناصر تعبئة مشربة. تُستخدم هذه التقنية لإزالة ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور بشكل عام، وكذلك لمنع و/ أو تقليل إعادة انبعاث ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور، المتراكمة في جهاز التنظيف (ما يُسمى بتأثير الذاكرة) التي تحدث بشكل خاص في أثناء فترات الإغلاق وبدء التشغيل.	قابل للتطبيق فقط على المحطات المزودة بجهاز تنظيف رطب.

الجدول ٦-٠: وضع المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي حدوداً للانبعاثات الموجهة إلى الهواء من المركبات العضوية جراء حرق النفايات[٤٥]

	الوسيط	منشآت الاحتراق (المُنشأة أو المُعدلة بعد ١ سبتمبر ٢٠٠٥)	حرق النفايات الخطرة والطبية (للمرافق التي أُنشئت قبل ١ سبتمبر ٢٠٠٥)	حرق النفايات الخطرة والنفايات الطبية (المُنشأة أو المُعدلة بعد ١ سبتمبر ٢٠٠٥)	متوسط الفترة
أ	**المواد العضوية المكلورة**			كفاءة إزالة التدمير بأكثر من ٩٩,٩٩٩٩٪ للمواد العضوية الأولية الخطرة	
ب	**المواد العضوية**		كفاءة إزالة التدمير بأكثر من ٩٩,٩٩ من المكون الأساسي العضوي الخطير (POHC).	كفاءة إزالة التدمير بأكثر من ٩٩,٩٩ من المكون الأساسي العضوي الخطير (POHC).	
ج	**إجمالي الديوكسين والفيوران**		٣٠ نانوجراما مكافئا سمّيا/ متر مكعب قياسي جاف. مقسوماً على ٧٪ من الأكسجين.	٠,١ نانوجرام مكافئ سمّي/ متر مكعب قياسي جاف	
د	**PCBs**		١ مج/ كجم من ثنائي الفينيل متعدد الكلور يتغذى بمعدل تركيز بحد أقصى ساعة واحدة، أو كفاءة إزالة التدمير بأكثر من ٩٩,٩٩٩٪	١ مج/ كجم من ثنائي الفينيل متعدد الكلور، يتغذى بمعدل تركيز بحد أقصى ساعة واحدة، أو كفاءة إزالة التدمير بأكثر من ٩٩,٩٩٩٪	

ما لم يُحدد خلاف ذلك، سيتم تحديد الامتثال بمقارنة متوسط البيانات المصححة لكل ساعة، لدرجة الحرارة القياسية والضغط والرطوبة ومحتوى الأكسجين على النحو المحدد، بواسطة طرق وكالة حماية البيئة الأمريكية.

[45] (Executive Regulations for Air Quality, For the environmental law issued by the Royal Decree No.(M/165),Ministry of Environment, Water & Agriculture, Dated 19/11/1441 AH, Kingdom of Saudi Arabia)

الجدول ٦-٠٠: مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة للانبعاثات الموجهة إلى الهواء من إجمالي الكربون العضوي المتطاير معبراً عنه برمز "C" (في الهواء)، وديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور ومركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور الشبيهة بالديوكسين من حرق النفايات

الوسيط		الوحدة	مستويات الانبعاث المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة[46] [47] [48]		متوسط الفترة
			مرفق جديد	مرفق قائم	
أ	**TVOC**	(مجم/ متر مكعب عادي)	١٠-٣>	١٠-٣>	المتوسط اليومي
ب	**ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور**	نانو جرام المكافئ السمِّي الدولي/ متر مكعب عادي	٠,٠٤-٠,٠١ >	٠,٠٦-٠,٠١>	المتوسط خلال فترة جمع العينات
			٠,٠٦-٠,٠١>	٠,٠٨-٠,٠١>	فترة جمع العينات على المدى الطويل
ج	**ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور+ مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور الشبيهة بالديوكسين**	المكافئ السمِّي وفقاً لمخططات منظمة الصحة العالمية للنانو جرام/ متر مكعب عادي	٠,٠٦-٠,٠١>	٠,٠٨-٠,٠١>	المتوسط خلال فترة جمع العينات
			٠,٠٨-٠,٠١>	٠,١-٠,٠١>	فترة جمع العينات على المدى الطويل
تنطبق مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة لمركبات ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور، أو مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة لمركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور + مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور الشبيهة بالديوكسين. ولا تنطبق مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة إذا ثبت استقرار مستويات الانبعاث بدرجة كافية.					

٦-٥-١-٢-٥ انبعاثات الزئبق

لتقليل انبعاثات الزئبق الموجهة إلى الهواء (بما في ذلك أطياف انبعاثات الزئبق) بسبب حرق النفايات، يُمكن استخدام تقنية أو مزيج من التقنيات الواردة أدناه:[49]

[46] (Study on AMS and SRM performances and their impact on the feasibility of lowering ELVs for air emissions in the context of the BREFs and BATs revision and of BATAELs elaboration according to the IED,INERIS, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques,2016)
[47] (Study of the performances of existing and under development AMSs (Automated Measuring Systems) and SRMs (Standard Reference Methods) for air emissions at the level of and below existing ELVs (Emission Limit Values) and BATAELs (Best Available Techniques A, INERIS, 2017)
[48] (JRC Reference Report on Monitoring of Emissions to Air and Water from IED installations (ROM REF),JRC IPTS EIPPCB,COM, European Commission, 2018)
[49] (COMMISSION IMPLEMENTING DECISION EU 2019/2010.Best available techniques (BAT) conclusions for waste incineration, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council., 2019)

الجدول ٦-٠٠: تقنيات للحد من انبعاثات الزئبق في الهواء (بما في ذلك ذروة انبعاثات الزئبق) من مرافق حرق النفايات.

	تقنية التخفيف	الوصف	القابلية للتطبيق
أ	**جهاز تنقية الغاز الرطب (أس هيدروجيني منخفض)**	(راجع القسم ٦-٢-١-٢-١) يمكن تحسين معدل إزالة الزئبق في هذه التقنية؛ عن طريق إضافة كواشف و/ أو مواد ماصَّة إلى سائل الغسل على سبيل المثال: ■ المؤكسدات: مثل: بيروكسيد الهيدروجين؛ لتحويل الزئبق الأولي إلى شكل مؤكسد قابل للذوبان في الماء. ■ مركبات الكبريت: لتكوين مجمعات أو أملاح ثابتة مع الزئبق. ■ مادة ماصَّة كربونية: لامتصاص الزئبق بما في ذلك الزئبق الأولي. وعند تصميم هذه التقنية لتوفير قدرة عازلة عالية بما فيه الكفاية؛ لالتقاط الزئبق، فإنها تمنع بشكل فعال حدوث أطياف انبعاثات الزئبق.	قد تكون هناك قيود على التطبيق بسبب قلة توفر المياه كما في المناطق القاحلة.
ب	**حقن المواد الماصَّة الجافة**	(راجع القسم ٦-٢-١-٢-١) يتم دمج الامتصاص بحقن الكربون المنشط - أو الكواشف الأخرى - مع المرشح الكيسي؛ حيث تتكون طبقة تفاعل في كعكة الترشيح وتتم إزالة المواد الصلبة المنتجة.	قابل للتطبيق بوجه عام.
ج	**حقن الكربون المنشط الخاص عالي التفاعل**	يتم حقن كربون نشط عالي التفاعل مخدر بالكبريت أو غيره من الكواشف لتعزيز التفاعل مع الزئبق. يكون حقن هذا الكربون المنشط الخاص غير مستمر، لكنه يحدث فقط عند اكتشاف أطياف الزئبق. ولهذا الغرض، يمكن استخدام هذه التقنية مع المراقبة المستمرة للزئبق في غاز المداخن الخام.	ربما لا تنطبق على المحطات المخصصة لحرق حمأة الصرف الصحي.
د	**إضافة بروم المرجل**	يُحوَّل البروميد المضاف إلى النفايات - أو يُحقن في الفرن عند درجات حرارة عالية - إلى عنصر البروم، الذي يؤكسد عنصر الزئبق إلى بروميد الزئبق الثنائي القابل للذوبان في الماء والقابل للامتصاص بدرجة عالية. تُستخدَم هذه التقنية مع تقنية تخفيف المصب، مثل: جهاز تنقية الغاز الرطب أو نظام حقن الكربون المنشط. عادةً لا يستمر حقن البروميد، لكنه يحدث فقط عند اكتشاف طيف الزئبق، ولهذا الغرض يمكن استخدام هذه التقنية مع المراقبة المستمرة للزئبق في غاز المداخن الخام.	قابل للتطبيق بوجه عام.
هـ	**امتزاز الطبقة الثابتة أو المتحركة**	(راجع القسم ٦-٢-١-٢-١) عندما يتم تصميم هذه التقنية للحصول على قدرة امتصاص عالية بما فيه الكفاية، فإنها تمنع بشكل فعال حدوث طيف انبعاث الزئبق.	قد تكون قابلية التطبيق محدودة بسبب انخفاض الضغط الكلي المرتبط بنظام تكييف غاز المداخن. وفي حالة المحطات القائمة قد تكون قابلية التطبيق محدودة بسبب نقص المساحة.

الجدول ٦-٠: وضع المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي حدوداً لانبعاثات الزئبق الموجهة إلى الهواء جراء حرق النفايات[٥٠]

الوسيط	منشآت الاحتراق (المُنشأة أو المُعدلة بعد ١ سبتمبر ٢٠٠٥)	حرق النفايات الخطرة والطبية (للمرافق التي أُنشئت قبل ١ سبتمبر ٢٠٠٥)	حرق النفايات الخطرة والنفايات الطبية (المُنشأة أو المُعدلة بعد ١ سبتمبر ٢٠٠٥)	متوسط الفترة
فضة Hg	٠,٠٠٠٠١٣ نانوجرام/ جول	٣٠٠ جرام/ ساعة	٠,٠٥ مجم/ متر مكعب قياسي جاف	

ما لم يُحدد خلاف ذلك، يتم تحديد الامتثال بمقارنة متوسط البيانات المصححة لكل ساعة لدرجة الحرارة القياسية والضغط والرطوبة ومحتوى الأكسجين، على النحو المحدد بواسطة طرق وكالة حماية البيئة الأمريكية.

الجدول ٦-٠: مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة لانبعاثات الزئبق الموجهة إلى الهواء من حرق النفايات.

الوسيط	مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة (ميكروجرام/ متر مكعب عادي)		متوسط الفترة
	مرفق جديد	مرفق قائم	
فضة Hg	< ٥-٢٠	< ٥-٢٠	المتوسط اليومي أو المتوسط خلال فترة جمع العينات
	١-١٠	١-١٠	فترة جمع العينات على المدى الطويل
تنطبق مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة للمتوسط اليومي، أو خلال فترة جمع العينات، أو لفترة جمع العينات طويلة الأجل. وقد تنطبق تلك المستويات لجمع العينات على المدى الطويل في حالة المحطات التي تقوم بحرق النفايات ذات المحتوى المنخفض والمستقر من الزئبق (مثل: التدفقات الأحادية للنفايات ذات التركيبة الخاضعة للرقابة). يمكن تحقيق الحد الأدنى لنطاقات مستويات الانبعاث المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة في الحالات التالية: • عند حرق النفايات ذات المحتوى المنخفض والمستقر من الزئبق (مثل: التدفقات الأحادية للنفايات ذات التركيبة الخاضعة للرقابة). • عند استخدام تقنيات محددة لمنع أو تقليل حدوث طيف انبعاثات الزئبق في أثناء حرق النفايات غير الخطرة. وقد يتحقق الطرف الأعلى من نطاقات مستويات الانبعاث - المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة - مع استخدام حقن المواد الماصَّة الجافة.			

٦-٥-٢ تقنيات تقليل التصريف إلى الماء

بينما تنتج عن عملية الحرق كمية كبيرة فقط من المياه العادمة من أنظمة تكييف غاز المداخن، فإن أنواعاً أخرى من أنظمة تنظيف غاز المداخن (جاف وشبه جاف) لا ينتج عنها أيّ نفايات سائلة. وأحياناً تُبخّر المياه العادمة الناتجة عن أنظمة تكييف غاز المداخن الرطبة، وفي حالات أخرى تتم معالجتها وإعادة استخدامها و/ أو تفريغها.

لا تختلف معالجة المياه العادمة الناتجة عن تنظيف غاز المداخن - في محطات حرق النفايات - اختلافاً جوهرياً عنها في العمليات الصناعية الأخرى. وتشير المعلومات المتوفرة إلى أن معظم محطات حرق النفايات ليس لها انبعاثات لمياه الصرف الناتجة عن نظام تنظيف غاز المداخن.

أما المواد التي تحتوي عليها المياه العادمة الناتجة عن مرافق تنظيف غاز المداخن في محطات حرق النفايات البلدية، والخطرة بشكل أساس فهي:

[50] (Executive Regulations for Air Quality, For the environmental law issued by the Royal Decree No.(M/165),Ministry of Environment, Water & Agriculture, Dated 19/11/1441 AH, Kingdom of Saudi Arabia)

- المواد الصلبة العالقة الكلية (TSS)
- الزئبق.
- انبعاثات المعادن والفلزات الأخرى (الزرنيخ، والكادميوم، والكروم، والنحاس، والرصاص، والموليبدينوم، والنيكل، والثاليوم، والزنك).
- الكربون العضوي الكلي.
- ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور.
- محتوى الكلوريد والكبريتات.

يمكن أن تنشأ المياه العادمة من عدد من المصادر الأخرى:

- جمع رماد القاع ومعالجته وتخزينه.
- عمليات المرجل.
- الصرف الصحي.
- مياه الأمطار النظيفة.
- مياه الأمطار الملوثة.
- مياه التبريد.
- المياه المستعملة المكثفة الناتجة عن التجفيف المسبق الجزئي لحمأة مياه الصرف الصحي.

في ظل الظروف السابقة، يتكوّن الصرف الصحي بشكل أساسي من المواد التالية:

- المعادن بما في ذلك الزئبق.
- أملاح غير عضوية (كلوريدات وكبريتات وخلافه).
- المركبات العضوية (الفينولات، ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور).

ينبغي أن يكون صرف المياه العادمة (الناتجة عن تنظيف الغازات العادمة) في النظام البيئي المائي، وفقاً للائحة التنفيذية أو وثائق الضوابط والأدلة الفنية التقنية الصادرة من المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي. ويجب الالتزام بمعايير التفريغ الوطنية التي حددها المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي أو الأيزو أو المعايير الدولية الأخرى، لضمان توفير بيانات ذات جودة علمية مكافئة.

ولتقليل التصريف إلى المياه من تكييف غاز المداخن و/ أو من تخزين ومعالجة الخبث ورماد القاع، يُمكن استخدام تقنية أو مزيج من التقنيات الواردة أدناه، واستخدام تقنيات ثانوية أقرب ما يمكن إلى المصدر لتجنب التخفيف.

