نظرة عامّة على التقنيّات المستخدمة لمعالجة النفايات المُعدِية والحادّة الناتجة عن مرافق الرعاية الصحيّة

منظمة
الصحة العالمية

نظرة عامّة على التقنيّات المستخدمة لمعالجة النفايات المُعدِية والحادّة الناتجة عن مرافق الرعاية الصحيّة

منظمة
الصحة العالمية

نظرة عامّة على التقنيّات المستخدمة لمعالجة النفايات المُعدِية والحادّة الناتجة عن مرافق الرعاية الصحيّة
[Overview of technologies for the treatment of infectious and sharp waste from health care facilities]

ISBN 978-92-4-004361-9 (نسخة إلكترونية)
ISBN 978-92-4-004362-6 (نسخة مطبوعة)

© منظمة الصحة العالمية 2022

بعض الحقوق محفوظة. هذا المصنف متاح بمقتضى ترخيص المشاع الإبداعي «نسب المصنف – غير تجاري – المشاركة بالمثل 3.0 لفائدة المنظمات الحكومية الدولية» (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.ar).

وبمقتضى هذا الترخيص يجوز لكم نسخ المصنف وإعادة توزيعه وتحويره للأغراض غير التجارية، شريطة أن يتم اقتباس المصنف على النحو الملائم، كما هو مبيّن أدناه. ولا ينبغي في أي استخدام لهذا المصنف الإيحاء بأن المنظمة (WHO) تعتمد أي منظمة أو منتجات أو خدمات محددة. ولا يُسمح باستخدام شعار المنظمة (WHO). وإذا قمتم بتحوير هذا المصنف، فيجب عندئذٍ الحصول على ترخيص لمصنفكم بمقتضى نفس ترخيص المشاع الإبداعي (Creative Commons licence) أو ما يعادله. وإذا قمتم بترجمة المصنف، فينبغي إدراج بيان إخلاء المسؤولية التالي مع الاقتباس المقترح: «هذه الترجمة ليست من إعداد منظمة الصحة العالمية (المنظمة (WHO)). والمنظمة غير مسؤولة عن محتوى هذه الترجمة أو دقتها. والإصدار الأصلي بالإنكليزية هو الإصدار الملزم وذو الحجية».

ويجب أن تتم أية وساطة فيما يتعلق بالمنازعات التي تنشأ في إطار هذا الترخيص وفقاً لقواعد الوساطة للمنظمة العالمية للملكية الفكرية (http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules/).

الاقتباس المقترح. نظرة عامّة على التقنيّات المستخدمة لمعالجة النفايات المُعدِية والحادّة الناتجة عن مرافق الرعاية الصحيّة
[Overview of technologies for the treatment of infectious and sharp waste from health care facilities]
جنيف: منظمة الصحة العالمية: 2022. الترخيص: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

بيانات الفهرسة أثناء النشر. بيانات الفهرسة أثناء النشر متاحة على الرابط http://apps.who.int/iris/.

المبيعات والحقوق والترخيص. لشراء مطبوعات المنظمة (WHO) انظر الرابط http://apps.who.int/bookorders. ولتقديم طلبات الاستخدام التجاري والاستفسارات بشأن الحقوق والترخيص، انظر الرابط https://www.who.int/ar/copyright.

مواد الطرف الثالث. إذا رغبتم في إعادة استخدام مواد واردة في هذا المصنف ومنسوبة إلى طرف ثالث، مثل الجداول أو الأشكال أو الصور، فعليكم مسؤولية تحديد ما إذا كان يلزم الحصول على إذن لإعادة الاستخدام، والحصول على إذن من صاحب حقوق المؤلف. ويتحمل المستخدم وحده مخاطر أي مطالبات تنشأ نتيجة انتهاك أي عنصر في المصنف تعود ملكيته لطرف ثالث.

بيانات عامة لإخلاء المسؤولية. لا تنطوي التسميات المستخدمة في هذا المطبوع وطريقة عرض المواد الواردة فيه، على أي رأي كان من جانب المنظمة (WHO) بشأن الوضع القانوني لأي بلد أو أرض أو مدينة أو منطقة أو لسلطات أي منها أو بشأن تحديد حدودها أو تخومها. وتشكل الخطوط المنقوطة والخطوط المتقطعة على الخرائط خطوطاً حدودية تقريبية قد لا يوجد بعد اتفاق كامل بشأنها.

كما أن ذكر شركات محددة أو منتجات جهات صانعة معينة لا يعني أن هذه الشركات والمنتجات معتمدة أو موصى بها من جانب المنظمة (WHO)، تفضيلاً لها على سواها مما يماثلها في الطابع ولم يرد ذكره. وفيما عدا الخطأ والسهو، تُميّز أسماء المنتجات المسجلة الملكية بالأحرف الاستهلالية (في النص الإنكليزي).

وقد اتخذت المنظمة (WHO) كل الاحتياطات المعقولة للتحقق من المعلومات الواردة في هذا المطبوع. ومع ذلك، فإن المواد المنشورة تُوزع دون تقديم أي نوع من أنواع الضمانات، صريحةً كانت أم ضمنية. ويتحمّل القارئ وحده المسؤولية عن تفسير هذه المواد واستعمالها. ولا تتحمل المنظمة (WHO) بأي حال من الأحوال المسؤولية عن الأضرار التي قد تترتب على استعمالها.

جدول المحتويات

المختصرات iv

شكر وتقدير v

1 مقدمة 1

اتفاقية استكهولم 3

قرار جمعية الصحة العالمية بشأن المياه والإصحاح والنظافة العامة في مرافق الرعاية الصحية 4

2 الاعتبارات ذات الأولوية 6

3 اختيار تكنولوجيات المعالجة 8

4 المواصفات والمتطلبات التكنولوجية 14

4-1 العمليات القائمة على حرارة منخفضة 16

4-2 العمليات القائمة على المواد الكيميائية (الآلية) 26

4-3 الحرق 28

5 التكنولوجيات المستخدمة في البيئات الضعيفة الموارد 30

5-1 المُوصَدات التي تعمل بالجاذبية لإحداث نبض تحت الضغط الآلي 30

5-2 خيارات الحرق 32

الملحق 1 38

الخيارات التكنولوجية 38

المراجع ومصادر معلومات إضافية 41

الأشكال

الشكل 1 سلّم تكنولوجيات المعالجة HCWM 15

الشكل 2 مُوصَدة فراغيّة 17

الشكل 3 عملية تفريغ مُسبَق 17

الشكل 4 عملية تفريغ مُجَزأ 17

الشكل 5 مُوصَدات مزودة بآلة تمزيق داخلية 20

الشكل 6 المعالجة بموجات دقيقة على دُفعات 22

الشكل 7 عملية معالجة بالموجات الدقيقة المستمرّة 24

الشكل 8 عملية معالجة حراريّة احتكاكيّة 25

الشكل 9 المعالجة الحراريّة الاحتكاكيّة 27

الشكل 10 نظام المعالجة بهيبوكلوريت الصوديوم 29

الشكل 11 عملية حرق تشمل معالجة غازات الاحتراق 31

الشكل 12 مُوصَدة تعمل بالجاذبية لإحداث نبض تحت الضغط 33

الشكل 13 محرقة ذات غرفة مزدوجة 35

المختصرات

BOR	معدل إشغال الأَسِرّة
HEPA	هواء جُسَيمي عالي الكفاءة
ISWA	الرابطة الدولية للنفايات الصلبة
O3	الأوزون
SDG	هدف من أهداف التنمية المستدامة
TEQ	مكافئ سام
UN	الأمم المتحدة
UNEP	برنامج الأمم المتحدة للبيئة
UNICEF	منظمة الأمم المتحدة للطفولة (اليونيسيف)
WASH	المياه والصرف الصحي والنظافة الصحية
WHO	منظمة الصحة العالمية

شكر وتقدير

المؤلف الرئيسي لهذه الوثيقة هو الدكتور أوتي بيبر. وقامت السيدة أرابيللا هايتر والدكتورة ماغي مونتغمري (وحدة المياه والإصحاح والنظافة العامة والصحة، المقر الرئيسي لمنظمة الصحة العالمية) بتنسيق إعداد هذه الوثيقة وكتابتها. وقدّم التوجيه الاستراتيجي السيد بروس غوردون (منسق وحدة المياه والإصحاح والنظافة العامة والصحة، المقر الرئيسي لمنظمة الصحة العالمية).