الجدول ٦-٠٠: تقنيات تقليل التصريف إلى الماء من عملية تكييف غاز المداخن و/أو من تخزين ومعالجة الخبث ورماد القاع[51]

	الملوثات النموذجية المستهدفة	تقنية التخفيف	الوصف
	التقنيات الأولية		
أ	**المركبات العضوية بما في ذلك ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور والأمونيا/ الأمونيوم**	تحسين عملية الحرق و/ أو تصميم وتشغيل الاختزال الانتقائي غير الحفزي/ الاختزال الحفزي الانتقائي	راجع القسم ٦-٥-١-٢-٣
	التقنيات الثانوية		
	المعالجة التمهيدية والأولية		
ب	**جميع الملوثات**	المعادلة	موازنة التدفقات وأحمال الملوثات باستخدام الخزانات أو تقنيات الإدارة الأخرى.
ج	**الأحماض والقلويات**	التحييد	تعديل الرقم الهيدروجيني للمياه العادمة إلى قيمة محايدة (حوالي ٧) بإضافة مواد كيميائية. ويستخدم هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) أو هيدروكسيد الكالسيوم (٢ Ca (OH بشكل عام لزيادة الرقم الهيدروجيني، بينما يُستخدم حمض الكبريتيك (H_2SO_4) أو حمض الهيدروكلوريك (HCl) أو ثاني أكسيد الكربون (CO٢) لتقليل الرقم الهيدروجيني. وقد يحدث ترسيب بعض المواد أثناء التحييد.
د	**إجمالي المواد الصلبة والمواد الصلبة العالقة**	الفصل المادي مثل: الشاشات والمناخل ومنشآت إزالة الرمال وخزانات التسوية الأولية	
	المعالجة الفيزيائية والكيميائية		
هـ	**المركبات العضوية، بما في ذلك ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور والزئبق**	امتصاص الكربون النشط	إزالة المواد القابلة للذوبان من المياه العادمة عن طريق نقلها إلى سطح الجسيمات الصلبة عالية المسامية (المادة الماصَّة). يُستخدم الكربون المنشط عادة لامتصاص المركبات العضوية والزئبق.
و	**المعادن الذائبة/ أشباه الفلزات والكبريتات**	الترسيب	تحويل الملوثات المذابة إلى مركبات غير قابلة للذوبان بإضافة المرسبات. تُفْصَل الرواسب الصلبة المتكونة لاحقاً عن طريق الترسيب أو التعويم أو الترشيح. وتشمل المواد الكيميائية المستخدمة في ترسيب المعادن: الجير والدولوميت وهيدروكسيد الصوديوم وكربونات الصوديوم وكبريتيد الصوديوم والكبريتيدات العضوية، وتُستخدم أملاح الكالسيوم (بخلاف الجير) لترسيب الكبريتات أو الفلورايد.
ز	**الكبريتيد والكبريتات والمركبات العضوية**	التأكسد	تحويل الملوثات بواسطة عوامل مؤكسدة كيميائية إلى مركبات مماثلة أقل خطورة و/ أو أسهل في التخفيف، وفي حالة المياه العادمة الناتجة عن استخدام أجهزة الغسل الرطب، يمكن استخدام الهواء لأكسدة الكبريتيت (ثلاثي أكسيد الكبريت) إلى كبريتات.

[51] (COMMISSION IMPLEMENTING DECISION EU 2019/2010.Best available techniques (BAT) conclusions for waste incineration, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council., 2019)

الملوثات النموذجية المستهدفة		تقنية التخفيف	الوصف
ح	**المعادن المذابة/ أشباه الفلزات**	التبادل الأيوني	الاحتفاظ بالملوثات الأيونية من المياه العادمة واستبدالها بأيونات مقبولة باستخدام راتنجات تبادل أيوني. ويُحتفظ بالملوثات مؤقتاً ثم تُطلق بعد ذلك في سائل تجديد أو غسيل عكسي.
ط	**ملوثات قابلة للإزالة (مثل: الأمونيا/ الأمونيوم)**	الإزالة	إزالة الملوثات القابلة للتطهير (مثل الأمونيا) من مياه الصرف عن طريق ملامسة تدفق عالي لتيار غاز لنقلها إلى الطور الغازي، وتُسترد الملوثات لاحقاً (على سبيل المثال عن طريق التكثيف) لاستخدامها مرة أخرى أو التخلص منها، ويمكن تحسين كفاءة الإزالة عن طريق زيادة درجة الحرارة أو تقليل الضغط.
ي	**الأمونيا/ الأمونيوم والمعادن/ الفلزات والكبريتات والكلوريد والمركبات العضوية**	التناضح العكسي	عملية غشائية يُطبّق فيها فرق الضغط بين الأجزاء المفصولة بواسطة الغشاء؛ ما يؤدي إلى تدفق الماء من المحلول الأكثر تركيزاً إلى المحلول الأقل تركيزاً.
إزالة المواد الصلبة النهائية			
ك	**المواد الصلبة العالقة الكلية والمعادن المرتبطة بالجسيمات/ أشباه الفلزات**	التخثر والتلبد	تُستخدم تقنية التخثر والتلبد لفصل المواد الصلبة العالقة من مياه الصرف، وغالباً ما تُنفّذ في خطوات متتالية، حيث تُخثّر بإضافة مواد مثل كلوريد الحديديك؛ بشحنات معاكسة لتلك الخاصة بالمواد الصلبة العالقة، ويتم إجراء عملية التلبد بإضافة البوليمرات، بحيث يؤدي اصطدام جسيمات الكتلة الدقيقة إلى الترابط وبالتالي إنتاج كتل أكبر. ثم تفصل الكتل المتكونة لاحقاً بالترسيب أو التعويم بالهواء أو الترشيح.
		الترسيب	فصل المواد الصلبة العالقة عن طريق ترسيب الجاذبية.
		الترشيح	فصل المواد الصلبة عن مياه الصرف بتمريرها عبر وسط مسامي. ويتضمن أنواعاً مختلفة من التقنيات، مثل: الترشيح الرملي والترشيح الدقيق والترشيح الفائق.
		التعويم	فصل الجسيمات الصلبة أو السائلة عن مياه الصرف عن طريق ربطها بفقاعات غاز دقيقة عادة ما تكون الهواء، حيث تتراكم الجسيمات الطافية على سطح الماء وتُجمع باستخدام كاشطات.

الجدول ٦-٠: مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة للانبعاثات المباشرة إلى جسم مائي مستقبِل.

الوسيط	العملية	الوحدة	مستويات الانبعاث المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة[52]
المواد الصلبة العالقة الكلية/ TSS	FGC معالجة رماد القاع	mg/ l	٣٠-١٠
الكربون العضوي الكلي	FGC		٤٠-١٥

[52] (JRC Reference Report on Monitoring of Emissions to Air and Water from IED installations (ROM REF),JRC IPTS EIPPCB,COM, European Commission, 2018)

الوسيط		العملية	الوحدة	مستويات الانبعاث المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة[52]
		معالجة رماد القاع		
المعادن والفلزات	زرنيخ As	FGC		٠,٠٥–٠,٠١
	كادميوم Cd	FGC		٠,٠٣–٠,٠٠٥
	الكروم	FGC		٠,١–٠,٠١
	نحاس Cu	FGC		٠,١٥–٠,٠٣
	فضة Hg	FGC		٠,٠١–٠,٠٠١
	نيكل Ni	FGC		٠,١٥–٠,٠٣
	رصاص Pb	FGC معالجة رماد القاع		٠,٠٦–٠,٠٢
	الإثمد Sb	FGC		٠,٩–٠,٠٢
	تيتانيوم	FGC		٠,٠٣–٠,٠٠٥
	زنك Zn	FGC		٠,٥–٠,٠١
نيتروجين الأمونيوم (كبريتات الأمونيوم)		معالجة رماد القاع		٣٠-١٠
الكبريتات (SO_4^{2-})		معالجة رماد القاع		١٠٠٠-٤٠٠
ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور		FGC	نانو جرام المكافئ السمّي الدولي/ لتر	٠,٠٥–٠,٠١
تُحدد فترات المتوسط في الاعتبارات العامة.				

الجدول ٦-٠٠: مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة للانبعاثات غير المباشرة إلى جسم مائي مستقبل.

الوسيط		العملية	الوحدة	مستويات الانبعاث المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة[53]
المعادن والفلزات	زرنيخ As	FGC	mg/ l	٠,٠١–٠,٠٥
	كادميوم Cd	FGC		٠,٠٠٥–٠,٠٣
	الكروم	FGC		٠,٠١–٠,١
	نحاس Cu	FGC		٠,٠٣–٠,١٥
	فضة Hg	FGC		٠,٠٠١–٠,٠١
	نيكل Ni	FGC		٠,٠٣–٠,١٥
	رصاص Pb	FGC معالجة رماد القاع		٠,٠٢–٠,٠٦
	الإثمد Sb	FGC		٠,٠٢–٠,٩
	تيتانيوم	FGC		٠,٠٠٥–٠,٠٣
	زنك Zn	FGC		٠,٠١–٠,٥
ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور		FGC	نانو جرام المكافئ السمّي الدولي/ لتر	٠,٠١–٠,٠٥

- تُحدد فترات المتوسط في الاعتبارات العامة.
- قد لا تنطبق مستويات الانبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة، إذا صُممت مرفق معالجة مياه الصرف الصحي وجُهّزت بشكل مناسب لتخفيف الملوثات المعنية، بشرط ألا يؤدي ذلك إلى مستوى أعلى من التلوث الموجود في البيئة.

٦-٥-٣ تقنيات معالجة النفايات الصلبة

تُنتج عن حرق[54] النفايات أنواع مختلفة من النفايات الصلبة:

- رماد القاع والخبث: مثل نفايات صلبة يتم إزالتها من غرفة الاحتراق بعد الحرق.
- رماد الطبقة المميَّعة: مثل نفايات صلبة تمت إزالتها من الطبقة المميَّعة بعد الحرق.
- الرماد المتطاير: مثل: جسيمات من غرفة الاحتراق، أو تتشكل داخل مجرى غاز الاحتراق الذي يُنقل في غاز المداخن.
- رماد المرجل: مثل جزء من الرماد المتطاير الذي يتم إزالته من المرجل.
- بقايا تكييف غاز المداخن: مثل مزيج من الملوثات الموجودة أصلاً في غاز المداخن، والمواد المستخدمة لإزالة تلك الملوثات.
- المحفز المستهلك: مثل محفز مستعمل تم استبداله.
- الحمأة: باعتبارها نفايات صلبة مُزالة من جهاز التنظيف الرطب، أو من مرفق معالجة مياه الصرف.

يحدد خيارات استرداد النفايات الصلبة وإعادة استخدامها ما يلي:

- محتوى المركبات العضوية.

---

[53] (JRC Reference Report on Monitoring of Emissions to Air and Water from IED installations (ROM REF),JRC IPTS EIPPCB,COM, European Commission, 2018)

[54] الاحتراق والتغويز (عملية تحويل المواد التي تحوي في تركيبها على الكربون) والانحلال الحراري

- مجموع محتوى المعادن الثقيلة؛ وقابلية ارتشاح المعادن والأملاح والمعادن الثقيلة.
- الخصائص الفيزيائية على سبيل المثال حجم الجسيمات وقوتها.

وهناك أمور عدّة تؤثر بشكل كبير على مدى إمكانية استرجاع النفايات، ومنها: عوامل السوق، واللوائح والسياسات المتعلقة باستخدامها، وقضايا بيئية محلية محددة. فقد بُذلت جهود كبيرة لتحسين الجودة البيئية للنفايات وتدويرها، أو على الأقل إعادة استخدام جزء منها. ويتم تطبيق تقنيات المعالجة أثناء المعالجة والمصب، وتتضمن التدابير أثناء العملية تغيير معاملات الحرق لتحسين الاحتراق أو لتوزيع المعدن على النفايات المختلفة، حيث تشمل تقنيات المعالجة النهائية: التعتيق والمعالجة الميكانيكية والغسيل والمعالجة الحرارية والاستقرار. وتتم فيما يلي مناقشة التقنيات المختلفة.

في كلتا الحالتين؛ يجب تقليل البقايا من حيث الكمية والضرر وتدويرها عند الضرورة. كما يتم التخلص من النفايات التي لا يمكن منعها أو تقليلها أو تدويرها بما يتوافق مع أحكام مواقع التخلص الآمن من النفايات المنصوص عليها في الوثائق ذات الصلة.[55]

٦-٥-٣-١ فصل رماد القاع عن نفايات تنظيف غاز المداخن

يتميز رماد القاع - وفقاً لخصائصه الفيزيائية والكيميائية - بأنه أكثر ملاءمة للاستخدام المفيد من مخلفات تنظيف غاز المداخن؛ وبتلك المخلّفات محتوى معدني أعلى، وقابلية ارتشاح المعادن ومحتوى عضوي أكثر من رماد القاع؛ لذا وجب تجنب خلطهما معاً حتى لا تقل الجودة البيئية لرماد القاع. كذلك يتيح فصل مخلّفات تنظيف غاز المداخن عن رماد القاع مزيداً من المعالجة لرماد القاع (على سبيل المثال: عن طريق المعالجة الجافة، أو غسل الأملاح القابلة للذوبان في الماء والمعادن الثقيلة في مستخرج الرماد) لإنتاج مادة مناسبة للاستخدام المقصود.

أما فصل رماد القاع ومخلّفات تنظيف غاز المداخن فيتطلب التجميع المنفصل، والتخزين، والنقل لنوعَي النفايات، ويتضمن ذلك صوامع وحاويات تخزين مخصصة وأنظمة مناولة محددة لمخلفات غاز الدقيقة والمترية. ولا يمكن معالجة مخلّفاتهما بتحويلها إلى مادة صالحة للاسترداد أو استخدامها في تطبيقات تحت أرضية مثل ردم المناجم، ما لا يترك المجال لأي خيار آخر للتعامل مع كامل تدفق المخلفات سوى الردم.

٦-٥-٣-٢ ترشيح/ غربلة وسحق رماد القاع

تهدف عمليات المعالجة الميكانيكية لرماد القاع إلى تحضير المواد اللازمة لإنشاء الطرق وأعمال الحفر التي تتمتع بخصائص جيوتقنية مرضية، ولا تسبب أضراراً لأعمال الطرق. وتتمثل عمليات المعالجة التي يمكن تطبيقها في:

- الفرز اليدوي
- الفصل الحبيبي عن طريق الغربلة.
- تصغير حجم المخلفات بالسحق.
- إزالة الأجزاء غير المحترقة منخفضة الكثافة بفصل الهواء.

٦-٥-٣-٣ فصل المعادن عن رماد القاع

يمكن استخلاص المعادن الحديدية وغير الحديدية من رماد القاع. ثم تُفصَل المعادن الحديدية باستخدام المغناطيس، ويُذرّ الرماد على سير ناقل أو ناقل اهتزازي وتنجذب كافة الجزيئات المغناطيسية بواسطة مغناطيس معلق، وتُفصَل المعادن

[55] (اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات، ٢٠٢١)

الحديدية عن الرماد الخام بعد خروجه من مستخرج الرماد. ويتطلب الفصل الفعال للمعادن الحديدية معالجة متعددة الخطوات مع تقليل الحجم المتوسط والغربلة.

أما فصل المعادن غير الحديدية فيتم باستخدام فاصل التيار الدوامي؛ إذ يحث الملف الذي يدور بسرعة مجالاً مغناطيسياً في الجسيمات غير الحديدية، ما يؤدي إلى طردها من تدفق المواد.

وتتطلب هذه التقنية نشر المادة جيداً على الحزام الناقل، وهي فعّالة لأحجام الجسيمات التي تتراوح من ٤ إلى ٣٠ مم، على الرغم من أن هذا النطاق يمكن أن يمتد إلى أقل من ١ مم للتطبيقات الخاصة، ويتم الفصل بعد فصل المعادن الحديدية وتقليل حجم الجسيمات والغربلة.

عادةً ما تكتشف أجهزة الفصل المعدنية جميع الجسيمات المعدنية، عن طريق الاضطراب الذي تسببه في المجال المغناطيسي المتناوب لملف الكشف عن المعادن، ثم يتم فصل تلك الجسيمات بواسطة نفاثة هوائية واحدة أو أكثر، تقع بالقرب من ملفات الكشف عن المعادن. ويمكن إزالة الأجزاء الأكبر من المعادن الحديدية وغير الحديدية بالفرز اليدوي قبل المعالجة الإضافية.

٦-٥-٣-٤ معالجة رماد القاع بواسطة التعتيق

بعد فصل المعادن، يتم تخزين رماد القاع الناتج عن حرق النفايات غير الخطرة في الهواء الطلق أو في مبانٍ محددة؛ لتقليل التفاعل المتبقي وقابلية ارتشاح المعادن. ويتم ترطيب المخزونات وتحويلها بانتظام لصالح ترشيح الأملاح والكربنة.

وتُعد الكربنة (التفاعل بين ثاني أكسيد الكربون والهيدروكسيدات في رماد القاع القلوي) أحد التفاعلات الرئيسة في عملية تعتيق رماد القاع. والغرض من التعتيق هو تقليل التفاعل المتبقي وتحسين الخصائص التقنية، حيث ينخفض ارتشاح رماد القاع بعد التعتيق، وخاصة ترشيح المعادن مثل: النحاس والكروم والرصاص والزنك.