وقد قام عدد من المهنيين من منظمة الصحة العالمية واليونيسف والفريق العامل المعني بنفايات الرعاية الصحية التابع للرابطة الدولية للنفايات الصلبة باستعراض هذه الوثيقة والمساهمة فيها. وقامت السيدة جنيفر ماك دونالد بتنسيق مدخلات الفريق العامل التابع للرابطة.

ومن بين الخبراء المساهمين:

السيد مارينو ألونسو، Matachana Group، برشلونة، إسبانيا

الدكتور أرشد الطاف، منظمة الصحة العالمية، جنيف، سويسرا

الدكتورة إليسا بينيديتيني، NEWSTER Group، مدينة سان مارينو، سان مارينو

السيد فابريس فوتسو، اليونيسيف، داكار، السنغال

السيدة بياتريس جيورداني، NEWSTER Group، مدينة سان مارينو، سان مارينو

الدكتور تيري غريموند، Grimmond and Associates، هاميلتون، نيوزيلندا

السيد فيكتور هريستوف، مستشار مستقل، سكوبي، مقدونيا

السيد رولاند كاتشنيغ، METEKA GmbH، يودنبورغ، النمسا

السيد لوتز كيمبي، Technologie Transfer Marburg e. V. - TTM، كولبي، ألمانيا

السيد إدوارد كريسيوناس، WNWN International، بيرلنغتون، الولايات المتحدة الأمريكية

السيد جان–غيرد كولينغ، ETLog Health Consulting GmbH، كريمين، ألمانيا

السيد لارس–إريك ليندهولم، BBD -OZONATOR AB، لينيغاتان، ستوكهولم

السيد ميكيل لوزانو، Tesalys، سان–جان، فرنسا

السيدة كلير بابادي، Antipollution SA، بيرايوس، اليونان

السيد راج راثامانو، Manitoba Sustainable Development، وينيبيغ، كندا

السيد عمر فرنانديز سانفرانشيسكو، ATHISA GROUP، بيليغروس، إسبانيا

السيد جيف سكوالي، Ecodas، منطقة ليل، فرنسا

السيدة روث سترينغر، Health Care Without Harm، إكستر، المملكة المتحدة

السيدة ماري فان سول، AMB ecosteryl، مونس، بلجيكا

الدكتورة آن وولريدج، Independent Safety Services Ltd، شيفيلد، المملكة المتحدة

1- مقدمة

تتسم الإدارة المأمونة لنفايات الرعاية الصحية، بما في ذلك فصل النفايات وجمعها ونقلها ومعالجتها والتخلص منها، بأهمية أساسية لتوسيع نطاق الجهود المبذولة من أجل توفير هياكل وخدمات مأمونة وجيدة في مجال الرعاية الصحية. كما تدعم ممارسات إدارة نفايات الرعاية الصحية المأمونة عدداً من أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة، بما في ذلك الهدف 3 بشأن الصحة، والهدف 6 بشأن الإدارة المأمونة للمياه النظيفة والنظافة الصحية، والهدف 7 بشأن تغير المناخ، والهدف 12 بشأن الاستهلاك والإنتاج المستدامَين. ووفقاً للبيانات العالمية الجديدة الصادرة عن منظمة الصحة العالمية واليونيسف في عام 2019، فإن الإدارة المأمونة لنفايات الرعاية الصحية في نسبة كبيرة من المرافق منعدمة أو محدودة للغاية. وتشير البيانات، التي تمثل أكثر من 560,000 مرفق من 125 بلداً، إلى أن 40% من مرافق الرعاية الصحية لا تفصل النفايات. والحالة أسوأ بكثير في أقل البلدان نمواً، حيث لا تتجاوز نسبة البلدان التي لديها خدمات أساسية 27 في المائة (فصل النفايات وتدميرها بصورة مأمونة).[1]

وفي موازاة ذلك، نشرت منظمة الصحة العالمية واليونيسيف إرشادات عالمية بشأن الخطوات العملية التي يتعين اتخاذها لحل الأزمة. وتشمل هذه الخطوات وضع خرائط طريق وطنية، وتحديد غايات ورصدها بانتظام، وتحسين البنية التحتية وصيانتها، وتطوير القوى العاملة الصحية وإشراك المجتمعات المحلية.[2] وتُستخدَم دراسات حالات لتوضيح هذه الخطوات، بما في ذلك أمثلة لمخططات إعادة تدوير النفايات واستخدام تكنولوجيا غير قائمة على الحرق.

والهدف من هذه الوثيقة ذو شقّين. الأول هو توفير معايير لاختيار تكنولوجيات تسهّل اتخاذ قرارات لتحسين إدارة نفايات الرعاية الصحية في مرافق الرعاية الصحية. والثاني هو تقديم لمحة عامة عن التكنولوجيات الخاصة بنفايات الرعاية الصحية لأغراض معالجة *النفايات الصلبة المُعدية والحادّة* للقائمين على إدارة وتخطيط مرافق الرعاية الصحية، والعاملين في مجال المياه والصرف الصحي والنظافة الصحية ومكافحة العدوى، والمخططين

[1] منظمة الصحة العالمية/ اليونيسيف، 2019. المياه والإصحاح والنظافة العامة في مرافق الرعاية الصحية: التقرير الأساسي العالمي لعام 2019.
https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/wash-in-health-care-facilities-global-report/en/، وللاطِّلاع على البيانات العالمية والإقليمية والقُطرية، يُرجى تفقد الرابط www.washdata.org.

[2] منظمة الصحة العالمية/ اليونيسيف، 2019. المياه والإصحاح والنظافة العامة في مرافق الرعاية الصحية: خطوات عملية لتحقيق الجودة والرعاية الشاملة.
https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/wash-in-health-care-facilities/en/

الوطنيين، والمانحين والشركاء. وترد تفاصيل عن تشغيل كل تكنولوجيا، وآثارها على البيئة والصحة، ومتطلبات تجهيزها، وقدرتها على معالجة النفايات، وأمثلة للمواد الاستهلاكية والمزايا والعيوب.

النفايات المُعدِية: النفايات التي تحتوي على عوامل مُسَبِّبة للمرض وتُشَكِّل خطراً يهدّد بانتقال المرض، مثل النفايات الملوثة بالدم وسوائل الجسم الأخرى؛ والمستَنبَتات المختبرية والمخزونات الميكروبيولوجية؛ والنفايات بما في ذلك المُفرَغات وغيرها من المواد اللصيقة بالمرضى المصابين بأمراض شديدة العدوى في عنابر العزل.

النفايات الحادة: العناصر التي يمكن أن تُسَبِّب شقوقاً أو جروحاً وخزية مثل إبر الحقن تحت الجلد أو الحقن الوريدي أو غيرها من الإبر؛ والمَحاقن المعطّلة ذاتياً؛ والمحاقن المُرفَق بها إبَر؛ وأدوات الإنفاذ؛ والمشارط؛ والماصّات؛ والسكاكين؛ والشفرات؛ والزجاج المكسور.