يحتاج رماد القاع المعالج - وفق الشائع عمليًّا - إلى فترة تعتيق تتراوح من ٦ إلى ٢٠ أسبوعاً، قبل استخدامه كمواد بناء، أو في بعض الحالات قبل ردم النفايات، حيث يختلف الوقت اللازم لعملية التعتيق باختلاف عوامل مثل: حجم المخزون ودرجة الحرارة المحيطة ومحتوى الرطوبة الأوَّلي وتسلل مياه الأمطار.

٦-٥-٣-٥ معالجة الرماد السفلي باستخدام أنظمة المعالجة الجافة

تَجمع معالجة رماد القاع الجاف بين تقنيات فصل المعادن وتقليل الحجم والغربلة، ويمكن دمجها في عملية تعتيق رماد القاع المعالج. والمنتَج ركام جاف في شكل حبيبات متحكم في حجمها (على سبيل المثال: ٠-٤ مم و٠-١٠ مم و٤-١٠ مم)، يمكن استخدامها كمواد بناء ثانوية.

تتكون العملية من التالي:

- تفتيت الجزء الخشن.
- الغربلة.
- فصل المعادن الحديدية.
- فصل المعادن غير الحديدية.
- التعتيق.

٦-٥-٣-٦ معالجة رماد القاع باستخدام أنظمة المعالجة الرطبة

يسمح استخدام نظام معالجة رماد القاع الرطب بإنتاج مادة التدوير، مع تقليل قابلية ارتشاح المعادن والأيونات (مثل الأملاح) إلى حد كبير، حيث يُعالج رماد الحرق بتقليل الحجم والغربلة والغسيل وفصل المعادن، والسمة الرئيسة للمعالجة هي الفصل الرطب للكسور ٠-٢ مم.

٦-٥-٣-٧ تقنيات تقليل الانبعاثات في الهواء من معالجة خبث الحرق ورماد القاع

تشمل انبعاثات محطات معالجة رماد القاع في الهواء - بشكل أساسي - الغبار والمعادن الناتجة عن معالجة رماد القاع، والتقطيع، والغربلة وفصل الهواء، وهناك العديد من التقنيات لمنع أو تقليل أو التحكم في الانبعاثات المذكورة أعلاه.

في ما يلي، التقنيات التي يجب مراعاتها:

- ترطيب المخزونات والمصادر الرئيسية لانبعاثات الغبار المنتشرة.

يؤدي استخدام التقنيات التي تحافظ على المحتوى المائي لرماد القاع بحوالي ٢٠٪ إلى تقليل انبعاثات الغبار المنتشرة، ويتضمن ذلك الحفاظ على محتوى الرطوبة الأمثل الذي يسمح بالاسترداد الفعال للمعادن والمواد المعدنية، كما يحافظ على انخفاض انبعاثات الغبار.

- تحديد ارتفاع التصريف وحماية المخزونات من الرياح السائدة.

تُقلل انبعاثات الغبار إلى الحد الأدنى؛ إما بمطابقة ارتفاع التصريف مع الارتفاع المتغير لكومة الرماد السفلية (على سبيل المثال من خلال أحزمة النقل ذات الارتفاعات القابلة للتعديل)، أو عن طريق حماية مناطق التخزين السائبة والمخزونات بأغطية أو حواجز للرياح؛ مثل: الغربلة أو الجدران أو المساحات الخضراء العمودية.

- العمل في مبنى مغلق.

يمكن تخزين ومعالجة رماد القاع في المباني المغلقة؛ لتجنب تسرب الانبعاثات المنتشرة إلى البيئة.

- إحاطة المعدات وإبقاؤها تحت الضغط الجوي الفرعي.

يتم استخدام المعدات المغلقة؛ مثل: آلة التقطيع والغربلة، وأحزمة النقل ومنخل الرياح، وفاصل الهواء الجوي الذي يعمل تحت الضغط الجوي الفرعي؛ لمنع الانبعاثات في الهواء.

- معالجة الهواء المستخرج بمُرشِّح كيسي.

يُرسل الهواء المستخرج إلى مرشح كيسي، ويُستخدم الإعصار الحلزوني في بعض الحالات كخطوة أولية لإزالة الغبار؛ لتقليل حمل غبار المرشح الكيسي.

٦-٥-٣-٨ معالجة مياه الصرف

تنتج المياه العادمة بشكل أساسي من العمليات الرطبة وعمليات الغسيل ومناطق التخزين ومياه الأمطار الملوثة؛ حيث يُخزّن الخبث ورماد القاع في الخارج، وتحتوي تلك المياه على الأملاح والمعادن، والمواد الصلبة العالقة، والمواد العضوية بما في ذلك ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور.

أما التقنيات التي يجب مراعاتها لمعالجة المياه العادمة من محطات معالجة رماد قاع المحرقة، فهي:

- فصل الزيت.
- التحييد.
- الترسيب.
- الترسيب الكيميائي.
- الترشيح.

٦-٥-٤ خطة التخلص من الروائح

يجب وضع تدابير التصميم لتقليل إزعاج الغبار والرائحة الناتج عن مرفق حرق النفايات. وكجزء من خطة العمل، لابدّ من تطوير خطة إدارة الروائح والحفاظ عليها بما في ذلك[56]:

- تدابير التحكم لمنع الرائحة أو السيطرة عليها.
- ما يثبت أن الرائحة لن تسبب مشكلة في ظل الظروف العادية.
- بيان تفاصيل أو وضع نسخة من أي شروط أو حدود وضعتها الوكالة المختصة، تتعلق بمنع أو تقليل الرائحة.
- تحديد الإجراءات الواجب اتخاذها في الأحداث، أو الظروف غير الطبيعية، التي تؤدي - أو يحتمل أن تؤدي - إلى روائح كريهة.
- المشاكل الناتجة عن الروائح الكريهة.
- فهم التأثير في حالة الأحداث أو الظروف غير الطبيعية.
- إجراء المراقبة المُتخذ.
- التواصل مع السكان المحليين إذا نشأت - أو كان محتملاً أن تنشأ - مشكلة متعلقة بانبعاث الروائح.

٦-٥-٥ إدارة المخرَجات

تخضع المخرجات في نهاية عمليات حرق النفايات لمزيد من المعالجة، ثم يتم التخلص منها في مرادم النفايات، أو تشكل منتجات ثانوية يُعاد استخدامها.

وفقاً للملحق ١، فإن الرماد المتطاير المشتق من أنظمة الاحتراق والتغويز (عملية تحويل المواد التي تحوي في تركيبها على الكربون) مناسب لعدة استخدامات في مرحلة لاحقة، مثل تعديل التربة وكعامل تجيير ومواد الردم والتعبئة، وغيرها من الاستخدامات.

٦-٥-٦ كفاءة المواد

لزيادة كفاءة الموارد لمعالجة الخبث ورماد القاع، وبناءً على تقييم مخاطرهما، يُمكن استخدام تقنية أو مزيج من التقنيات الواردة أدناه:

	التقنية	الوصف	القابلية للتطبيق
أ	**الغربلة والنخل**	تُستخدم المرشحات المتذبذبة والاهتزازية والدوارة للتصنيف الأوَّلي لرماد القاع، حسب الحجم، قبل إجراء مزيد من المعالجة.	قابل للتطبيق بوجه عام.
ب	**التفتيت**	عمليات المعالجة الميكانيكية التي تهدف إلى تحضير المواد لاسترداد المعادن، أو لاستخدام تلك المواد فيما بعد (على سبيل المثال في بناء الطرق وأعمال الحفر).	قابل للتطبيق بوجه عام.
ج	**الفصل الهوائي**	يُستخدم الفصل الهوائي لفرز الضوء؛ حيث تختلط الأجزاء غير المحترقة في الرماد السفلي عن طريق تفجير شظايا الضوء. تُستخدم صينية اهتزازية لنقل الرماد السفلي إلى شلال،؛ حيث تسقط المواد عبر مجرى هواء ينفخ مواد خفيفة غير محترقة – مثل: الخشب أو	قابل للتطبيق بوجه عام.

[56] (COMMISSION IMPLEMENTING DECISION (EU) 2018/1147. Best available techniques (BAT) conclusions for waste treatment, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council., 2018)

	التقنية	الوصف	القابلية للتطبيق
		الورق أو البلاستيك - على حزام إزالة أو في حاوية، بحيث يمكن إعادتها إلى الحرق.	
د	**استرداد المعادن الحديدية وغير الحديدية**	يتم استخدام تقنيات مختلفة تشمل: ■ الفصل المغناطيسي للمعادن الحديدية. ■ فاصل التيار الدوامي للمعادن غير الحديدية. ■ الفصل التعريفي لجميع المعادن.	قابل للتطبيق بوجه عام.
هـ	**التعتيق**	تعمل عملية التعتيق على تثبيت الجزء المعدني من رماد القاع؛ عن طريق امتصاص الغلاف الجوي لثاني أكسيد الكربون (الكربنة)، وتصريف المياه الزائدة والأكسدة. يُخزّن رماد القاع - بعد استرداد المعادن - في الهواء الطلق أو في مبانٍ مغطاة، لعدة أسابيع بشكل عام، على أرضية غير منفذة للماء؛ ما يسمح بجمع مياه الصرف ومياه الانسيال السطحي للمعالجة. يمكن ترطيب المخزونات لتحسين محتوى الرطوبة لصالح ترشيح الأملاح وعملية الكربنة، حيث يساعد ترطيب رماد القاع على منع انبعاثات الغبار.	قابل للتطبيق بوجه عام.
و	**الغسل**	يتيح غسل رماد القاع إنتاج مادة للتدوير بأقل قابلية ارتشاح للمواد القابلة للذوبان، مثل: الأملاح.	قابل للتطبيق بوجه عام.

٦-٥-٧ تقنيات الحد من مستويات الضوضاء والاهتزازات والتحكم فيها

إن مستويات الضوضاء الناتجة عن حرق النفايات قابلة للمقارنة مع الصناعات الأخرى ومع محطات توليد الطاقة. ومن الشائع أن يتم تركيب محطات حرق النفايات البلدية في مبانٍ مغلقة بالكامل. وهذا يشمل عادة استقبال وتفريغ النفايات، والمعالجة الميكانيكية المسبقة، ومعالجة غاز المداخن، ومعالجة المخلفات، وما إلى ذلك. والأنشطة الوحيدة التي توجد عادة خارج المبنى هي مرافق التبريد، والتخزين طويل الأمد لرماد القاع، وقد يُعالج رماد القاع في المباني المغلقة أو في الهواء الطلق.[57]

تتمثل أبرز مصادر الضوضاء الخارجية فيما يلي:

- شاحنات نقل النفايات والمواد الكيميائية والنفايات.
- عمليات الرافعة في المستودع.
- المعالجة الميكانيكية المسبقة للنفايات.
- مراوح العادم التي تستخرج غازات المداخن من عملية الحرق، وينتج عنها ضوضاء من مخرج المدخنة.
- الضوضاء المتعلقة بنظام التبريد (التبريد بالتبخير وخاصة لتبريد الهواء).
- الضوضاء المتعلقة بنقل ومعالجة رماد القاع.
- الضوضاء الصادرة عن مجموعة المولدات التوربينية.

لا تُنتج الأنشطة الأخرى عادةً ضوضاء خارجية كبيرة؛ لكنها قد تسهم في الضوضاء الخارجية العامة الناتجة عن المنشأة.

[57] (COMMISSION IMPLEMENTING DECISION EU 2019/2010.Best available techniques (BAT) conclusions for waste incineration, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council., 2019)

وغالباً ما تكون درجة الحماية من الضوضاء والتدابير المتخذة خاصة جداً بالموقع ومخاطر التأثيرات.

٦-٥-٧-١ خطة إدارة الضوضاء والاهتزازات

باعتبارها جزءاً من نظام الإدارة البيئية (راجع القسم ١٠-١)، تهدف هذه الخطة إلى[58]:

- بيان تفاصيل مصادر الضوضاء والاهتزاز الرئيسية (بما في ذلك المصادر غير المتكررة)، وأقرب المواقع الحساسة للضوضاء. يغطي هذا البيان المعلومات التالية لكل مصدر رئيس للضوضاء والاهتزازات داخل المرفق:
  - المصدر وموقعه على مخطط بيان نطاق الموقع.
  - ما إذا كانت الضوضاء أو الاهتزاز مستمرًا أو متقطعاً، ثابتاً أو متحركاً.
  - ساعات التشغيل.
  - بيان تفاصيل الضوضاء أو الاهتزازات، على سبيل المثال: صوت قعقعة أو أنين أو هسيس أو صرير، أو همهمة أو فرقعة أو نقرات أو ارتطامات، أو عناصر مصدرة للصوتيات المختلفة.
  - مساهمتها في إجمالي مستويات ضوضاء الموقع، على سبيل المثال: مصنفة على أنها عالية أو متوسطة أو منخفضة، ما لم تتوفر بيانات داعمة.
- كما يوفر المعلومات المذكورة أعلاه، لتشغيل مصادر الضوضاء والاهتزازات غير المنتظمة (مثل: العمليات غير المنتظمة/ الموسمية، وأنشطة التنظيف/ الصيانة والتسليمات/ المجموعات/ النقل داخل الموقع، أو الأنشطة خارج ساعات العمل ومولدات أو مضخات الطوارئ واختبار الإنذار).
- تفاصيل استطلاعات الضوضاء المناسبة والقياسات والفحوصات (التي يمكن أن تشمل تقييمات مفصلة لمستويات الطاقة الصوتية لعناصر المرفق الفردية)، أو النمذجة التي قد تكون ضرورية للمرافق الجديدة أو القائمة، مع مراعاة احتمال حدوث مشاكل متعلقة بالضوضاء.
- يصف بروتوكولاً للاستجابة لحوادث الضوضاء والاهتزاز المحددة، مثل الشكاوى.
- يحتوي على الإجراءات المناسبة التي يتعين اتخاذها، والجداول الزمنية.

٦-٥-٧-٢ تقليل الضوضاء والاهتزازات عند المصدر وخفض الضوضاء

تتضمن تقنيات تقليل انبعاثات الضوضاء والاهتزازات[59]:

- الموقع المناسب للمعدات والمباني: يمكن خفض مستويات الضوضاء عن طريق زيادة المسافة بين المصدر والمستقبل، باستخدام المباني كعناصر تقليل مستويات الضوضاء، ونقل موقع مخارج المباني أو مداخلها.
- فحص وصيانة المعدات.
- استخدام معدات منخفضة الضوضاء (مثل: الضاغط بمستوى ضوضاء أقل من ٨٥ ديسيبل (أ)، إضافة إلى المضخات والمراوح التي يتم التحكم في سرعتها، ومحركات القيادة المباشرة).
- العزل الصوتي للمباني لاحتواء أي عمليات صاخبة، بما في ذلك:
  - الجُدران والأسقف الماصَّة للصوت.
  - الأبواب العازلة للصوت.
  - النوافذ الزجاجية المزدوجة.
- استخدام عناصر عزل الاهتزاز أو العزل الصوتي.

---

[58] (COMMISSION IMPLEMENTING DECISION (EU) 2018/1147. Best available techniques (BAT) conclusions for waste treatment, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council., 2018)
[59] (COMMISSION IMPLEMENTING DECISION (EU) 2018/1147. Best available techniques (BAT) conclusions for waste treatment, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council., 2018)

- احتواء المعدات الصاخبة داخل أماكن محكمة الإغلاق.
- الحد من مستويات الضوضاء عن طريق إضافة الحواجز المناسبة؛ مثل: جدران الحماية والحواجز والمباني.

٦-٦ أفضل التقنيات المناسبة لتحسين الأداء الاقتصادي والطاقة والبيئة

يسرد الملحق ٢ أفضل التقنيات المناسبة فيما يتعلق بالتالي: الأداء الاقتصادي (تكلفة رأس المال، والتشغيل)، وأداء الطاقة (استهلاك الطاقة واستعادتها)، والأداء البيئي (استهلاك المياه، والانبعاثات المسرية إلى الهواء، والتصريف في الماء والتربة/ المخلفات).

تعتبر تكاليف بناء وتشغيل محطات الحرق (بما في ذلك الرسوم البيئية بسبب غازات الاحتباس الحراري) مرتفعة، والأكثر من ذلك أنها تتزايد باستمرار بسبب اللوائح البيئية ؛ وهذا يتعارض مع معدل كفاءة الطاقة العالية.

أما بالنسبة لمصانع الانحلال الحراري، فإن التكلفة الإجمالية أعلى من تكلفة محطات الاحتراق والتغويز (عملية تحويل المواد التي تحوي في تركيبها على الكربون)، على الرغم من استخدام منتجاتهم[60]، مثل: غاز الانحلال الحراري (غالباً ما يطلق عليه الغاز المستخرج): السائل (زيت الانحلال الحراري)، والصلب (الفحم والرماد والكربون بشكل أساسي). مع العلم أن محطات أقل ضرراً للبيئة من محطات الانحلال الحراري والحرق.

[60] في كثير من الحالات، يتم ترميد هذه المنتجات إما حرقاً مباشراً أو لاحقاً كوقود؛ للاستفادة من قيمة الطاقة الخاصة بها، على الرغم من إمكانية استخدامها أيضاً لقيمتها الكيميائية كمادة خام بعد المعالجة المسبقة إذا لزم الأمر.

٧- التقنيات الناشئة

"التقنية الناشئة" هي تقنية جديدة لنشاط صناعي - إذا تم تطويرها تجارياً - يُمكن أن توفر عموماً مستوى أعلى، أو على الأقل المستوى نفسه من حماية البيئة، ووفورات في التكاليف أعلى من أفضل التقنيات المتاحة الحالية.

يحتوي هذا الفصل على التقنيات التي قد تظهر في المستقبل القريب، وتكون قابلة للتطبيق في قطاع حرق النفايات.

٧-١ إعادة تسخين بخار التوربينات

هناك خيار لزيادة كفاءة إنتاج الكهرباء، من خلال إعادة تسخين بخار التوربينات بعد مروره الأول عبر التوربين. وبالنسبة لهذه العملية فإن درجة حرارة البخار لا تزيد عادةً على ٤٣٠ درجة مئوية، إلا أن ضغط البخار يزداد. فبعد المرور الأول من خلال قسم الضغط العالي من التوربين، يتم تسخين البخار الناتج مرة أخرى، ثم يُستخدم لاحقاً في أقسام الضغط المتوسط والمنخفض في التوربين.

ويكون للبخار - بعد التمدد في توربين الضغط العالي - ضغط منخفض (عادةً بين ١٠-٢٠٪ مما كان عليه عند دخوله)، ويعاد تسخينه بغاز المداخن في المرجل إلى نفس درجة الحرارة، ثم يُسخّن التيار بماء مرجل أو بخار مشبع.

وعلى الرغم من إثبات هذه التقنية بشكل كامل في محطات توليد الكهرباء الكبيرة ومخاطرها التقنية المحدودة، فإنه لا يوجد سوى عدد قليل من الأمثلة للتطبيقات في قطاع حرق النفايات بسبب العوامل الاقتصادية.

٧-٢ جهاز تنقية الزيت لتقليل المواد العطرية متعددة الهالوجينات والهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات (PAHs) في غازات مداخن محطات الحرق

للديوكسينات والفيورانات قابلية ذوبان منخفضة للغاية في الماء، لذلك ما زالت في أجهزة الغسل الرطب إلى حد كبير. وأي إزالة تحدث تكون بسبب إزالة ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور، الذي يتم امتصاصه على الغبار المُزال في جهاز التنظيف الرطب. وغالباً توجد بعض النضوب نتيجة تكثيف الأنواع ذات الوزن الجزيئي الأعلى (سداسي إلى ثماني) من الطور الغازي إلى سائل الغسيل البارد نسبياً.

ومع ذلك، فإن الديوكسينات والفيوران (والعديد من الأنواع العضوية الأخرى) أكثر دهناً. وبالتالي، فإن الزيت غير المشبع جزئياً، أو مستحلب الزيت والماء لهذا الزيت عالي الغليان، يوفر وسائط تنظيف مناسبة.

يتم تبادل الزيت/ المستحلب والديوكسينات والفيورانات الممتصة والتخلص منها، بمجرد وصولها إلى قيمة حدية. ويتم تحديد كمية العرض بحيث يكون هناك تبادل بنسبة ثلاث إلى أربع مرات في السنة، وهو ما يساعد على منع التعتيق المفرط للزيت. يتم حرق السائل الملوث في الفرن، ولهذا الغرض، يتم ضخ الزيت في عربة منحدرة (خزان متحرك مزود بتجهيزات أمان) وتتم التغذية من هناك مباشرة إلى الموقد في مرفق الحرق.

تتضمن هذه العملية عمود امتصاص بتيار معاكس كمرحلة تنظيف ثلاثية بدائرة زيت مغلقة.

٧-٣ أكسجين مضغوط عديم اللهب

كوسيلة لتقليل الانبعاثات في الهواء وإنتاج الخبث الخامل، يتم حرق النفايات عن طريق الاحتراق عديم اللهب في جو مضغوط من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون وبخار الماء في درجات حرارة عالية.

إن ظروف التشغيل داخل مفاعل الأكسدة (زمن المكوث:> ٢,٥ ثانية، ودرجة الحرارة من ١,٢٥٠-١,٥٠٠ درجة مئوية، وضغط ٤-١٥ بار مطلق) تُمَكّن من الحرق الكامل للمركبات العضوية الداخلة مع إنتاج ضئيل من المنتجات الثانوية العضوية غير المرغوب فيها (مثل الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات، وديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور وثنائي الفينيل متعدد الكلور).

وتعمل درجة حرارة الاحتراق العالية على إذابة المواد غير القابلة للاحتراق، وتشكيل الخبث المزجج، كما أنها تمنع تحويل ثاني أكسيد الكبريت إلى ثالث أكسيد الكبريت ديناميكياً وحركياً. ويُستخدم جهاز تنقية الغاز الرطب على مرحلتين لتنظيف غاز المداخن، يليه جهاز تنقية بالتكثيف لاسترداد الحرارة الكامنة لغاز المداخن، كما يُستعاد الماء المكثف في هذه العملية، ويستخدم الحجر الجيري في المرحلة الثانية من جهاز تنقية الغاز.

٤-٧ استرداد الفوسفور من رماد حرق الحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي

طُورت وجُربت تقنيات متنوعة مؤخراً لاسترداد الفوسفور الموجود في الرماد، الناتج عن الحرق الأحادي للحمأة، الناتجة بدورها من معالجة الصرف الصحي. هذه العمليات من شأنها السماح باسترداد الموارد الإضافية الموجودة في الرماد. ومن تلك العمليات يمكن تمييز العمليات الكيميائية الرطبة والعمليات الحرارية، وبينما الأخيرة ما زالت في المرحلة التجريبية . وقت كتابة هذه الوثيقة . فإن بعض العمليات الكيميائية الرطبة تقترب من مرحلة دخول السوق.

تشمل الفوائد تقليل كمية النفايات الموجهة للتخلص منها، واسترداد منتجات الفوسفور القابلة للبيع، وترسيب المواد الكيميائية التي يمكن تدويرها إلى محطات معالجة الصرف الصحي، وإزالة السموم من الرماد عن طريق فصل المعادن الثقيلة على أنها كبريتيدات مستقرة كيميائياً.

٤-٧-١ العمليات الكيميائية الرطبة

يذوب محتوى الفسفور بالكامل تقريباً عن طريق التحميض، وتصاحب هذه العملية بشكل حتمي إنحلالاً جزئيًا للمعادن الموجودة في الرماد. وتعتمد أنواع وكمية المعادن المذابة على تكوين المادة الخام المدخلة (الحديد أو Al-rich)، وعلى نوع وكمية الحمض المضاف (حمض الكبريتيك أو حامض الهيدروكلوريك).

تقوم بعض العمليات بالتالي:

- فصل وإزالة الملوثات غير العضوية السامة بشكل فعال (مثل الرصاص والكادميوم والزئبق وما إلى ذلك)، لزيادة جودة المنتج المستعاد الغني بالفوسفور.
- إجراء فصل خاص للألومنيوم والحديد ، حيث قد تقلل هذه العناصر من الجودة والتوفر الحيوي لمنتج الاسترداد.
- إزالة الكاتيونات من المادة المرتشحة الحمضية بطرق مختلفة؛ منها الترسيب المتسلسل واستخراج السائل والسائل والتبادل الأيوني.
- استرداد الفوسفور على شكل حمض فوسفوريك أو مباشرة الأسمدة الفوسفاتية المعدنية مثل فوسفات ثنائي الكالسيوم (DCP).

تعتمد بعض العمليات على الاستبدال الجزئي المباشر لصخور الفوسفات المطحونة (ما يصل إلى حوالي ١٠-٢٠٪ من إجمالي محتوى الفوسفات) بالرماد الغني بالفوسفور في عملية التحميض التي تطبقها صناعة الأسمدة.

٧-٤-٢ العمليات الحرارية

يمكن استخلاص المغذيات من الرماد بواسطة معالجات ذات درجة حرارة عالية. لقد طُورت العمليات التي تنقل الفوسفور إلى الخبث المعدني (عن طريق الصهر الاختزالي عند درجة حرارة عالية جداً في فرن العمود)، أو التي تقلل الفوسفور إلى فوسفور أولي يتم فصله عبر الطور الغازي في فرن قائم مسخن بالحث.

والمبدأ العام فصل المعادن الثقيلة المتطايرة (مثل: الزنك والرصاص والكادميوم والزئبق) عن المنتج عبر الطور الغازي، وتجميعها في غبار المداخن والمعادن الثقيلة ذات نقاط الغليان العالية (مثل: الحديد والنحاس والنيكل والكروم) على شكل سبيكة سائلة.

٨- التشغيل والصيانة

٨-١ تقنيات التشغيل لتحسين الأداء البيئي لمنشآت حرق النفايات

بالنسبة لمعظم مرافق حرق النفايات، يكون الترتيب التالي مناسباً:

أ: استقبال النفايات.

ب: تخزين النفايات والمواد الخام.

ج: المعالجة المسبقة للنفايات (داخل الموقع أو خارجه عند اللزوم).

د: تحميل النفايات إلى عملية المعالجة.

هـ: المعالجة الحرارية للنفايات.

و: استرداد الطاقة (مثل: المرجل) والتحويل.

ز: تنظيف غاز المداخن/ FGC.

ح: إدارة نفايات تنظيف غاز المداخن.

ط: تصريف غاز المداخن.

ي: رصد الانبعاثات والسيطرة عليها.

ك: التحكم في مياه الصرف ومعالجتها (على سبيل المثال: من تصريف الموقع وتنظيف غاز المداخن والتخزين).

ل: معالجة رماد القاع (الناشئ عن مرحلة الاحتراق) وإدارته.

م: التصريف أو التخلص من المخلفات الصلبة.

تتطلب كل خطوة من هذه الخطوات المعرفة والتحكم في النفايات، إضافة إلى القبول المحدد وإدارة المعالجة، حيث تعد بالمعرفة بالنفايات - قبل قبولها أو تخزينها أو معالجتها - عاملاً رئيساً لإدارة منشأة المعالجة. وتُصمَّم مرحلة لكل نوع من أنواع النفايات المعالجة في المنشأة. ولأن العديد من المنشآت يعمل بشكل مستمر على مدار الساعة يومياً (ما يقرب من ٣٦٥ يوماً في السنة)؛ تلعب أنظمة التحكم وبرامج الصيانة دوراً مهماً في تأمين توفر المرفق.

٨-١-١ مراقبة نوعيات النفايات الواردة

يغطي هذا القسم التقنيات التي تساعد المشغل على تحديد خصائص مدخلات النفايات المراد معالجتها. وتم تحديد التقنيات العامة المطبقة لضمان توافق النفايات الواردة مع خصائص المرفق في أفضل وثيقة مرجعية للتقنيات المتاحة للمياه العادمة، ويمكن الرجوع إليها للحصول على إرشادات عامة.[61]

تتمثل النفايات المرفوضة وتلك التي لم تعالجها محطات حرق النفايات، فيما يلي[62]:

- النفايات المنقولة بواسطة جهة غير مرخصة حسب المتطلبات النظامية.
- النفايات غير المصحوبة بنموذج البيان أو وثيقة النقل ملائمة.
- النفايات المتلقاة التي لا يمكن معالجتها بشكل مناسب من خلال قدرات المعالجة بالمنشأة.

٨-١-١-١ وضع قيود على مدخلات المرفق وتحديد المخاطر الرئيسة

كل منشأة لها قيود على خصائص النفايات التي يمكن تغذيتها في المحرقة، وبمعرفة القيود فإنه من الممكن استنتاج المواصفات التي توضح معدلات إدخال النظام القصوى والمرغوبة. ومن ثَمّ، يمكن تحديد المخاطر الرئيسية والضوابط الإجرائية المطلوبة لمنع أو تقليل العملية خارج القيود.[63]

تشمل العوامل التي تضع مثل هذه الحدود ما يلي:

- تصميم آلية تغذية النفايات والملاءمة المادية للنفايات المستلمة.
- معدل تدفق النفايات ومعدل صبيب الحرارة للفرن.
- الأداء البيئي المطلوب (تقليل الملوثات اللازم معبراً عنه في نسبة مئوية).
- قدرة تقنية تنظيف غاز المداخن لإزالة الملوثات الفردية (مثل: الحد من معدل تدفق غاز المداخن وتحميل الملوثات).

يمكن أن تكون أمثلة المخاطر الرئيسية المحددة كما يلي:

- مدخلات عالية من الزئبق تؤدي إلى تركيزات عالية من غاز المداخن الخام.
- مدخلات عالية من اليود أو البروم تؤدي إلى تركيزات عالية من غاز المداخن الخام.
- تباين كبير في المحتوى الرطوبي أو معاملات الاختلاف (CV)؛ ما يؤدي إلى عدم انتظام الاحتراق.
- حمولة عالية من الكلور أو الكبريت تتجاوز قدرة تنظيف غاز المداخن.
- تغير سريع في كيمياء غاز المداخن، ما يؤثر على وظيفة تنظيف غاز المداخن.
- المواد الكبيرة مادياً التي تعيق أنظمة التغذية، ما يؤدي إلى توقف التشغيل المنتظم.

---

[61] (COMMISSION IMPLEMENTING DECISION (EU) 2018/1147. Best available techniques (BAT) conclusions for waste treatment, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council., 2018)
[62] (The Implementing Regulations of the Waste Management Law, 2021)
[63] (COMMISSION IMPLEMENTING DECISION EU 2019/2010.Best available techniques (BAT) conclusions for waste incineration, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council., 2019)

- الإبلاغ عن أن الخبث المفرط (تلوث مكونات المرجل عند تغذية أنواع معينة من النفايات مثل: مصادر تركيز الزنك العالي)، يسبب خبثاً غير طبيعي في ممر المرجل الأول.

بمجرد تحديد المخاطر النظرية والفعلية يمكن للمشغل تطوير استراتيجية تحكُّم مستهدفة للحد من تلك المخاطر. على سبيل المثال إذا أظهرت التجربة أنه يمكن تجاوز قيم حد انبعاثات حمض الهيدروكلوريك، فقد يقرر المشغل محاولة التحكم في مصادر الكلور والتركيزات القصوى في النفايات التي يتم تغذيتها إلى مرحلة الاحتراق و/ أو تحسين التصميم والممارسة التشغيلية لتنظيف غاز المداخن بالغاز الحمضي.

٨-١-١-٢ التواصل مع مُورِّدي[٦٤] النفايات لتحسين مراقبة نوعية النفايات الواردة

يتم استخلاص النفايات عادةً من مجموعة متنوعة من المصادر قد يكون للمشغل سيطرة محدودة عليها. وعندما يحدد المشغل نفايات أو مواد أو خصائص معينة للنفايات أو مصادر فردية، تسبب - أو يمكن أن تسبب - مشاكل تشغيلية، ويبلغ بها هؤلاء المنتجون والموردون للنفايات، فإن ذلك يمكن أن يساعد في ضمان الجودة في سلسلة القيمة لإدارة النفايات. ومثال على ذلك، الجمع المنفصل للنفايات التي تحتوي على الزئبق مثل: البطاريات أو ملغم الأسنان بحيث يتم تقليل محتوى الزئبق في تدفق النفايات البلدية الصلبة.