المصدر: منظمة الصحة العالمية 2014

وتركز هذه الوثيقة بشكل خاص على البيئات المحدودة الموارد في البلدان ذات الدخل المنخفض والمتوسط، وكذلك على التكنولوجيات المُراعية للبيئة التي تعزز استراتيجيات التخفيف من آثار تغير المناخ، وتساعد على الوفاء بالالتزامات العالمية المنصوص عليها في الاتفاقيات البيئية، والتي تحقّق وفورات في التكاليف بمرور الوقت في كثير من الأحيان.

التسلسل الهرمي لإدارة النفايات

- النهج المفضّل هو تَجَنُّب توليد النفايات وبالتالي تقليل الكمية التي تدخل إلى مجرى النفايات.
- حيثما يكون ذلك عملياً ومأموناً، تصبح عناصر النفايات التي يمكن *استردادها* للاستخدام الثانوي هي الطريقة التالية الأكثر تفضيلاً.
- فيما يتعلق بالنفايات التي لا يمكن استردادها، يجب التعامل معها بأقل الخيارات ضرراً مثل *المعالجة أو التخلص البري* للحدّ من آثارها الصحية والبيئية.

المصدر: منظمة الصحة العالمية 2014

وتستند هذه الوثيقة إلى المبادئ التوجيهية لمنظمة الصحة العالمية «الإدارة المأمونة للنفايات الناتجة عن أنشطة الرعاية الصحية» (منظمة الصحة العالمية 2014) وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة «خلاصة وافية لتكنولوجيات معالجة/تدمير نفايات الرعاية الصحية» (برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2012a). كما تقدم الخلاصة الوافية لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة وصفاً تفصيلياً للعمليات ومعلومات عن أنواع النفايات المعالجة، ونطاقات القدرات، وتدمير العوامل المُسبِّبة للمرض، والانبعاثات، والتفاصيل التشغيلية، ومتطلبات التجهيز، واحتياجات صيانة تكنولوجيات المعالجة العامة. كما تأخذ هذه الوثيقة في الاعتبار وثائق أخرى صادرة عن الأمم المتحدة، بما في ذلك السياسة العامة والمبادئ الأساسية لمنظمة الصحة العالمية

بشأن إدارة نفايات الرعاية الصحية (منظمة الصحة العالمية 2004، 2007)، وتوصيات اتفاقية استكهولم بشأن حرق النفايات (برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2007)، والقرار الصادر عن جمعية الصحة العالمية بشأن المياه والإصحاح والنظافة العامة في مرافق الرعاية الصحية (جمعية الصحة العالمية، 2019)، والمدخلات المقدّمة من مُصنِّعي تكنولوجيات المعالجة.

اتفاقية استكهولم

توصي اتفاقية استكهولم بأن يولى الاعتبار على سبيل الأولوية للعمليات أو التقنيات أو الممارسات البديلة التي تكون متماثلة من حيث الجدوى، ولكنها تتفادى تكوين وإطلاق الديوكسينات والفيورانات (برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2007). وينبغي دائماً تنفيذ تكنولوجيات معالجة النفايات دون حرق حيثما أمكن ذلك. وتدعو منظمة الصحة العالمية جميع أصحاب المصلحة إلى دعم اتفاقية استكهولم والعمل على التحسين التدريجي للممارسات المأمونة في مجال إدارة نفايات الرعاية الصحية من أجل حماية الصحة والحد من الأضرار التي تلحق بالبيئة (منظمة الصحة العالمية 2007). ولهذا الغرض توصي منظمة الصحة العالمية بما يلي:

الحكومات:

- تخصيص ميزانية لتغطية تكاليف إنشاء وصيانة نظم سليمة لإدارة نفايات الرعاية الصحية
- مطالبة الجهات المانحة والشريكة ومصادر التمويل الخارجي الأخرى بإدراج مساهمة كافية من أجل إدارة النفايات المرتبطة بتدخلاتها
- تنفيذ نظم لإدارة نفايات الرعاية الصحية بشكل سليم ورصدها، ودعم بناء القدرات، وضمان صحة العاملين والمجتمع المحلي

الجهات المانحة والشريكة:

- تضمين مخصصات في مساعداتها الموجهة للبرامج الصحية تغطي تكاليف نظم الإدارة السليمة لنفايات الرعاية الصحية

جميع المؤسسات والمنظمات المعنية:

- تعزيز الإدارة السليمة لنفايات الرعاية الصحية
- استحداث حلول مبتكرة لتقليل حجم وسمية النفايات التي تنتجها والمرتبطة بمنتجاتها
- ضمان أن تأخذ الاستراتيجيات والبرامج الصحية العالمية إدارة نفايات الرعاية الصحية في الاعتبار

قرار جمعية الصحة العالمية بشأن المياه والإصحاح والنظافة العامة في مرافق الرعاية الصحية

خلال جمعية الصحة العالمية لعام 2019، وافقت الدول الأعضاء بالإجماع على قرار بالعمل على ضمان توافر المياه وخدمات الإصحاح والنظافة العامة للجميع، بما في ذلك الإدارة المأمونة لنفايات الرعاية الصحية في مرافق الرعاية الصحية[3]. ويدعو القرار الدول الأعضاء، ووزارات الصحة بالتحديد، إلى إجراء تقييمات وتحليلات وطنية، ووضع خرائط طريق وغايات وتنفيذ معايير. وقد التزمت جميع الدول الأعضاء البالغ عددها 194 دولة بتقديم تقارير عن التقدم المحرز كل سنتين، وسيتم توفير المصادقة الخارجية عبر تقارير منتظمة بشأن الخدمات المقدمة من خلال برنامج الرصد المشترك بين منظمة الصحة العالمية واليونيسيف، وبشأن السياسات والتمويل من خلال التقييم والتحليل العالميين لخدمات الإصحاح ومياه الشرب GLAAS بقيادة المنظمة.

ودعماً للقرار، وكجزء من الجهود العالمية لتنسيق وتحفيز الجهود الرامية إلى تحسين خدمات المياه والإصحاح والنظافة العامة في مرافق الرعاية الصحية والإدارة المأمونة لنفايات الرعاية الصحية، تلتزم منظمة الصحة العالمية واليونيسيف و35 شريكاً بالعمل. وتَنصَبّ الجهود تحديداً على تحقيق الغايات التالية:

- *الخدمات الأساسية:* بحلول عام 2022، سوف يكون لدى 60% من جميع مرافق الرعاية الصحية على مستوى العالم وفي كل منطقة من مناطق أهداف التنمية المستدامة خدمات أساسية على الأقل في مجال المياه والإصحاح والنظافة الصحية[4]، وسيكون لدى 80% خدمات أساسية في هذا المجال بحلول عام 2025، و100% بحلول عام 2030.

- *مستويات أعلى من الخدمات:* بحلول عام 2022، تُحدَّد مستويات أعلى من الخدمات ويتم رصدها في البلدان التي أُنجِزَت فيها بالفعل الخدمات الأساسية الشاملة في مجال المياه والإصحاح والنظافة العامة. وبحلول عام 2030، يتم تحقيق مستويات أعلى من تلك الخدمات على الصعيد العالمي في 80 بالمائة من تلك البلدان.

وسيتم تَتَبُّع تحقيق البلدان لهذه الغايات من خلال التحديثات الدورية المتاحة في بوابة المعرفة بشأن خدمات المياه والإصحاح والنظافة العامة في مرافق الرعاية الصحية[5].