يعتمد نوع التقنيات المستخدمة ودرجة استخدامها على درجة المخاطر وتواتر وطبيعة أيّ صعوبات تشغيلية يتم مواجهتها. وبوجه عام، كلما زاد تنوع النفايات والتركيبات والمصادر، زاد الجهد المطلوب في التحكم في مدخلات النفايات.

٨-١-١-٣ التحكم في جودة تغذية النفايات في موقع المحرقة

للمساعدة في التحكم في جودة تغذية النفايات، وبالتالي تثبيت عملية الاحتراق ضمن معايير التصميم، يمكن اشتقاق مجموعة من متطلبات الجودة للنفايات التي يتم تغذيتها على جهاز الاحتراق. ويمكن استنتاج متطلبات نوعية النفايات من فهم القيود التشغيلية للعملية، مثل:

- قدرة الصبيب الحراري للمرفق.
- المتطلبات الفيزيائية للتغذية (حجم الجسيمات).
- أدوات التحكم المستخدمة في عملية الحرق (مثل: استخدام القيمة الأدنى للتسخين الحراري، وإنتاج البخار، محتوى الأكسجين).
- سعة نظام معالجة غاز المداخن وتركيزات/ معدلات مدخلات الغاز الخام القصوى المشتقة.
- القيم الحدية للانبعاثات الغازية التي يستوجب الالتزام بها.
- متطلبات جودة رماد القاع.

يمكن تخزين النفايات أو خلطها أو مزجها (وفق التشريعات الوطنية)، بهدف وقوع النفايات النهائية التي يتم تلقيمها لجهاز الاحتراق ضمن مجموعة متطلبات الجودة المشتقة. والمواد/ الخصائص الرئيسة التي تتطلب عادة وضع إجراءات معينة لإدارتها تتعلق بالتغيرات في التركيز والتوزيع في نفايات المكونات هي:

- الزئبق والفلزات القلوية والمعادن الثقيلة.
- اليود والبروم.
- الكلور والكبريت.
- التغيرات في قيم الحرارة/ محتوى الرطوبة.
- الملوثات العضوية الحرجة، على سبيل المثال ثنائي الفينيل متعدد الكلور.
- الاتساق المادي للنفايات، على سبيل المثال الحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي.

---

[٦٤] مقدمو الخدمة

- قابلية خلط أنواع مختلفة من النفايات.

٨-١-١-٤ فحص وجمع العينات واختبار النفايات الواردة

تتضمن هذه التقنية استخدام نظام مناسب لتقييم النفايات الواردة، ويتم اختيار التقييمات التي تم إجراؤها لضمان التالي:

- أن النفايات المتلقاة تقع ضمن النطاق المناسب للمنشأة.
- ما إذا كانت النفايات تحتاج إلى مناولة/ تخزين/ معالجة/ إزالة خاصة لنقلها خارج الموقع.
- ما إذا كانت النفايات مطابقة لوصف المورد (لأسباب تعاقدية أو تشغيلية أو نظامية)، أو بيان واضح.

تتراوح التقنيات المعتمدة من التقييم البصري البسيط إلى التحليل الكيميائي الكامل، وترتبط بدرجة وفقاً لدرجة المخاطر التي تشكلها النفايات الواردة، التي بدورها ستكون مرتبطة بما:

- طبيعة وتكوين النفايات.
- عدم تجانس النفايات.
- الصعوبات المعروفة مع النفايات (من نوع معين أو من مصدر معين).
- العوامل الخاصة التي تؤثر على المنشأة المعنية (مثل: بعض المواد المعروف أنها تسبب صعوبات تشغيلية).
- ما إذا كانت النفايات من أصل معروف أو غير معروف.
- وجود مواصفات مراقبة الجودة للنفايات من عدمه.
- ما إذا كان قد تم التعامل مع النفايات من قبل أم لا والتجارب السابقة معها.
- الأساليب المحددة الرئيسة المطبقة مذكورة في الجدول ٨-١.

الجدول 8-1: التقنيات المطبقة لفحص وجمع عينات من مختلف أنواع النفايات.

نوع النفايات	التقنيات الرئيسة المطبقة	التعقيبات
النفايات البلدية المختلطة والنفايات الأخرى غير الخطرة	■ التفتيش البصري في المستودع. ■ جمع عينات دورية لعمليات تسليم النفايات وتحليل الخصائص/ المواد الرئيسة (مثل: القيمة الحرارية ومحتوى الهالوجينات والمعادن/ أشباه الفلزات). ■ بالنسبة للنفايات البلدية الصلبة، يتم فحص موضعي لتسليم النفايات عن طريق التفريغ المنفصل. ■ وزن النفايات عند تسليمها. ■ الكشف عن المواد الإشعاعية.	قد تكون للأحمال الصناعية والتجارية مخاطر عالية وتتطلب اهتماماً أكبر.
النفايات البلدية المعالجة مسبقاً والوقود المشتق من النفايات	■ المعاينة البصرية. ■ جمع العينات والتحليل الدوري للخصائص/ المواد الرئيسية (مثل: القيمة الحرارية ومحتوى الهالوجينات والملوثات العضوية الثابتة والمعادن/ أشباه الفلزات).	لا يوجد
النفايات الخطرة بخلاف النفايات الطبية	■ الفحص البصري بقدر الإمكان من الناحية التقنية. ■ مراقبة ومقارنة البيانات الواردة في قائمة الإقرار بالنفايات المُسلَّمة. ■ جمع عينات/ تحليل لجميع ناقلات البضائع السائبة والمقطورات.	الإجراءات المكثفة والفعّالة مهمة بشكل خاص لهذا القطاع.

نوع النفايات	التقنيات الرئيسة المطبقة	التعقيبات
	■ الفحص القائم على المخاطر للنفايات المعبأة (مثل: البراميل أو حاويات السوائب الوسيطة (IBCs) أو العبوات الصغيرة). ■ تفريغ وفحص الحمولات المعبأة. ■ تقييم معاملات الاحتراق. ■ اختبارات المزج على المخلفات السائلة قبل التخزين. ■ التحكم في نقطة الوميض للنفايات في المستودع. ■ فحص مدخلات النفايات للتكوين العنصري.	قد تتمكن المحطات التي تتلقى تدفقات أحادية من اعتماد إجراءات مبسطة.
الحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي	■ وزن المخلفات المسلَّمة قياس التدفق إذا تم نقل حمأة الصرف الصحي عبر خط الأنابيب). ■ الفحص البصري بقدر الإمكان من الناحية التقنية. ■ جمع العينات والتحليل الدوري للخصائص/ المواد الرئيسة (مثل: القيمة الحرارية والماء ومحتوى الزئبق). ■ التحقق من وجود مواد صلبة، على سبيل المثال: الأحجار/ المعدن/ الخشب/ البلاستيك قبل النقل بالضخ، ومراحل نزح المياه والتجفيف. ■ التحكم في العملية للتكيف مع اختلاف الحمأة.	تعتمد ملاءمة التقنيات على نوع حمأة الصرف الصحي. على سبيل المثال: الحمأة الخام والمهضومة والمؤكسدة.
نفايات الرعاية الصحية	■ مراقبة ومقارنة البيانات الواردة في قائمة الإقرار بالنفايات المسلَّمة. ■ فحص النشاط الإشعاعي. ■ وزن عمليات تسليم النفايات. ■ الفحص البصري لسلامة التغليف.	مخاطر العدوى تجعل جمع العينات غير مستحسن؛ لذا يلزم على منتِج النفايات التحكم.

٨-١-١-٥ أجهزة الكشف عن المواد المشعة

يمكن أن يؤدي إدراج المصادر أو المواد المشعة في النفايات إلى مشاكل تشغيلية ومشاكل تتعلق بالسلامة؛ فبعض النفايات عرضة لخطر احتواء مستويات أعلى، لا سيما الناشئة عن أنشطة تستخدم المواد المشعة. ولذلك قد تحتوي بعض النفايات الطبية والصناعية على مصادر مشعة محددة ، وعند إدراجها خلطها أو دمجها مع النفايات البلدية يمكن أن تؤدي إلى زيادة النشاط الإشعاعي فيها، نظراً لصعوبة التحكم في مجموعات النفايات المختلطة.

يمكن اكتشاف المواد المشعة باستخدام أجهزة الكشف المحددة الموجودة مثلاً عند مدخل المرفق، ويتم إجراء اختبارات لحمولات النفايات التي قد تكون أكثر عرضة للتلوث، حيث تُقبل الحمولات على أساس الحد الأقصى من التلوث الذي يتحدد من خلال معرفة مصير النظائر المعالجة والعملية المعينة التي تتلقاها، وعلى اعتبار الحدود الموضوعة لمستويات التلوث المسموح بها في عمليات التسرب إلى الأرض والهواء والماء.

تُعدُّ كاشفات الوميض البلاستيكية أحد أنواع الكاشفات المستخدمة، وتقيس الفوتونات من النويدات المشعة لأشعة جاما وبدرجة أقل من أشعة بيتا. وتُكتشف النويدات المشعة بانتظام في النفايات السريرية ونفايات المختبرات والمواد المشعة الطبيعية المحسنة تقنياً. ومن المهم الضوابط الموضوعة لمنع اختلاط النفايات المشعة بالنفايات البلدية (يتم ذلك أحياناً لتجنب تكلفة المعالجة المرتفعة المرتبطة بالنفايات المشعة).

٨-١-٢ تخزين النفايات

تم وصف التقنيات العامة المطبقة في تخزين النفايات في أفضل وثيقة مرجعية للتقنيات المتاحة للمياه العادمة. ويركز هذا القسم على التقنيات المحددة ذات الصلة بمحطات حرق النفايات، بدلاً من الجوانب العامة للتخزين.

٨-١-٢-١ الأسطح محكمة الغلق والصرف المتحكم به والظروف المناخية

إن تخزين النفايات في المناطق التي لها أسطح محكمة الغلق ومقاومة، والصرف الخاضع للسيطرة، يمنع تسرّب المواد مباشرة من النفايات أو عن طريق الترشيح من النفايات، حيث يتم التحقق من سلامة السطح المحكم بشكل دوري. وتختلف التقنيات المستخدمة وفقاً لنوع النفايات وتكوينها وقابلية التأثر، أو المخاطر المرتبطة بتسرب المواد من النفايات. وبشكل عام، يتم تطبيق تقنيات التخزين التالية:

الجدول 8-١: بعض الأمثلة على تقنيات التخزين المطبقة لأنواع النفايات المختلفة.

نوع النفايات	تقنيات التخزين
جميع النفايات	■ تُخزن المواد ذات الرائحة الكريهة داخل أنظمة الهواء التي يتم التحكم فيها باستخدام الهواء المفرغ كهواء احتراق (راجع القسم ٧-١-٢-٣). ■ مناطق مخصصة للتحميل/ التفريغ مع التحكم في الصرف. ■ مناطق محددة بوضوح (مثل الرموز الملونة) للتصريف من المناطق المحتملة للتلوث (التخزين/ التحميل/ النقل). ■ تحديد أوقات التخزين حسب نوع النفايات ومخاطرها. ■ سعة تخزين كافية. ■ يمكن وضع بعض النفايات في بالات أو احتواؤها للتخزين المؤقت، اعتماداً على عوامل الخطر الخاصة بالنفايات والموقع المحدد. ■ تدابير الحماية من الحرائق. على سبيل المثال جدار مقاوم للحريق بين المستودع وغرفة الفرن.
النفايات البلدية الصلبة وغيرها من النفايات غير الخطرة	■ مستودعات أرضية محكمة الغلق أو مناطق تخزين مستوية مغلقة. ■ المباني المغطاة والمحاطة بأسوار. ■ يمكن تخزين بعض العناصر السائبة ذات القدرة المنخفضة على التلوث، دون اتخاذ تدابير خاصة.
النفايات الصلبة المعالجة مسبقاً النفايات البلدية الصلبة والوقود المشتق من النفايات	■ الخزانات المغلقة. ■ مستودعات أرضية محكمة الغلق أو مناطق تخزين مستوية. ■ المباني المغطاة والمحاطة بأسوار. ■ قد تكون الحمولات المغلفة أو المعبأة في حاويات مناسبة للتخزين الخارجي بدون تدابير خاصة، اعتماداً على طبيعة النفايات.
النفايات السائلة السائبة والحمأة	■ صهاريج السوائب المربوطة المقاومة للهجوم. ■ الفلنجات والصمامات داخل مناطق الجدار. ■ مجاري فراغات الخزان إلى المحرقة للمواد المتطايرة. ■ أجهزة التحكم في الانفجارات في مجاري الهواء، وما إلى ذلك. ■ تخزين حمأة الصرف الصحي في الخزان أو المستودع.
النفايات السائلة والحمأة	■ التخزين تحت الغطاء. ■ الأسطح المحصنة والمقاومة.
النفايات الخطرة	■ تخزين منفصل حسب تقييم المخاطر. ■ اهتمام خاص بطول فترات التخزين. ■ أجهزة المناولة والتحميل الأوتوماتيكية. ■ مرافق تنظيف الأسطح والحاويات.

نوع النفايات	تقنيات التخزين
نفايات الرعاية الصحية الخطرة (النفايات السريرية/ الخطرة بيولوجيًّا)	■ تخزين النفايات. ■ التخزين المبرد أو المجمد للنفايات الخطرة بيولوجيًّا. ■ اهتمام خاص بتقليل أوقات التخزين. ■ أجهزة المناولة والتحميل الأوتوماتيكية. ■ حرق حاويات النفايات غير القابلة لإعادة الاستخدام. ■ منشآت التطهير لحاويات النفايات التي يعاد استخدامها. ■ تخزين الفريزر، إذا تجاوزت فترة التخزين فترات زمنية معينة، على سبيل المثال ٤٨ ساعة.

٨-١-٢-٢ سعة تخزين كافية

يجب اتخاذ مجموعة من التدابير في الاعتبار لتجنب تراكم النفايات، مثل:

- إنشاء سعة تخزين قصوى للنفايات مع مراعاة خصائصها؛ على سبيل المثال ما يتعلق بخطر نشوب حريق.
- المراقبة المنتظمة لكمية النفايات المخزنة مقابل السعة التخزينية القصوى.
- تحديد أقصى زمن مكوث للنفايات غير المختلطة أثناء التخزين.

يمكن تقليل أوقات التخزين من خلال:

- منع أحجام النفايات المخزنة من أن تصبح كبيرة للغاية.
- التحكم في عمليات التسليم وإدارتها - ما أمكن ذلك - من خلال التواصل مع مُورِّدي النفايات، وما إلى ذلك.

٨-١-٢-٣ استخراج الهواء من مناطق التخزين للتحكم في الروائح والأتربة والانبعاثات المنتشرة

التقنيات التي يجب مراعاتها هي:

- استخراج الهواء من مناطق تخزين النفايات، واستخدامه كهواء احتراق أولي وثانوي.
- الحد من كمية النفايات المخزنة عند عدم توفر المحرقة.
- استخدام تقنية بديلة لمعالجة الانبعاثات الموجهة من منطقة التخزين عند عدم وجود محرقة.

يمكن جمع مصدر هواء المحرقة (الأوّلي أو الثانوي) من مناطق تخزين النفايات (أو المواد الكيميائية)، ومن خلال إحاطة مناطق تخزين النفايات وتحديد حجم مداخلها، يمكن الحفاظ على منطقة تخزين النفايات بأكملها تحت ضغط جوي بسيط، ما يقلل من خطر انبعاث الروائح ويضمن تدمير المواد ذات الرائحة في المحرقة بدلاً من تسريبها. ومن الممكن تهوية تخزين المواد الخام وإرسال الهواء إلى غرفة الاحتراق، أو إلى معدات تنظيف غاز المداخن، اعتماداً على طبيعة الهواء المستخرج.

التقنيات الرئيسية المستخدمة موضحة في الجدول ٨-٣، أدناه.

الجدول 8-3: التقنيات الرئيسة للحد من انبعاثات الغازات المتسربة إلى الهواء، وتسريبات الروائح، وانبعاثات غازات الدفيئة (الأحتباس الحراري).

التقنية	التطبيق
النفايات البلدية الصلبة في المباني المغلقة التي يسحب منها هواء المحارق	■ النفايات البلدية. ■ نفايات خطرة صلبة وعجينية كبيرة الحجم. ■ RDF ■ الحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي. ■ نفايات الرعاية الصحية الخطرة (النفايات السريرية). ■ نفايات أخرى ذات روائح كريهة.
تنفيس خزان مجاري الهواء لتغذية هواء الحرق	■ النفايات الخطرة المتطايرة ذات الرائحة الكريهة؛ على سبيل المثال نفايات المذيبات. ■ الحمأة ذات الرائحة الكريهة؛ على سبيل المثال الحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي. ■ النفايات الأخرى ذات الرائحة الكريهة أو المتطايرة.

٨-١-٢-٤ فصل أنواع النفايات للمعالجة الآمنة

تعتمد إجراءات قبول النفايات وتخزينها على الخصائص الكيميائية والفيزيائية للنفايات، ويعد التقييم المناسب للنفايات عنصراً أساسياً في اختيار عمليات التخزين والمدخلات. وترتبط هذه التقنية ارتباطاً وثيقاً بفحص وجمع العينات وتقييم النفايات الموضحة في القسم ٧-١-١-٤.

تختلف تقنيات الفصل المطبقة وفقاً لنوع النفايات المتلقاة في المرفق، وقدرة المصنع على معالجة تلك النفايات، وتوفر معالجات بديلة محددة أو المعالجة المسبقة للحرق.

وفي بعض الحالات، خاصة بالنسبة لبعض المنتجات الثانوية التفاعلية للنفايات الخطرة، يكون الفصل مطلوباً عند تعبئة المواد في موقع الإنتاج، بحيث يمكن تعبئتها ونقلها وتفريغها وتخزينها ومعالجتها بأمان. وفي هذه الحالات، يتعلق الفصل في منشأة الحرق بالحفاظ على فصل هذه المواد، بحيث يتم تجنب المخاليط الخطرة.

الجدول 8-4: بعض تقنيات الفصل المطبقة على أنواع النفايات المختلفة.

نوع النفايات	تقنيات الفصل
النفايات البلدية المختلطة	■ لا يُطبق الفصل الروتيني إلا في حالة استلام تدفقات نفايات عديدة ومتباينة. ■ يمكن فصل العناصر كبيرة الحجم التى تتطلب معالجة مسبقة. ■ مناطق الفصل الطارئ للنفايات المرفوضة. ■ بالنسبة للطبقات المميَّعة، قد تكون هناك حاجة لإزالة المعادن لتسهيل التقطيع ومنع الانسداد.
النفايات البلدية المعالجة مسبقاً والوقود المشتق من النفايات	■ لا يُطبق الفصل بشكل روتينى. ■ مناطق الفصل الطارئ للنفايات المرفوضة.
النفايات الخطرة	■ توجد إجراءات واسعة النطاق مطلوبة لفصل المواد غير المتوافقة كيميائيًا، وتشمل - على سبيل المثال - ما يلي: ○ الماء من الفوسفيد. ○ الماء من الأيزوسيانات. ○ الماء من المعادن القلوية. ○ السيانيد من الأحماض. ○ المواد القابلة للاشتعال من العوامل المؤكسدة.

نوع النفايات	تقنيات الفصل
	■ الحفاظ على فصل النفايات المعبأة المفصولة مسبقاً.
الحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي	■ عادة ما تُخلط النفايات جيداً قبل تسليمها إلى المرفق. ■ قد تُسلَّم بعض التدفقات الصناعية بشكل منفصل وتتطلب الفصل للمزج.
نفايات الرعاية الصحية	■ يمكن أن يختلف محتوى الرطوبة ومعاملات الاختلاف (CV) اختلافاً كبيراً اعتماداً على المصدر. ■ فصل الحاويات المختلفة للسماح بالتخزين المناسب والتحكم في تلقيم المحطات.

٨-١-٢-٥ استخدام أنظمة الكشف عن الحرائق والسيطرة عليها

تُستخدم أنظمة الكشف والإنذار التلقائي عن الحرائق في مناطق تخزين النفايات، وكذلك لمرشحات فحم الكوك ذات القاعدة الثابتة، والغرف الكهربائية وغرف التحكم وغيرها من مناطق الخطر المحددة.

يُجرى قياس أوتوماتيكي مستمر لدرجة الحرارة على سطح النفايات المخزنة في المستودعات، ويمكن إطلاق إنذار صوتي عند الاختلاف في درجات الحرارة. كما يكون التحكم البصري التكميلي من قبل المشغلين إجراءً فعالاً للكشف عن الحرائق. وتُطبق أنظمة التحكم والتدخل التلقائي في الحرائق في بعض الحالات، والأكثر شيوعاً عند تخزين النفايات السائلة القابلة للاشتعال، على الرغم من وجودها في مناطق الخطر الأخرى.

تستخدم أنظمة التحكم في الرغوة وثاني أكسيد الكربون لتخزين السوائل القابلة للاشتعال، كما تُستخدم فوهات الرغوة بشكل شائع في محطات حرق النفايات البلدية الصلبة في مستودع تخزين النفايات، كما تُستخدم أنظمة رش المياه ذات الشاشات وخراطيم المياه مع إمكانية استخدام الماء أو الرغوة وأنظمة المسحوق الجاف. ويمكن استخدام أغطية النيتروجين في مرشحات فحم الكوك ذات القاعدة الثابتة، والمرشحات الكيسية ومزارع الخزانات أو في منشآت المعالجة المسبقة وتحميل الأفران للنفايات الخطرة.

هناك أجهزة أمان أخرى؛ مثل:

- فوهات فوق خزانات تغذية النفايات.
- جدران مقاومة للحريق، لفصل المحولات وأجهزة الاحتجاز تحت المحولات.
- كشف الغاز فوق وحدة توزيع الغاز.

يتطلب تخزين الأمونيا عند استخدامها اتخاذ تدابير أمان محددة، مثل: أجهزة الكشف عن الأمونيا وأجهزة رش الماء لامتصاص التسريبات، كما يتطلب استخدام أغطية النيتروجين اتخاذ إجراءات تشغيل فعّالة، ضمان تجنب تعرض المشغل للخطر. ويمكن أن يحدث الاختناق خارج المناطق المغلقة وكذلك في الداخل.

٨-١-٣ المعالجة المسبقة للنفايات الواردة ونقلها وتحميلها

٨-١-٣-١ المعالجة المسبقة ومزج وخلط النفايات

التقنيات المُستخدَمة في المعالجة المسبقة للنفايات وخلطها واسعة النطاق، منها:

- خلط النفايات الخطرة السائلة أو الصلبة لتلبية متطلبات المدخلات للمرفق.
- تمزيق وسحق وقص النفايات المعبأة والنفايات الضخمة القابلة للاحتراق.
- خلط النفايات في المستودع باستخدام خطاف أو آلة أخرى.

قد يخدم خلط النفايات لتحسين التلقيم وسلوك الاحتراق. ويتم خلط النفايات الخطرة مع النفايات أو المنتجات الأخرى، قبل الحرق، لتحقيق الاستقرار في تلقيم النفايات وظروف العملية، ولزيادة الاحتراق وتحسين التخلص الآمن من المخلفات وزيادة جودة أجزاء النفايات المستعادة. ويمكن أن ينطوي خلط النفايات الخطرة على مخاطر، كما يمكن خلط أنواع مختلفة من النفايات حسب الوصفة.

على أي حال، يجب ألّا يؤدي خلط النفايات قبل الحرق إلى تخفيف المكونات الخطرة التي كانت موجودة في البداية بتركيز لم يكن مقبولاً، وفقاً لحدود محارق النفايات.

توجد منشآت احتراق مصممة لتلقي ومعالجة مختلف النفايات الخطرة وغير الخطرة. على سبيل المثال: يمكن حرق النفايات الصلبة والسائلة والغازية والحمأة في أفران دوارة. وعادة ما يتم تلقيم المواد الصلبة من خلال خزان غير دوار، حيث يمكن حقن النفايات السائلة في الفرن من خلال فوهات الموقد، ويمكن حقن النفايات والحمأة القابلة للضخ في الفرن عبر أنبوب مبرد بالماء. علاوة على ذلك، بالنسبة لحرق النفايات الخطرة، أثبتت مجموعة من الأفران الدوارة وغرف ما بعد الاحتراق نجاحها، في معالجة النفايات الصلبة والعجينة والسائلة والغازية بشكل موحد.[65]

وفي المحارق الشبكية، تشتمل النفايات الأخرى التي تُعالج بشكل شائع - غالباً كإضافات مع النفايات البلدية الصلبة - على النفايات التجارية والصناعية غير الخطرة، والحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي وبعض نفايات الرعاية الصحية الخطرة.

- إضافة الحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي إلى محرقة النفايات البلدية

إذا أُضيفت حمأة الصرف الصحي إلى حرق النفايات البلدية الصلبة، فإن تقنيات التغذية تُمثّل نسبة كبيرة من تكاليف الاستثمار الإضافية، من خلال التالي:

- تجفف الحمأة الناتجة من معالجة الصرف الصحي التي تنفث على شكل غبار في الفرن (حوالي ٩٠٪ من المواد الصلبة الجافة).
- تُورد بشكل منفصل من خلال الرشاشات إلى غرفة الحرق، وتوزع على شبكة ثم يتم دمجها في مادة الطبقة عن طريق قلب النفايات على شبكات تصريف حمأة الصرف الصحي (حوالي ٢٠-٣٠٪ مواد صلبة جافة).
- تُضاف إلى النفايات البلدية ويغذي الخليط في غرفة الاحتراق، ويتم تصريفه أو تجفيفه كلياً أو تجفيفه جزئياً (حوالي ٥٠-٦٠٪ مواد صلبة جافة) [66].

- إضافة نفايات الرعاية الصحية إلى محرقة نفايات بلدية

إذا أُحرقت نفايات الرعاية الصحية في نفس الفرن مثل: النفايات البلدية الصلبة، توضع النفايات الرعاية الصحية المعدية في الفرن مباشرة دون خلطها مع فئات النفايات الأخرى ودون مناولة مباشرة. ويُستخدم لذلك نظام تحميل منفصل مزود بأقفال هوائية، إذ يُساعد القفل الهوائي على منع الدخول غير المنضبط لهواء الاحتراق وإمكانية الانبعاث المنفلت في منطقة التحميل.

كما يمكن إجراء الحرق المشترك للنفايات الطبية مع النفايات البلدية الصلبة بدون نظام تحميل منفصل؛ فعلى سبيل المثال: يمكن استخدام أنظمة التحميل الأوتوماتيكي لوضع النفايات الرعاية الصحية مباشرة في خزان التغذية باستخدام النفايات البلدية الصلبة.

تحد اللوائح الوطنية - في بعض الأحيان - من نسبة النفايات الرعاية الصحية التي يمكن معالجتها في حرق مشترك (على سبيل المثال: في فرنسا <١٠٪ حمولة حرارية)، وتُعالج غازات المداخن من النفايات المختلفة في أنظمة تكييف غاز المداخن.

---

[65] (COMMISSION IMPLEMENTING DECISION EU 2019/2010.Best available techniques (BAT) conclusions for waste incineration, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council., 2019)

[66] يمكن أن يحدث الخلط في خزان النفايات من خلال الجرعات المستهدفة من قبل مشغل الرافعة، أو يمكن التحكم فيه في قادوس التغذية عن طريق ضخ الحمأة منزوعة المياه في القادوس أو في الخزان عن طريق نشر الأنظمة.

الجدول 8-5: ملخص للتطبيق الحالي لعمليات المعالجة الحرارية المطبقة على أنواع النفايات المختلفة٦٧

التقنية	النفايات البلدية الصلبة	النفايات غير الخطرة الأخرى	النفايات الخطرة	حمأة الصرف الصحي	نفايات الرعاية الصحية
الشبكيَّة - المتقطعة/ الترددية	٥٦٪	٤٣٪	٠٪	٠٪	٠٪
الشبكيَّة - الاهتزاز	٠٪	٠٪	١١٪	٠٪	٠٪
الشبكيَّة - التنقل	٢٤٪	٢٧٪	٠٪	٠٪	٠٪
الشبكيَّة - الأسطوانية	١٢٪	١٠٪	٠٪	٠٪	٠٪
الشبكيَّة - مبرد بالماء	٢٢٪	٤٨٪	١٧٪	٠٪	٠٪
الشبكيَّة بجانب فرن دوار	٠,٥٪	٠٪	٢٪	٠٪	٠٪
فرن دوار	٢٪	٠٪	٧٠٪	٠٪	٠٪
موقد ثابت	٠٪	٠٪	٠٪	٠٪	٦٧٪
فرن ثابت	٠٪	٠٪	١٦٪	٠٪	٠٪
فقاعات - طبقة مميَّعة	٢٪	١٣٪	٠٪	٩٠٪	٠٪
طبقة مميَّعة - متداولة	٣٪	٨٪	٠٪	١٠٪	٠٪
التحلل الحراري	٠٪	٠٪	٠٪	٠٪	٠٪
التغويز (عملية تحويل المواد التي تحوي في تركيبها على الكربون)	٠,٥٪	٠٪	٠٪	٠٪	٣٣٪

يمكن للنفايات الصلبة غير المتجانسة (مثل: النفايات الخطرة البلدية والمعبأة)، أن تستفيد من درجة الاختلاط في المستودع قبل التحميل في آليات التلقيم.

في المخابئ، تُخلط النفايات باستخدام رافعات الوقود في مستودع التخزين نفسه. ويمكن لمشغلي الرافعات تحديد الحمولات التي قد تكون إشكالية (مثل: النفايات المحزومة والعناصر المنفصلة التي لا يمكن خلطها، أو التي تسبب مشاكل في التحميل/ التغذية)، والتأكد من إزالتها أو تمزيقها أو مزجها مباشرة (حسب اللزوم) مع النفايات الأخرى. وتُطبق هذه التقنية بشكل شائع في المحطات البلدية والمحارق الأخرى، حيث يتم تسليم حمولات الدُفعات للتخزين المسبق للحرق في مستودع مشترك. ويجب تصميم سعة الرافعة لتسمح بالخلط والتحميل بمعدل مناسب. وعادة ما يكون هناك رافعتان، أيٌّ منهما تكفي لمزج وتلقيم جميع خطوط الحرق.

قد يتطلب حرق النفايات الأخرى مع النفايات البلدية الصلبة، معالجة مسبقة محددة، كتسليم نفايات الرعاية الصحية في عبوات خاصة، أو تجفيف حمأة الصرف الصحي - عندما لا تكون بنسبة صغيرة نسبياً - تجفيفاً جزئيًّا أو كليًّا أوليًّا، مع نظام تغذية محدد. على سبيل المثال في خزان التغذية، في مجرى التلقيم مباشرة في الفرن من خلال جدار جانبي أو فوق وحدة التغذية.

يتكون معادل التغذية للنفايات الصلبة الخطرة من اثنين من الناقلات اللولبية القادرة على سحق وتغذية النفايات الصلبة، وخزان تلقيم لتلقي أنواع مختلفة من النفايات. وتُغذى النفايات السائبة الصلبة في خزان التغذية بواسطة رافعة من خلال شبكات تلقيم أفقية، وعادةً ما يتم إغلاق بوابات التلقيم لمنع تسرب الغاز إلى الهواء المحيط. وفي الجزء السفلي من خزان

[67] (COMMISSION IMPLEMENTING DECISION EU 2019/2010.Best available techniques (BAT) conclusions for waste incineration, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council., 2019)

التغذية، يوجد برغيان للتغذية يعملان هيدروليكيًا يغذيان النفايات باستمرار في مجرى التلقيم من خلال أبواب النار، التي تمنع الحرائق الخلفية من الامتداد في خزان التغذية.

أما خزان التغذية فمجهز بقياس مستوى حدود التعبئة العلوية والسفلية للخزان، ويوفر في الحد الأعلى إشارة لإيقاف التلقيم في الخزان، بينما تعمل إشارة الحد الأدنى على إبطاء تشغيل البراغي، ليكون هناك دائماً بعض النفايات المتبقية في المنطقة العازلة في الخزان للعمل كحاجز بين المسمار وخزان التغذية.