---

[3] جمعية الصحة العالمية، 2019. قرار بشأن المياه والإصحاح والنظافة العامة في مرافق الرعاية الصحية. https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA72/A72_R7-ar.pdf

[4] تشمل خدمات المياه والإصحاح والنظافة الصحية المياه، والإصحاح، ونظافة اليدين، وإدارة نفايات الرعاية الصحية والتنظيف البيئي. وللاطلاع على تعريف كامل، انظر منظمة الصحة العالمية واليونيسيف 2018، أسئلة ومؤشرات أساسية لرصد خدمات المياه والإصحاح والنظافة العامة في مرافق الرعاية الصحية في إطار أهداف التنمية المستدامة.

[5] يمكن الوصول إلى بوابة المعرفة على الرابط www.washinhcf.org. ويُشَجَّع المستخدمون على تقديم أدواتهم وأمثلتهم والتزاماتهم مباشرةً.

وبالإضافة إلى ذلك، يجري تناول الجهود الرامية إلى تحسين إدارة النفايات والحدّ من الأثر البيئي لهذه الممارسات من خلال المبادرات المراعية للمناخ وللبيئة بمرافق الرعاية الصحية، وجهود تقليل نفايات اللقاحات، وحملات سلامة المرضى.

© Tesalys, France

2- الاعتبارات ذات الأولوية

من أجل تعزيز الاستدامة، ينبغي أن تؤخذ جميع الاهتمامات والشواغل الاقتصادية والبيئية والاجتماعية في الاعتبار عند انتقاء الخيارات التكنولوجية. ولاختيار أنسب التكنولوجيات، يتعين النظر في وضع معايير واستقاء آراء الخبراء وإجراء تقييم بمشاركة أصحاب المصلحة المعنيين (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي 2012b). ويمكن استخدام الخطوات التالية لتحديد أولويات تقنية معالجة معيّنة:

1- جمع البيانات الأساسية
- المتطلبات القانونية (على الصعيدين الوطني والدولي)
- كمية/حجم النفايات المتولّدة
- توافر الموارد مثل المياه والكهرباء والوقود
- المساحة المتاحة وتأمين وضع تكنولوجيا المعالجة
- توافر إمكانية جمع النفايات المعالجة والتخلص المأمون منها
- ميزانية تكاليف رأس المال والتشغيل والصيانة
- البتّ في النهج اللوجستي (لامركزية أو مركزية معالجة النفايات)

2- حساب قدرة المعالجة المطلوبة

3- تحرّي وفحص الخيارات التكنولوجية المؤهّلة

4- البتّ في الخيارات التكنولوجية المفضّلة (إعطاء الأولوية للبدائل غير القائمة على الحرق)
- في حالة طرح عطاءات عامة: تقديم وثيقة العطاءات وتحديد معايير التقييم (بما في ذلك الخبرات في البلد/المنطقة، والشهادات التقنية، والخدمات المحلية أو الإقليمية، وقطع الغيار، والتدريب التقني، وعقد الصيانة، والرسومات التقنية، ومتطلبات الخزن، والوثائق باللغة المحلية، والتكاليف (بما في ذلك المعدات، والنقل إلى الموقع، والتركيب والإدخال في الخدمة، وتكاليف التشغيل، ووقت التسليم والخبرة المُثبتة لتجهيز وصيانة التكنولوجيا في سياق مماثل.)

5- تقييم العطاءات – اتخاذ قرار.

ويقارن الجدول 1 أنواع التكنولوجيات المتاحة في السوق والمتوافقة مع اتفاقيتي استكهولم وبازل، فيما يقارن الجدول 2 تكنولوجيات المعالجة المؤقتة التي لا تلبي الإتفاقيتين. يصنف الجدولان 1 و2 التكنولوجيات وفقاً للتأثير البيئي والتكاليف الرأسمالية وتكاليف

التشغيل (● = منخفض، ●● = متوسط، ●●● = مرتفع، ●●●● = مرتفع جداً). ويهدف التصنيف إلى تقديم لمحة عامة، ويستند إلى خبرة الاختصاصيين على أساس الجودة والتجهيز والتكاليف المحلية وما إلى ذلك.

الجدول 1 مقارنة بين تكنولوجيات معالجة النفايات المُعدية والحادّة المتوافقة مع اتفاقية استكهولم

نوع التكنولوجيا	نطاق القدرات/ السعة (كغ/ساعة)	الأثر البيئي	التكاليف الرأسمالية	تكاليف التشغيل
مُوصَدة/ أوتكلاف فراغية	3000–5	●	●	●
مُوصَدة مجهّزة بخاصية التمزيق المُدمَج	3000–5	●	●●	●●
موجات دقيقة على دُفعات	210–1	●	●	●●
موجات دقيقة مستمرّة	600–100	●	●●	●●
معالجة حراريّة احتكاكيّة	500–10	●	●●	●●
معالجة بهيبوكلوريت الصوديوم	3000–600	●●	●●●	●●
معالجة بالأوزون	1000–45	●	●●●	●
الحرق بما في ذلك معالجة غازات الاحتراق	+3000–50	●●	●●●●	●●●●

الجدول 2 مقارنة بين تكنولوجيات معالجة النفايات في البيئات المنخفضة الموارد

نوع التكنولوجيا	نطاق القدرات/ السعة (كغ/ساعة)	الأثر البيئي	التكاليف الرأسمالية	تكاليف التشغيل
مُوصَدات تعمل بإحداث نبض تحت الضغط الآلي	50–5	●	●	●
محارق ذات غرف مزدوجة	500–5	●●	●●	●●
محارق ذات غرف منفردة	500–5	●●●	●	●
الحرق المفتوح	لا ينطبق	●●●●	لا ينطبق	لا ينطبق

N/A: لا ينطبق.

3- اختيار تكنولوجيات المعالجة

يسلط هذا القسم الضوء على معايير اختيار تكنولوجيات النفايات، بما في ذلك النظر في تسويات للمساعدة على توجيه القائمين بإدارة المرافق الصحية ومديري الصحة في المقاطعات وصانعي السياسات الوطنية. ويوفر الدليل التوجيهي بشأن «تطبيق منهجية تقييم استدامة التكنولوجيات» أداة مفصلة وشاملة بشأن كيفية اختيار الحلول المناسبة (برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2012b).

ويتحدّد اختيار نظام المعالجة تبعاً للسياق وينطوي على النظر في:

- اللوائح والمتطلبات الوطنية والدولية ذات الصلة.
- عوامل السلامة البيئية والمهنية
- خصائص النفايات وكميتها
- القدرات والمتطلبات التكنولوجية
- اعتبارات التكلفة
- متطلبات التشغيل والصيانة

وينبغي أن تتوافق تكنولوجيات المعالجة مع **المعايير الوطنية والاتفاقيات الدولية** بما في ذلك اتفاقية استكهولم أو اتفاقية بازل (للبلدان التي صدّقت على الاتفاقية أو انضمّت إليها).[6] وفيما يخص **السلامة البيئية والمهنية**، ينبغي أن تؤخذ في الاعتبار التوصيات الواردة في ورقة السياسة العامة التي وضعتها منظمة الصحة العالمية بشأن إدارة نفايات الرعاية الصحية (منظمة الصحة العالمية 2004)، والمبادئ التوجيهية التقنية لاتفاقية بازل بشأن الإدارة السليمة بيئياً للنفايات الطبية الحيوية ونفايات الرعاية الصحية (برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2003)، والمبادئ التوجيهية لاتفاقية استكهولم بشأن أفضل التقنيات المتاحة والإرشادات المؤقتة بشأن أفضل الممارسات البيئية (برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2007). وفي بعض البيئات ذات الموارد الضعيفة للغاية قد يكون من الصعب الوفاء بالاتفاقيات الدولية و/أو المعايير الوطنية، ولا سيما فيما يتعلق بتدمير النفايات. وفي مثل هذه الحالات، ينبغي بذل كل جهد ممكن من أجل التحسين التدريجي لكيفية إدارة النفايات

[6] اتفاقية استكهولم – عدد الأطراف: 181؛ حالة التصديق على اتفاقية استكهولم:
http://chm.pops.int/Countries/StatusofRatifications/PartiesandSignatoires/tabid/4500/Default.aspx
اتفاقية بازل – عدد الأطراف 186:
http://www.basel.int/Countries/StatusofRatifications/PartiesSignatories/tabid/4499/Default.aspx

وتدميرها للحدّ قدر الإمكان من المخاطر التي تهدّد صحة الإنسان والبيئة. ويتعيّن وضع خطة لضمان تهيئة القدرات والموارد للوفاء بالمعايير الوطنية والضمانات الدولية على مر الزمن.