وبالتالي، يعمل خزان التغذية كمنطقة عازلة تمنع:

- النيتروجين من التسرب إلى الفرن.
- التسبب في نشوب حريق في خزانات التغذية.

ويمكن تغذية البراميل من خلال الجدار الأمامي للفرن الدوار بدون خزان تغذية.

٨-١-٣-٢ الحقن المباشر للنفايات السائلة والغازية

يتم تغذية النفايات السائلة والعجينية والغازية مباشرة إلى الفرن، عبر عدة خطوط تغذية مباشرة، لمنع الانبعاثات المنتشرة والتعامل مع هذه النفايات بأمان.

في عام ٢٠٠٢، كان ما يقرب من ٨,٥٪ من إجمالي حرق النفايات في الأفران الدوارة يتكون من نفايات سائلة تم معالجتها من خلال خطوط الحقن المباشر، إذ يحتوي كل فرن دوار على عدة خطوط تغذية مباشرة. وتتم عملية الحقن المباشر عن طريق توصيل حاوية النفايات وخط التغذية وضغط الحاوية بالنيتروجين، أو عن طريق تفريغ الحاوية بالمضخات في حالة اللزوجة المنخفضة بدرجة كافية. وبهذه الطريقة، يتم إدخال النفايات السائلة في خط المعالجة.

واعتماداً على القيمة الحرارية للنفايات السائلة، فإنها تُحقن في مقدمة الفرن الدوار أو في غرفة ما بعد الاحتراق. وبعد المعالجة، يمكن تطهير الخط بالنيتروجين أو الوقود أو نفايات الزيت أو البخار. كما يتم استخدام خطوط حقن متعددة الأغراض و/ أو مخصصة، وتعتمد إلى حد كبير على المواد المراد حرقها.

٨-٢ التدريب

٨-٢-١ متطلبات التدريب

يجب ألّا يُشغل المرافق سوى موظفين مؤهلين ومدربين، لذلك على مزود خدمة مرافق استرداد المواد أن يقدم التدريب والتعليم الكافيين لموظفيه بانتظام، بما يضمن تجهيزهم تجهيزاً جيداً لإدارة تدفقات النفايات إدارة آمنة. كما يضمن تقديم شهادة تثبت لياقة وصحة العمال على أساس سنوي.[68] ويعد تدريب الموظفين وتوعيتهم وكفاءتهم جزءاً من نظام الإدارة البيئية (EMS)، (راجع القسم ١٠-١). ويجب أن يتمتع المرشحون الراغبون في الحصول على شهادة مهنية وأوراق اعتماد مناسبة، بالمعرفة والتدريب في كافة المجالات التالية:

- نظرية منشأة حرق النفايات والبنية التحتية للموقع ومفاهيم التصميم الأساسية، بما في ذلك كيفية حماية مصادر المياه الجوفية والمياه السطحية ونوعية الهواء.
- العمليات التشغيلية لموقع منشأة حرق النفايات مثل:
- مناولة النفايات، بما في ذلك نقل النفايات وفرزها وتخزينها.

[68] (اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات، ٢٠٢١)

- تسلم النفايات ونقلها لأغراض النقل المستقبلي.
- أمن الموقع.

- الصيانة الدورية لأنظمة تجميع الرشيح والغاز، وتنظيف وإصلاح أنظمة التحكم في المياه السطحية.
- متطلبات المراقبة والإبلاغ الخاصة بمنشأة حرق النفايات ذات الصلة، بما في ذلك متطلبات الانسكابات والتخزين.
- صحة وسلامة الموظفين، وتشمل المواد الخطرة ومعدات الوقاية الشخصية ومتطلبات التنظيف.
- يشمل تدريب الموظفين تطوير وتنفيذ وتوثيق برامج التدريب لجميع الموظفين في منشأة حرق النفايات.

٨-٢-٢ التدريب في حالات الطوارئ

يجب أن يكون جميع الموظفين - قبل بدء العمل الذي ينطوي على التعامل مع المواد الكيميائية أو النفايات الخطرة - على دراية بالخصائص الخطرة للنفايات، وما يجب القيام به في حالة الطوارئ. ويتضمن هذا التدريب كحد أدنى ما يلي:

- كيفية الإبلاغ عن حريق أو إصابة أو انسكاب كيميائي أو أي حالة طوارئ أخرى.
- الإسعافات الأولية/ أداء الإنعاش القلبي الرئوي.
- موقع معدات الطوارئ، مثل: الاستحمام الآمن وغسول العينين.
- موقع طفايات الحريق ومعدات التحكم في الانسكاب.
- مواقع جميع المخارج المتاحة للإخلاء.
- أسماء وأرقام هواتف منسق الطوارئ المُعيَّن والمناوب.

يجب نشر المعلومات في نقطة الإنتاج ومناطق تخزين النفايات.

٩- اعتبارات الصحة والسلامة

يجب أن يعتمد تصميم منشأة حرق النفايات وتشغيلها، كل التدابير المناسبة لضمان سلامة الموظفين العاملين في المبنى، ومعهم مزودو الخدمات الخارجيون والناقلون ممن يزورون المنشأة.

ولضمان تمتع جميع الموظفين بصحة جيدة، لا بد من أن تقدّم مرافق العلاج، شهادة تثبت لياقة العمال وصحتهم على أساس سنوي[69]. كذلك يجب توفير مرافق الكهرباء والمياه والصرف الصحي والاتصالات في كل منشآت حرق النفايات، لتمكين التحكم في العمليات في الموقع (مثل: التحكم في الغبار وغسيل المركبات ومكافحة الحرائق).

ويجب أن تكون المرافق الإنشائية المؤقتة موجودة في الموقع كحد أدنى لتوفير الإقامة لموظفي الموقع. ويجب تصميم هذه المرافق الإنشائية لتوفير:

- مساحات مكتبية لمهام إدارة الموقع العامة وتخزين السجلات
- مرافق الصرف الصحي لموظفي الموقع والزوار.
- مكان لتخزين معدات الموقع وأغراض الصيانة.
- منطقة إسعافات أولية مجهزة بالكامل للحوادث الطفيفة.

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

٩-١ أجهزة وتدابير السلامة

يتناول هذا القسم السلامة بمعنى منع الحوادث التي قد تؤدي إلى انبعاثات ملوثة [70].

تشمل الأجزاء ذات الصلة بالسلامة في منشآت حرق النفايات، وبالتالي مصادر الخطر المحتملة، لا سيما المناطق التي توجد فيها مواد معينة أو يمكن أن تكون بكميات عالية، بما يكفي لتشكيل مصدر قلق للسلامة.

وتشمل هذه الأجزاء على وجه الخصوص، ما يلي:

- مستودع النفايات، ومناطق أخرى لتخزين النفايات الخطرة المحتملة.
- مرافق الاحتراق وتنقية غازات المداخن.
- مرافق تخزين المواد المساعدة الضرورية (مثل: الأمونيا والكربون النشط).

تشمل أنظمة الحماية المستخدمة للتحكم في المخاطر ما يلي:

- أنظمة للتحكم في تسريب الملوثات: مثل: أنظمة الاحتفاظ بمياه مكافحة الحرائق المستخدمة، وجدران خزانات المواد التي تُمثل خطراً على المياه.
- أنظمة وأجهزة الحماية من الحرائق: مثل: جدران الحماية، وأجهزة الكشف عن الحرائق، وأنظمة إطفاء الحرائق.
- أنظمة الحماية من الانفجارات: مثل: أنظمة تخفيف الضغط، والممرات الجانبية، وترتيبات تجنب مصادر الاشتعال، وأنظمة الغاز الخامل، وأنظمة التأريض.
- أنظمة الحماية من التخريب: مثل: أمن المباني، والتحكم بالوصول، وإجراءات المراقبة.

---

[69] (اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات، ٢٠٢١)

[70] (COMMISSION IMPLEMENTING DECISION EU 2019/2010.Best available techniques (BAT) conclusions for waste incineration, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council., 2019)

- الجدران الفاصلة للحريق: من أجل فصل المحولات وأجهزة الاحتجاز.
- الكشف عن الحرائق والحماية: إذ توجد لوحات توزيع الطاقة ذات الجهد المنخفض.
- اكتشاف الملوثات: مثل: الأمونيا والغاز، بالقرب من التخزين والتوزيع، وما إلى ذلك.
- أنظمة الحماية من الأخطار البيئية: مثل الفيضانات، والرياح القوية، والصواعق، والطقس شديد الحرارة والبرودة.
- أحكام لوضع لافتات مناسبة ومرئية.

مكونات المرفق الأخرى المطلوبة للسلامة التشغيلية:

- الآلات والمعدات المصممة لضمان مدخلات ومخرجات الطاقة، مثل: مولد الطاقة في حالات الطوارئ.
- مكونات التصريف أو الإزالة أو الاحتفاظ بالمواد الخطرة أو مخاليطها، مثل: صهاريج التخزين والإغاثة في حالات الطوارئ وأنظمة التفريغ.

أنظمة الإنذار والتحذير والسلامة التي تنطلق لتمنع تعطيل العمليات العادية أو تستعيدها. ويشمل ذلك كل أنظمة القياس والتحكم في المرفق، وعلى وجه الخصوص كافة الأجهزة وأنظمة التحكم لعناصر العملية المختلفة الضرورية التي تُؤمِّن العمليات العادية، وتجعل مكونات المرفق المتأثرة في حالة آمنة عند حدوث اضطراب. كما تنبه العاملين في حالة الاضطرابات في الوقت المناسب.

قد تؤدي استجابة جهاز الحماية لخلل أو حادث إلى زيادة مؤقتة في انبعاثات الملوثات، وينبغي أن يكون الهدف من كافة تدابير السلامة هو الحفاظ على هذه الفترة الزمنية إلى الحد الأدنى، واستعادة سلامة المرفق.

٩-٢ السياج والأمن

يعد السياج جزءاً مهماً من أمن الموقع والموظفين لأنه يمنع التعدي على الموقع، لذا يتوجّب تركيبه وصيانته بشكل صحيح. وينص
القسم ٥-١-٤ على خصائص التركيب والصيانة على حد سواء.

٩-٣ خطط إدارة الحوادث

يجب وضع خطة لإدارة الحوادث (تتم مراجعتها مرة واحدة على الأقل كل ثلاث سنوات، أو في حالة وقوع حادث)، التي تحدد التالي:

- احتمال وقوع الحوادث وعواقبها.
- إجراءات منع الحوادث والتخفيف من أي عواقب.

تتضمن خطة إدارة الحوادث المنظمة:

- تحديد المخاطر على البيئة التي تشكلها مرافق المعالجة: قد تشمل المجالات المحددة التي يجب مراعاتها أنواع النفايات، والردم الزائد للحاويات وعطل المعدات (مثل: الضغط الزائد للحاويات والأنابيب، والمصارف المسدودة)، وفشل الاحتواء (مثل: استخدام السد والردم الزائد لأحواض الصرف)، والفشل في احتواء مياه مكافحة الحرائق، وتثبيت الوصلات الخاطئة في المصارف أو الأنظمة الأخرى، ومنع المواد غير المتوافقة من التلامس، وتجنب التفاعلات غير المرغوب فيها وتفاعلات الانفلات، وانبعاث النفايات السائلة قبل الفحص الكافي لتركيبتها، وحالات التخريب حرق العمد، والظروف الجوية القاسية، مثل: الفيضانات والرياح الشديدة.

- تقييم كل مخاطر الحوادث وعواقبها المحتملة.

يمكن تناول عملية تقييم المخاطر المشار إليها أعلاه، بوصفها تتصدى لستة أسئلة أساسية:

- ما الاحتمال المقدر لحدوثها؟ (المصدر، الوتيرة).
- ما الذي يمكن أن ينبعث وما كميته؟ (تقييم مخاطر الحدث).
- إلى أين يذهب تحديداً؟ (التنبؤات بالانبعاثات، ما المسارات والمستقبلات؟).
- ما العواقب؟ (تقييم العواقب - الآثار على المستقبلات).
- ما الخطر العام؟ (تحديد إجمالي المخاطر وحدّتها بالنسبة للبيئة).
- ما التدابير الممكنة لمنع أو تقليل المخاطر؟ (إدارة المخاطر، تدابير منع الحوادث والحد من عواقبها البيئية).

قد تتشكل مخاطر الحريق على وجه الخصوص من خلال:

- الحرق العمد أو التخريب.
- الاحتراق الذاتي (على سبيل المثال بسبب الأكسدة الكيميائية).
- عطل المرفق أو المعدات والأعطال الكهربائية الأخرى.
- المصابيح المكشوفة ومواد التدخين المهملة
- الأعمال الساخنة (مثل: اللحام أو القطع)، ومناطق تحميل الأفران وطبقات الامتصاص الثابتة والمرشحات الكيسية، وأنظمة التحكم الكهربائية ومناطق تخزين النفايات/ المعالجة المسبقة والسخانات الصناعية والعوادم الساخنة.
- التفاعلات بين المواد غير المتوافقة.
- أنشطة الموقع المجاور.
- الشرر المصاحب لعمليات التحميل.
- الحمولات الساخنة المخزنة في الموقع.

يعتمد عمق ونوع التقييم على خصائص المرفق وموقعها. وقد أخذت في الاعتبار العوامل التالية:

- حجم وطبيعة مخاطر الحوادث التي يمثلها المرفق والأنشطة.
- المخاطر المحتملة على مناطق السكان والبيئة (المستقبلات).
- طبيعة المرفق وتعقيد الأنشطة والصعوبة النسبية.
- البت في مدى كفاية تقنيات التحكم في المخاطر وتبريرها.

- تحديد أدوار ومسؤوليات الموظفين المشاركين في إدارة الحوادث، وتحديد إجراءات التخفيف لكل خطر محتمل في سجل تقييم المخاطر؛ على سبيل المثال، الاحتواء أو التشتت لإطفاء الحرائق أو السماح لها بالحرق.
- إنشاء طرق اتصال مع الجهات ذات الصلة وخدمات الطوارئ، قبل وقوع الحادث وفي حال وقوعه، وتشمل إجراءات ما بعد الحادث تقييماً للضرر الذي قد يكون قد حدث وإجراءات الإصلاح التي يجب اتخاذها.
- وضع إجراءات الطوارئ، بما في ذلك إجراءات الإغلاق الآمن وإجراءات الإخلاء.
- تعيين أحد موظفي المرفق كمنسق طوارئ لتولي مسؤولية القيادة لتنفيذ الخطة. ومن المهم أن تقدم المنشأة التدريب لموظفيها لأداء مهامهم بفاعلية وأمان؛ حتى يعرف الموظفون كيفية الاستجابة لحالات الطوارئ (انفجار أو حريق)، والمخاطر الكيميائية (وضع العلامات، ومواد مسرطنة وسمية وتآكل وحريق).

١٠- المراقبة والتسجيل والإبلاغ

١٠-١ نظام الإدارة البيئية (EMS)

أفضل التقنيات المتاحة لتحسين الأداء البيئي العام، هي الالتزام بتنفيذ نظام الإدارة البيئية، الذي يشتمل على الميزات التالية:

- إلتزام الإدارة، بما في ذلك الإدارة العليا.
- تعريف الإدارة للسياسة البيئية التي تشمل التحسين المستمر للأداء البيئي للمنشأة.
- تخطيط ووضع ما يلزم من إجراءات وأهداف وغايات، بالتزامن مع التخطيط المالي والاستثمار.
- تنفيذ الإجراءات مع الاهتمام الخاص بـ:
  - الهيكل والمسؤولية.
  - التوظيف والتدريب والتوعية والكفاءة.
  - التواصل.
  - إدماج الموظف.
  - التوثيق.
  - التحكم الفعال في العمليات.
  - برامج الصيانة.
  - الاستعداد للطوارئ والاستجابة لها.
  - مراقبة الامتثال للتشريعات البيئية.
- فحص الأداء واتخاذ الإجراءات التصحيحية مع الاهتمام الخاص بـ:
  - الرصد والقياس.
  - الإجراءات التصحيحية والوقائية.
  - حفظ السجلات.
  - تدقيق داخلي أو خارجي مستقل (ما أمكن) لتحديد ما إذا كان نظام الإدارة البيئية يتوافق مع الترتيبات المخططة من عدمه، وما إذا تم تنفيذه وصيانته بشكل صحيح.
- مراجعة الإدارة العليا لنظام الإدارة البيئية واستمرار ملاءمته وكفايته وفعاليته.
- متابعة تطوير التقنيات الأنظف.
- وضع الآثار البيئية لإيقاف تشغيل الخطة في نهاية المطاف في الاعتبار (منذ بدء تصميمها وطوال فترة تشغيلها).
- تطبيق المقارنة المعيارية القطاعية على أساس منتظم.
- إدارة تدفقات النفايات.
- خطة إدارة المتبقيات.
- خطة إدارة الحوادث.
- خطة التخلص من الروائح.
- خطة الحد من مستويات الضوضاء والاهتزازات.