وتختلف **خصائص وكمية النفايات** المتولّدة تبعاً لنوع المرفق أو مستواه، وفيما بين المناطق الريفية والحضرية، ووفقاً للاختلافات في الخدمات المقدّمة، والحجم، والتعقيد التنظيمي، وتوافر الموارد، وعدد العاملين السريريين وغير السريريين. وتؤثر اللوائح أو السياسات المتعلقة بتصنيف النفايات وكذلك ممارسات الفصل على معدلات توليد النفايات. وعلاوةً على ذلك، فإن كمية النفايات المطلوب معالجتها تتوقف على ما إذا كانت النفايات تُدَمَّر في مرفق (المعالجة اللامركزية) أو إذا كان يتم دمج النفايات الناتجة عن عدة مرافق صحية لمعالجتها (المعالجة المركزية). كما يمكن أن تؤدي «عمليات الشراء المراعية للبيئة» (مثل الحصول على السلع بتغليف أقل و/أو استخدام محدود للمواد) إلى تقليل كمية النفايات على وجه الإجمال.

وإذا كانت هناك حاجة إلى تكنولوجيا معالجة جديدة، فمن الضروري معرفة الكمية المتوقعة من النفايات التي سيتم توليدها لاختيار التكنولوجيا المناسبة. ولحساب كمية النفايات، يتم حساب متوسط معدلات توليد النفايات على أساس أسبوعي لمراعاة التغيرات اليومية في أسبوع معيّن وقِلّة حجم الأنشطة في عطلات نهاية الأسبوع. ومع ذلك، غالبا ما يتم توفير البيانات بالكيلوغرامات (كغم) في اليوم أو بالكيلوغرام في السنة. وتُستخدَم الكيلوغرامات لكل سرير مشغول يومياً والكيلوغرامات لكل مريض خارجي يومياً لمقارنة مرافق الرعاية الصحية ذات المستويات المختلفة من الأنشطة. وإذا لم تتوفر معدلات إشغال المرضى الداخليين والعدد اليومي للمرضى الخارجيين، يُستخدَم العدد الإجمالي للأَسِرّة في كثير من الأحيان لتقدير كيلوغرامات النفايات لكل سرير في اليوم.

ويقدم الجدول 3 تقديرات يمكن استخدامها لحساب توليد النفايات المُعدِية في البلدان ذات الدخل المنخفض والمتوسط عندما لا تتوافر بيانات محلية. وهناك تباين كبير في حجم النفايات المتولدة في نوع واحد من المرافق، ومن ثم يوصى بشدة بإجراء تقييم للنفايات في المرفق قبل اختيار تكنولوجيا المعالجة. ويمكن الاطلاع على بيانات أكثر تحديداً عن مختلف الأوضاع الصحية والبلدان في المبادئ التوجيهية لمنظمة الصحة العالمية (منظمة الصحة العالمية 2014، الفصل 2-9) والخلاصة الوافية لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2012a ، الفصل 7).[7]

[7] ملاحظة: تُعتبَر حوالي 85% من النفايات التي ينتجها مقدّمو الرعاية الصحية بمثابة نفايات عامة غير خطرة. ويمكن من خلال تطبيق الفصل الصارم بين النفايات الخطرة وغير الخطرة تجنُّب الإفراط في تقدير حجم المعدات مما يؤدي إلى تحقيق وفورات في التكاليف (منظمة الصحة العالمية 2014).

الجدول 3 معدلات نفايات الرعاية الصحية المُعدِية

المرفق	معدل توليد نفايات الرعاية الصحية المُعدِية
مستشفى	0.5 كغم/سرير يومياً
مستوصف	0.5 كغم/مريض يومياً
وحدة صحية أساسية	0.01 كغم/مريض يومياً

(المصدر: برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2012a).

واستناداً إلى كمية النفايات المُعدِية والحادّة المتولِّدة، يمكن حساب **قدرة تكنولوجيا معالجة النفايات** المطلوبة. ويُضرَب معدل توليد النفايات يومياً (انظر الجدول 3) في متوسط عدد المرضى في اليوم أو عدد الأَسِرّة x معدل إشغال الأَسِرّة. ويُضاف هامش أمان بنسبة 20% إلى النسبة المئوية الإجمالية لتغطية التقلّبات في معدلات توليد النفايات.

أمثلة: حساب كمية النفايات المُعدية وقدرة المعالجة اللازمة

1- مستشفى

الافتراضات:

- 100 سرير مستشفى؛ 100% معدل إشغال الأَسِرّة (BOR)؛ دورة زمنية مدتها ساعة واحدة، 6 ساعات لمعالجة النفايات يومياً؛ 7 أيام للمعالجة في الأسبوع؛ 0.5 كغم من النفايات المُعدِية لكل سرير يومياً.

الحساب:

- 100 سرير x 100% (معدل إشغال الأَسِرّة) x 0.5 كغم /سرير/يوم x 1.2 (هامش أمان) = 60 كغم نفايات مُعدِية يومياً
- 60 كغم/ 6 ساعات عمل = 10 كغم في الساعة

النتيجة:

يحتاج هذا المستشفى إلى تكنولوجيا بحد أدنى من قدرات المعالجة **10 كغم في الساعة.**

2- مستوصف (مرفق للرعاية الصحية الأولية – مرضى خارجيون فقط)

الافتراضات:

- 10 مرضى يومياً، 0.07 كغم من النفايات المُعدِية لكل مريض، التخزين الأقصى للنفايات المُعدِية: يومان (48 ساعة).

الحساب:

- 10 مرضى x 0.07 كغم/مريض x 1.2 (هامش أمان) = 0.84 كغم نفايات مُعدِية يومياً
- يومان من التخزين x 0.84 كغم يومياً = 1.68 كغم كل يومين

النتيجة:

يحتاج هذا المستوصف إلى تقنية بحد أدنى لقدرة المعالجة **2 كغم (كل يومين).**

يجب إضافة هامش أمان بنسبة 20% إلى المجموع لتغطية التقلبات في معدلات توليد النفايات

وتُقسَم كمية النفايات المتولّدة يومياً (كغم/يوم) على عدد ساعات العمل يومياً لمعدات معالجة النفايات من أجل تحقيق الحد الأدنى لقدرة المعالجة اللازمة (كغم/ساعة). وإذا اقتصر تشغيل تكنولوجيا المعالجة على (أيام محددة) (مثلاً من الاثنين إلى الجمعة) يمكن تكييف القدرة المطلوبة. ويُعَرَّف زمن دورة تكنولوجيا المعالجة بأنه الوقت اللازم لإضافة النفايات ومعالجتها وإزالتها. ويتعيّن النظر في ساعة إضافية لبدء نظام المعالجة.

© Tesalys, France

أمثلة لتكاليف التشغيل السنوي للمياه والكهرباء:

مستشفى به 100 سرير باستخدام تكنولوجيا بديلة غير قائمة على الحرق لمعالجة النفايات المُعدية والحادة.

الافتراضات:

- تكنولوجيا غير قائمة على الحرق: 10 كغم لكل دورة و21,900 كغم من النفايات سنوياً
- بيانات الشركة المُصَنِّعة: 5 كيلو وات/ساعة متوسط استهلاك الكهرباء لكل دورة و50 لتراً من استهلاك المياه لكل دورة

المثال 1:

- تكاليف المواد الاستهلاكية اللازمة للمستشفى: 0.1 دولار أمريكي لكل كيلو وات/ ساعة و1.0 دولار أمريكي لكل متر مكعب ماء (1 م^3= 1000 لتر؛ 1 لتر يكلف 0.001 دولار أمريكي).

حساب تكاليف الكهرباء والمياه:

- تكاليف الكهرباء والمياه لدورة واحدة:
  - » (5 كيلو وات x 0.75 ساعة/دورة x 0.1 دولار أمريكي/كيلو وات ساعة) + (50 لتر/دورة x 0.001 دولار أمريكي/لتر) = 0.375 دولار أمريكي/دورة + 0.05 دولار أمريكي/دورة = 0.425 دولار أمريكي/دورة
- تكاليف معالجة 1 كغم من النفايات:
  - » 0.425 دولار أمريكي/10 كغم = 0.0425 دولار أمريكي/كغم
- التكلفة في السنة:
  - » 0.0425 دولار أمريكي/كغم x 21,900 كغم = 930.75 دولار أمريكي

المثال 2:

- تُنقَل المياه بالشاحنات إلى المستشفى وتُوَلَّد الكهرباء بواسطة مولّد ديزل
- تكاليف المواد الاستهلاكية اللازمة للمستشفى: 2 دولار أمريكي لكل كيلو وات/ ساعة و0.5 دولار أمريكي لكل متر مكعب ماء (1 م^3 = 1000 لتر؛ 1 لتر يكلف 0.0005 دولار أمريكي).

حساب تكاليف الكهرباء والمياه:

- تكاليف الكهرباء والمياه لدورة واحدة:
  - » (5 كيلو وات x 0.75 ساعة/دورة x 2.00 دولار أمريكي/كيلووات ساعة) + (50 لتر/دورة x 0.0005 دولار أمريكي/لتر)
  - » = 7.50 دولار أمريكي/دورة + 0.025 دولار أمريكي/دورة = 7.525 دولار أمريكي/دورة
- تكاليف معالجة 1 كغم من النفايات:
  - » 7.525 دولار أمريكي/10 كغم = 0.7525 دولار أمريكي/ كغم
- التكلفة في السنة:
  - » 0.7525 دولار أمريكي/كغم x 21,900 كغم = 16479.75 دولار أمريكي

النتيجة: تكاليف التشغيل السنوي لتكنولوجيا المعالجة المختارة تحت بند المياه والكهرباء في المثال 1 تبلغ **930.75 دولاراً أمريكياً في السنة**، وفي المثال 2 تبلغ **16,479.75 دولاراً أمريكياً في السنة.**

كما يجب النظر في **التكلفة الرأسمالية والتكلفة السنوية لتشغيل وصيانة** التكنولوجيا. وتغطي التكاليف الرأسمالية شراء المعدات بما في ذلك الضرائب، والتكاليف المرتبطة بالشحن (بما في ذلك الرسوم الجمركية)، والتأمين، وإعداد الموقع (بما في ذلك توفير المياه والكهرباء وتصريف الفضلات السائلة) والتكاليف غير المباشرة مثل إدارة المشاريع، والطراز المعماري وهندسة البناء، والتصاريح والرسوم القانونية (برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2012a).

وتشمل تكاليف التشغيل العمالة، وقطع الغيار، وأكياس النفايات/ الحاويات، والكهرباء، والمياه، والوقود والتخلص من النفايات. وتستند تكاليف التشغيل السنوية للمواد الاستهلاكية مثل المياه والكهرباء والوقود إلى ما يلي:

- الاستهلاك في خيار المعالجة المحدد
- عدد الدورات اللازمة لمعالجة كمية النفايات المتولدة
- التكلفة الإجمالية لجميع المواد الاستهلاكية.

صيانة وإصلاح تكنولوجيات المعالجة عنصر ضروري لضمان التشغيل الأمثل. وتختلف متطلبات الصيانة اختلافاً كبيراً وفقاً لنوع التكنولوجيا المستخدمة والشركة المصَنِّعة. وتقدَّر تكاليف الصيانة السنوية بنسبة 3-5% من تكاليف الاستثمار في تكنولوجيا المعالجة. وينبغي أن تقدم الجهة المُصَنِّعة جدولاً تفصيلياً للصيانة أثناء الإدخال في الخدمة وكجزء من تدريب المشَغِّلين. وعند شراء معدات جديدة، يتعين مراعاة إتاحة وقت ضمان كافٍ (سنة واحدة على الأقل)، فضلاً عن قطع الغيار الأساسية والأكثر شيوعاً من حيث الاحتياجات ومجموعات من المواد الاستهلاكية يسهل الوصول إليها في البلد. ويجب أن توفّر الجهة المُصَنِّعة، أو شركة الخدمات المعتمدة أو الفني/مُشَغِّل معدات المعالجة في حالة المحارق المبنية محلياً، تدريباً مناسباً للمستخدم، بما في ذلك الصيانة الأساسية والتحقّق من صحة العمليات وعُدَد اختبار الكفاءة (إن وُجِدت).

ملاحظة: بعد اختيار معدات معالجة النفايات، يجب على المستخدمين النهائيين قبول المسؤولية عن تلبية احتياجات الصيانة والإصلاح والبنية التحتية المستقبلية لمعدات معالجة النفايات المختارة كما هو محدّد من قِبَل المُوَرِّد/الشركة المصَنِّعة.

4- المواصفات والمتطلبات التكنولوجية

تُعَرَّف متطلبات معالجة النفايات في «المبادئ التوجيهية التقنية بشأن الإدارة السليمة بيئياً لنفايات الطب الحيوي ونفايات الرعاية الصحية» (برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2003) استناداً إلى اتفاقية بازل و«المبادئ التوجيهية بشأن أفضل التقنيات المتاحة والإرشادات المبدئية بشأن أفضل الممارسات البيئية ذات الصلة بالمادة 5 والمُلحق جيم باتفاقية استكهولم بشأن الملوثات العضوية الثابتة» (برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2007). وتنصّ المبادئ التوجيهية لاتفاقيتي بازل واستكهولم على وجوب إعطاء الأولوية لتقنيات معالجة النفايات التي تقلل إلى أدنى حد من تكوين وإطلاق مواد كيميائية أو انبعاثات خطرة وتفضيلها على سائر التكنولوجيات الأخرى. ويمكن الاطّلاع على وصف عام لعمليات المعالجة المختلفة (المعالجة الحرارية المنخفضة الحرارة، والمعالجة الكيميائية، والحرق في الهواء الطلق) في الملحق 1.