١٠-٢ مراقبة مدخلات النفايات وحفظ السجلات

تنص المادة (١٤٧) من اللائحة التنفيذية على أنه يجب على مقدم الخدمة الاحتفاظ بسجل مُحدَّث يوضح كافة عملياته، ويقوم بتزويد هذا السجل للمركز بصورة شهرية، على أن يشتمل على ما يلي كحدٍّ أدنى:

- وصف لخصائص وكميات كل نفاية يتم نقلها واستلامها وأي تغييرات تصيب ما تم تقريره في وثيقة النقل، ويشمل ذلك تاريخ الاستلام وتاريخ المعالجة.
- وصف مفصّل لجودة مخرجات عملية المعالجة.
- الكمية الإجمالية للنفايات بعد انتهاء عملية المعالجة وطريقة التخلص النهائي منها وموقع التخلص.
- وصف مفصّل للكفاءة العلمية.
- نسخ من كافة بيانات سلامة المواد الخطرة، حيث أمكن ذلك.
- قياسات عملية معالجة تركيز انبعاثات الهواء.
- نتائج تحليل تدفقات مياه الصرف الصحي الناتجة عن عملية المعالجة.
- أيُّ سجلات أخرى ذات علاقة يحددها المركز.

يجب تقديم كل أنواع وكميات النفايات المودعة في الموقع، ومخلفات النفايات التي يتم إزالتها منه، إلى السلطة المختصة، على النحو المتفق عليه وبصيغة متفق عليها، والاحتفاظ بها في مكتب الموقع. كما يجب وضع السجلات - لضمان الأمان - في حاويات مقفلة، أو الاحتفاظ بها في مكاتب مغلقة عند عدم استخدامها، وذلك وفقاً لمعيار الأيزو الخاص بالحفظ الآمن للسجلات والإجراءات.

١٠-٣ رصد وحفظ سجلات الانبعاثات الغازية

تهدف أفضل التقنيات المتاحة إلى التحكم في الانبعاثات السنوية إلى الهواء (المنتشرة والموجهة) ورصدها، وكذلك الانتاج السنوي لمياه الصرف الصحي، بمعدل مرة واحدة على الأقل سنويًّا. ويشمل التحكم في المراقبة القياسات أو الحساب أو التسجيل المباشر مثل: استخدام عدادات أو فواتير مناسبة. كما يتم تقسيم الرصد على المستوى الأنسب (مثلاً: على مستوى العملية أو المرفق/ المنشأة)، وتؤخذ في الاعتبار أي تغييرات مهمة في المرفق أو المنشأة.

وبالمثل، يُعد المركز ويُنفذ برنامجاً شاملاً لرصد ومراقبة نوعية الهواء والمسطحات المائية في جميع أنحاء المملكة. ويحظر تركيب وتشغيل شبكات المراقبة والتحكم دون الحصول على ترخيص من المركز. وبشكل أكثر تحديداً، يجب تقديم طلب لاستخدام أنظمة المراقبة المعتمدة، بما في ذلك نظام المراقبة المستمرة للانبعاثات (CEMS) ونظام مراقبة الانبعاثات التنبؤية (PEMS)[71]. ويجب بعد ذلك إعداد الإجراءات التشغيلية لأنظمة المراقبة المستمرة، وتقديمها إلى المركز في غضون (٩٠) يوماً من تركيب أنظمة المراقبة المعتمدة.

وينبغي . أخيراً . تقديم البيانات والتقارير المتعلقة بالمراقبة المستمرة للملوثات المحددة بشكل دوري إلى المركز (وفقاً للآلية والفترة التي يحددها المركز). ومع ذلك، يجب على الأشخاص الاحتفاظ ببيانات المراقبة والتحكم والقياسات والتحليل، لمدة لا تقل عن خمس سنوات، وتقديمها إلى المركز عند الطلب، ويجوز للمركز تمديد الفترة لبعض الأنشطة لمدة خمس سنوات أخرى[72] [73].

[71] (Executive Regulations for Air Quality, For the environmental law issued by the Royal Decree No.(M/165),Ministry of Environment, Water & Agriculture, Dated 19/11/1441 AH, Kingdom of Saudi Arabia)
[72] (Executive Regulation for Protecting Aquatic Media from Pollution, For the environmental law issued by the Royal Decree No.(M/165),Ministry of Environment, Water & Agriculture, Dated 19/11/1441 AH, Kingdom of Saudi Arabia)
[73] (Implementing Regulation of Environmental Permits for Establishing and Operating Business Activitie , of the Environmental Law issued by the Royal Decree No.(M/165),Ministry of Environment, Water & Agriculture, Dated 19/11/1441 AH, Kingdom of Saudi Arabia)

ينص القسمان ٦-٥-١ و٦-٥-٢ على العديد من الانبعاثات المحتملة لكل من الماء والهواء، إضافة إلى تقنية المعالجة بجانب أفضل التقنيات المتاحة ومعايير الانبعاثات التي تغطيها اللائحة التنفيذية للنظام البيئي (الصادر بالمرسوم م/ ١٦٥) للسيطرة عليها والحد منها.

يجب أن يتم مراقبة هذه المعايير بشكل أساسي، وفقاً للنظام واللوائح الواردة في الجداول أدناه لمنع حوادث تلوث الهواء أو الماء.

الجدول 10-1: العناصر والحد الأدنى لمراقبة الانبعاثات الموجهة إلى الهواء (المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي).

المادة/ معامل القياس	عملية معالجة النفايات	المعيار (المعايير)	الحد الأدنى لوتيرة الرصد
مستوى العتامة (٢)، البروميثيوم وثنائي أكسيد الكبريت ومُكمّل أكسيد النيتريك	أجهزة الاحتراق أكبر من ٧٣ ميجاوات من قدرة إدخال الحرارة.	معايير المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي.	مستمر
الكوبالت أو الهيدروكربون	المراجل والأفران الصناعية التي تعمل أكثر من ١٠٠٠ ساعة في السنة.	معايير المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي.	مستمر
صب أول أكسيد الكربون في منطقة الاحتراق ومعدل تغذية النفايات وثاني أكسيد الكبريت وكلوريد الهيدروجين والبروميثيوم والأكسجين	محارق النفايات الخطيرة	معايير المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي.	مستمر

الجدول 10-2: العناصر والحد الأدنى لمراقبة الانبعاثات الموجهة إلى الهواء (أفضل التقنيات المتاحة).

المادة/ معامل القياس	عملية معالجة النفايات	المعيار (المعايير)	الحد الأدنى لوتيرة الرصد
الغبار	معالجة رماد القاع	EN ١٣٢٨٤-١	مرة كل عام
	حرق النفايات	المعايير الأوروبية العامة و-EN ١٣٢٨٤ ٢	مستمر
أكاسيد النيتروجين	حرق النفايات	المعايير الأوروبية العامة	مستمر
الأمونيا	حرقالنفايات عند استخدام الاختزال الانتقائي غير الحفزي أو الاختزال الحفزي الانتقائي.	المعايير الأوروبية العامة	مستمر
أكسيد النيتروس	▪ حرقالنفايات في فرن الطبقة المميَّعة. ▪ حرق النفايات عند تشغيل الاختزال الانتقائي غير الحفزي مع اليوريا.	EN ٢١٢٥٨ ([74])	مرة كل عام
أول أكسيد الكربون	حرق النفايات	المعايير الأوروبية العامة	مستمر

[74] في حالة تطبيق المراقبة المستمرة لأكسيد النيتروس، يتم تطبيق المعايير الأوربية العامة للقياسات المستمرة.

المادة/ معامل القياس	عملية معالجة النفايات	المعيار (المعايير)	الحد الأدنى لوتيرة الرصد
ثنائي ثاني أكسيد الكبريت	حرق النفايات	المعايير الأوروبية العامة	مستمر
حمض الهيدروكلوريك	حرق النفايات	المعايير الأوروبية العامة	مستمر
فلوريد الهيدروجين	حرق النفايات	المعايير الأوروبية العامة	مستمر ([75])
المعادن وأشباه الفلزات باستثناء الزئبق (والزرنيخ، والكادميوم، والكوبالت والكروم، والنحاس، والمنجنيز والنيكل، والرصاص، والإثْمِد، والثاليوم، والفاناديوم)	حرق النفايات	EN ١٤٣٨٥	مرة كل ستة أشهر
فضة Hg	حرق النفايات	المعايير الأوروبية العامة و EN ١٤٨٨٤	مستمر ([76])
إجمالي الكربون العضوي المتطاير مُعبراً عنه بالرمز "C " (في الهواء) (TVOC)	حرق النفايات	المعايير الأوروبية العامة	مستمر
ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة البروم	حرق النفايات ([77])	لا يوجد معيار أوروبي	مرة كل ستة أشهر
ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور	حرق النفايات	EN ١٩٤٨-١, EN ١٩٤٨-٢, EN ١٩٤٨-٣	مرة كل ستة أشهر بالنسبة لجمع العينات على المدى القصير
		لا يوجد معيار أوربي لجمع العينات على المدى الطويل EN ١٩٤٨-٢, EN ١٩٤٨-٣	مرة كل شهر بالنسبة لجمع العينات على المدى الطويل[78]
	حرق النفايات	EN ١٩٤٨-١, EN ١٩٤٨-٢, EN ١٩٤٨-٤	مرة كل ستة أشهر بالنسبة لجمع

[75] يمكن استبدال القياس المستمر لفلوريد الهيدروجين بقياسات دورية بحد أدنى مرة كل ستة أشهر، إذا ثبت أن مستويات انبعاث كلوريد الهيدروجين مستقرة بدرجة كافية. لا توجد معايير أوروبية متاحة للقياسات الدورية لفلوريد الهيدروجين.

[76] بالنسبة للمحطات التي تقوم بترميد النفايات ذات المحتوى المنخفض والمستقر من الزئبق (مثل التدفقات الأحادية للنفايات ذات التركيبة الخاضعة للرقابة)، يمكن الاستعاضة عن المراقبة المستمرة للانبعاثات بجمع عينات طويلة الأجل (لا يتوفر نظام عياري لجمع عينات طويلة الأجل من الزئبق أو القياسات الدورية بحد أدنى مرة كل ستة أشهر). وفي الحالة الأخيرة، يكون المعيار ذو الصلة هو EN ١٣٢١١.

[77] لا ينطبق الرصد إلا على ترميد النفايات التي تحتوي على مثبطات اللهب المبرومة، أو على المحطات ذات الحقن المستمر للبروم.

[78] لا ينطبق الرصد إلا إذا ثبت أن مستويات الانبعاث مستقرة بدرجة كافية.

المادة/ معامل القياس	عملية معالجة النفايات	المعيار (المعايير)	الحد الأدنى لوتيرة الرصد
مركب ثنائي الفينيل متعدد الكلور يشبه الديوكسين			العينات على المدى القصير[79]
		لا يوجد معيار أوروبي لجمع العينات على المدى الطويل EN ١٩٤٨-٢, EN ١٩٤٨-٤	مرة كل شهر بالنسبة لجمع العينات على المدى الطويل
بنزو(أ) بيرين	حرق النفايات	لا يوجد معيار أوروبي	مرة كل عام

الجدول 10-3: العناصر والحد الأدنى لمرات الرصد للتصريف إلى الماء من تكييف غاز الوقود و/ أو معالجة رماد القاع.

المادة/ معامل القياس	عملية معالجة النفايات	المعيار (المعايير)	الحد الأدنى لوتيرة الرصد
الكربون العضوي الكلي	FGC	EN ١٤٨٤	مرة كل شهر
	معالجة رماد القاع		مرة كل شهر[80]
الجوامد المعلقة الكلية (TSS)	FGC	EN ٨٧٢	مرة كل يوم[81]
	معالجة رماد القاع		مرة كل شهر
زرنيخ As	FGC	مختلف المعايير الأوروبية المتاحة (مثل: EN ISO ١١٨٨٥ أو EN ISO ١٥٥٨٦ أو EN ISO ١٧٢٩٤-٢)	مرة كل شهر
كادميوم Cd			
الكروم			
نحاس Cu			
الموليبدينوم Mo			
نيكل Ni			
رصاص Pb	FGC		مرة كل شهر
	معالجة رماد القاع		مرة كل شهر
الإثمد Sb	FGC		مرة كل شهر
الثاليوم			
زنك Zn			
فضة Hg		مختلف المعايير الأوروبية المتاحة (مثل: EN ISO ١٢٨٤٦ أو EN ISO ١٧٨٥٢)	مرة كل شهر
نيتروجين الأمونيوم (كبريتات الأمونيوم)	معالجة رماد القاع	مختلف المعايير الأوروبية المتاحة (مثل: EN ISO ١١٧٣٢ أو EN ISO ١٤٩١١)	مرة كل شهر
الكلورايد (في شكل أيونات الكلورايد)		مختلف المعايير الأوروبية المتاحة	

[79] لا ينطبق الرصد عند إثبات أن انبعاثات ثنائي الفينيل متعدد الكلور الشبيهة بالديوكسين أقل من ٠,٠١ مكافئ سمّي، وفقا لمخططات منظمة الصحة العالمية للنانو جرام/ متر مكعب عادي.

[80] يجوز إجراء المراقبة مرة واحدة على الأقل كل ستة أشهر، إذا ثبت أن الانبعاثات مستقرة بدرجة كافية.

[81] يمكن استبدال قياسات جمع العينات المركبة المتناسبة مع التدفق على مدار ٢٤ ساعة، بقياسات العينة الموضعية اليومية.

المادة/ معامل القياس	عملية معالجة النفايات	المعيار (المعايير)	الحد الأدنى لوتيرة الرصد
		(مثل: EN ISO ١٠٣٠٤-١ أو EN ISO ١٥٦٨٢)	
الكبريتات (SO_4^{2})		EN ISO ١٠٣٠٤-١	
ديوكسينات/ فيورونات ثنائية البنزين متعددة الكلور	FGC	لا يوجد معيار أوروبي	مرة كل شهر
	معالجة رماد القاع		مرة كل ستة أشهر

تتمثل أفضل التقنيات المتاحة في مراقبة الانبعاثات وفقاً للتكرار المنصوص عليه في الجدولين ٩-١ و٩-٢، والاحتفاظ بالسجلات المقابلة لكل معلمة يتم رصدها؛ وذلك لمتابعة التقدم المحرز بسهولة مع مرور الوقت.

يجب الاحتفاظ بجميع سجلات المراقبة الناتجة عن إجراءات المراقبة وتأمينها (راجع القسم ١٠-٢)، وإتاحتها عند إجراء تفتيش من المركز.

١٠-٤ رفع التقارير

يجب على الشخص المعين استخدام البيانات المسجلة أعلاه لمراقبة إنتاج و/ أو إدارة النفايات داخل منشأة النفايات بشكل مستمر. يجهز الشخص المعين تقارير بشأن كافة الجوانب المتعلقة بالنفايات الخطرة وغير الخطرة، مثل: الإنتاج والتخزين والنقل والمعالجة، وتقديم نسخة منها إلى الجهات المختصة داخل المركز بشكل دوري، على النحو الذي تحدده هذه الجهات.

إضافة إلى ذلك، ينبغي للمركز أن يحلل البيانات الواردة من كل مرفق، لمقارنة كميات مختلف فئات النفايات المبلغ عنها، وبيان الأسباب أو التفسيرات لأي اختلافات كبيرة.