ويغطي القسم التالي معظم خيارات معالجة نفايات الرعاية الصحية المتاحة حالياً، مُصنّفة على النحو التالي:

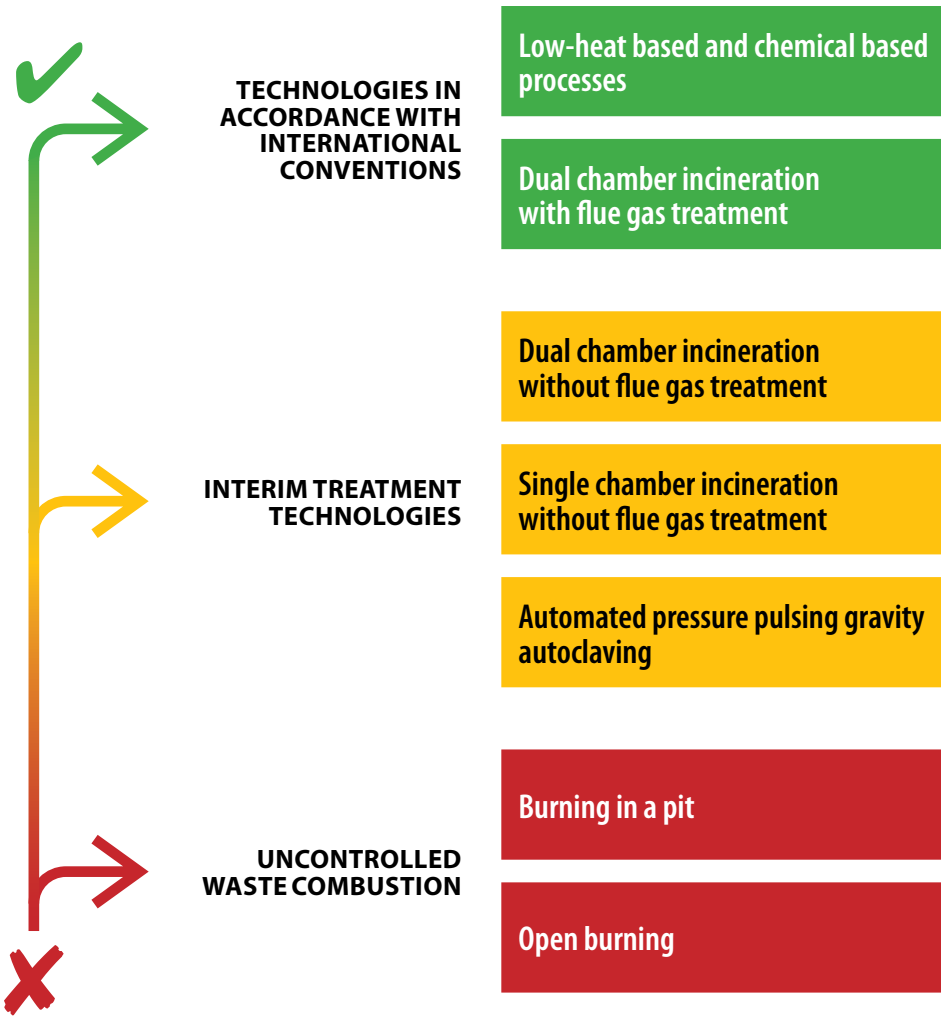
1- **خيارات مُفَضّلة:** التكنولوجيات المتوافقة مع الاتفاقيات الدولية
- العمليات الحرارية المنخفضة الحرارة
  - المُوصَدات (أجهزة تعقيم بالبخار المضغوط)
    - المُوصَدات الفراغية غير المزودة بآلة تمزيق
    - المُوصَدات المزودة بآلة تمزيق مُدمَجة
  - التكنولوجيات القائمة على الموجات الدقيقة
  - المعالجة الحراريّة الاحتكاكيّة
- العمليات القائمة على المواد الكيميائية
  - التكنولوجيات القائمة على هيبوكلوريت الصوديوم
- الحرق مع معالجة غازات الاحتراق

2- **حلول مؤقّتة:** التكنولوجيات المستخدمة لتحسين الممارسات تدريجياً والتحرّك صوب الوفاء بالمعايير الدولية
- التعقيم الحراري باستخدام الجاذبية لإحداث نبض تحت الضغط الآلي
- المحارق ذات الغرف المزدوجة والمنفردة

3- **خيار الملاذ الأخير:** في حالة عدم وجود خيارات معالجة بديلة:
- الحرق داخل حفرة والحرق المفتوح

وتمثل خيارات المعالجة التالية التكنولوجيات الأكثر جدوى ولا ينبغي اعتبارها بمثابة قاعدة بيانات كاملة. وقد تم توفير بيانات الطاقة والمياه المُستهلَكة وما إلى ذلك من قِبَل الشركة المُصَنِّعة المذكورة.

الشكل 1 سلم تكنولوجيات المعالجة HCWM



1-4 العمليات القائمة على حرارة منخفضة

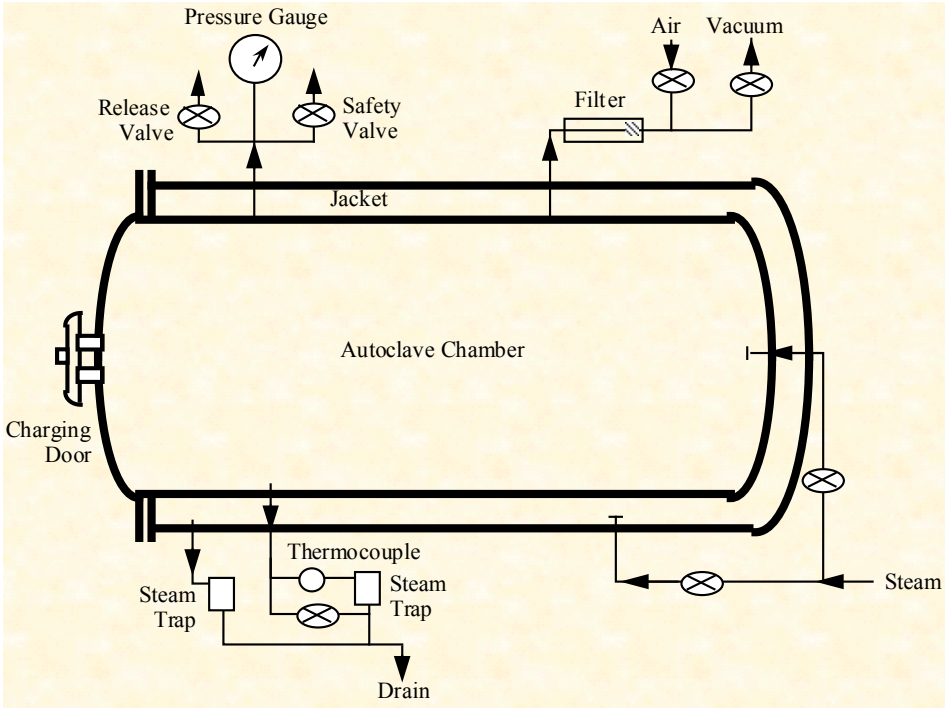
1-1-4 المُوصَدات

تتكون المُوصَدة/ أوتكلاف من وعاء معدني مصمّم لتحمُّل الضغوط العالية، مع باب قابل للغلق ومنظومات من الأنابيب والصمامات يتم من خلالها إدخال البخار إلى الوعاء وإزالته منه. ولأن الهواء عازل فعال وعامل رئيسي في تحديد كفاءة المعالجة بالبخار، فإن إزالة الهواء من المُوصَدة أمر ضروري لضمان اختراق الحرارة للنفايات. كما يجب أن تعالج المُوصَدات المخصصة لمعالجة النفايات كذلك الهواء الذي تمت إزالته في بداية العملية لمنع إطلاق الهباء الجوي المسَبِّب للأمراض. ويتم ذلك عادةً عن طريق معالجة الهواء بالبخار أو تمريره من خلال مرشح معيّن (على سبيل المثال، مرشح هواء جسيمي عالي الكفاءة (HEPA) أو مرشح ميكروبيولوجي) قبل إطلاقه. كما يجب إزالة تلوث المكثفات الناتجة قبل إطلاقها إلى شبكة الفضلات السائلة.

1-1-1-4 المُوصَدات الفراغية بالبخار المضغوط

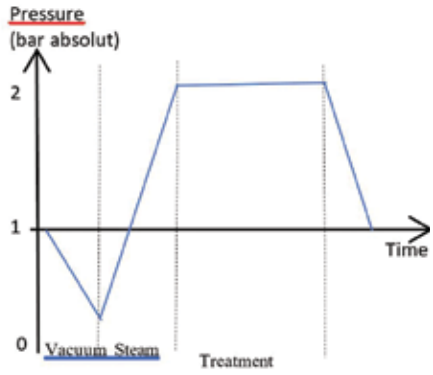
تستخدم مُوصَدات النفايات الحديثة مضخة فراغية و/أو قاذف بخار لتفريغ الهواء قبل إدخال البخار، بما يضمن إزالة تلوث النفايات بشكل مأمون. ويتمثل أحد الخيارات المطروحة في مُوصَدات التفريغ المُسبَق، حيث يتم تفريغ الهواء مرة واحدة قبل حقن البخار (الشكل 3). والمُوصَدات التي تستخدم عملية تفريغ مُجزأ لإزالة الهواء هي خيار أكثر أماناً. وفي هذه العملية يتم تفريغ الهواء وإدخال البخار عدة مرات لضمان إزالة أكبر قدر ممكن من الهواء من الغرفة بحيث يخترق البخار النفايات بشكل أفضل مع تحسين تجانس درجة الحرارة أثناء مرحلة إزالة التلوث (الشكل 4). وتضاف مرحلة تجفيف بعد المعالجة لحماية المشَغِّل من البخار عند فتح الباب. وتتم إزالة تلوث النفايات عند 121 إلى 134 درجة مئوية، وبالتالي يجب أن تكون أكياس النفايات المستخدمة في المُوصَدات مقاوِمة للحرارة كما يجب أن تسمح للبخار بدخول الكيس. ويمكن لأكياس البولي إيثيلين –النوع الأكثر توافراً– تحمُّل 121 درجة مئوية، ولكن هناك حاجة إلى أكياس البولي بروبيلين للآلات التي تعمل عند 134 درجة مئوية. وبعد المعالجة، تُعتبَر النفايات غير خطرة ويمكن التخلص منها وفقاً لذلك.

الشكل 2 مُوصَدة فراغيّة

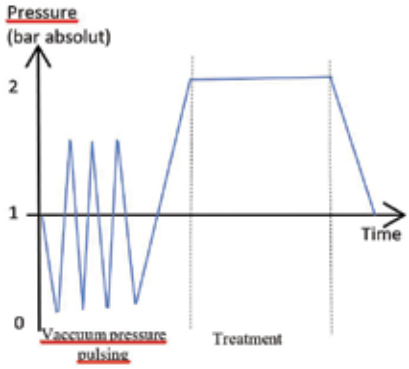


المصدر: UNEP 2012a.

الشكل 3 عملية تفريغ مُسبَق



الشكل 4 عملية تفريغ مُجَزأ



وينطوي استخدام المُوصَدات الفراغية على المزايا والعيوب التالية:

المزايا	العيوب
✔ ضعف الآثار البيئية ✔ عدم وجود مُتبقّيات خطرة ✔ التوافق مع اتفاقية استوكهولم ✔ إمكانية إعادة تدوير بعض النفايات المعالجة	✘ تستلزم جمع النفايات الصلبة بشكل يُعَوّل عليه ✘ تحتاج إلى توصيلات مائية وكهربائية يُعَوّل عليها ✘ تستوجب أن تكون المياه ذات جودة معيّنة لحماية المعدات ✘ تحتاج إلى سلة مهملات أو أكياس مقاوِمة للحرارة ✘ مُتَبَقّياتها الملحوظة قد تسبّب إصابات (مثلاً بقايا حادة)

الجوانب الصحية والبيئية

التعقيم بالحرارة تكنولوجيا مراعية للبيئة. ويَنتُج عن العمليات الحرارية المنخفضة الحرارة مثل التعقيم بالحرارة/ المُوصَدات تلوث للهواء أقل بكثير من عمليات الحرق، وبالتالي لا توجد حدود معيّنة لانبعاث الملوثات في المُوصَدات. إلا أنه يلزم ترشيح الهواء الذي يتم تفريغه من غرفة المعالجة وإزالة تلوث المكثّفات لدرء مخاطر الصحة المهنية.

متطلبات التجهيز

- الكهرباء: 400/380 فولت (قد تتطلب الوحدات الأصغر حجماً 240/230/220 فولت)
- توصيلات للمياه
- نوعية المياه اللازمة لتوليد البخار: مياه يَسِرة/مياه منزوعة المعادن
- توصيلات للفضلات السائلة
- هواء مضغوط

القدرات والاستهلاك

يمكن أن يتراوح حجم المُوصَدات المخصصة لمعالجة النفايات من 5 إلى 3000 كغم/ ساعة. ويتضمن زمن الدورة الاحتياجات الزمنية لإضافة النفايات، وتفريغ الهواء، والتعريض للبخار، وإزالة النفايات. ويقدّم الجدول أدناه بعض الأمثلة للقدرات والاستهلاك في عملية مجزأة للتعقيم بالحرارة. ويشار إلى أن البيانات تقريبية وتستند إلى قدرة التحميل القصوى لكل دورة، ومع اتّباع نسق قياسي للمعايير.[9]

[8] الحد الأدنى المثالي لمتطلبات نوعية المياه: الصلابة الكلية: (< 0.,5 mmol CaO/l) < 3°dH، إجمالي الأملاح: < 500 ملغ/لتر، محتوى الكلوريد: < 100 ملغ/لتر، قيمة درجة الحموضة: 5 – 8 (المعلومات المقدّمة من الشركة المصَنِّعة)

[9] النسق القياسي للمعايير بما في ذلك عناصر مثل درجة الحرارة/الضغط وزمن الاحتجاز في عملية المعالجة. وقد تتغير الأرقام، على سبيل المثال إذا كانت النفايات رطبة أو المياه المستعملة دافئة للغاية. ولكل شركة مُصَنِّعة/ عملية معاييرها القياسية الخاصة.

الجدول 4

القدرة (كغم/دورة)	40	70	150	500	800
زمن الدورة (دقائق)	50	50	50	55	60
استهلاك الطاقة (كيلو وات ساعة/دورة)	7	17	21	40	56
استهلاك المياه (لتر/دورة)	200	240	360	950	1800

البيانات مُقدّمة من: Matachana Group – إسبانيا

4-1-1-2 المُوصدات المُجَهّزة بآلية التمزيق المُدمَج

المُوصَدات المُجَهّزة بآلية الطحن أو التمزيق المدمَج هي أنظمة قائمة على البخار، تم تطويرها لتحسين نقل الحرارة إلى النفايات، وتحقيق تسخين النفايات بشكل أكثر اتساقاً، وجعل النفايات غير ملحوظة و/أو جعل نظام المعالجة عملية مستمرة. ويشار إلى هذه النظم أحياناً باسم المُوصَدات المتقدمة، أو المُوصَدات الهجينة أو التكنولوجيات المتقدمة للمعالجة بالبخار (منظمة الصحة العالمية 2014). ويسمح التمزيق المُسَبق بدرجة أفضل من اختراق البخار والفعالية. وقد تشمل العملية أيضاً التفريغ المُسبَق أو مرحلة تفريغ مُجزأ لمزيد من الأمان. وفي نهاية الدورة، تُعتبَر النفايات غير خطرة ويمكن التخلص منها وفقاً لذلك. وقد تكون بعض النفايات أيضاً مادة وسيطة مناسبة لإعادة التدوير.

وينطوي استخدام المُوصَدات المُجَهّزة بآلية الطحن أو التمزيق المُدمَج على المزايا والعيوب التالية:

المزايا	العيوب
✔ آثارها البيئية ضعيفة ✔ مُتبقياتها غير خطرة ✔ قلة الحجم ✔ المُتبقيات الناتجة غير ملحوظة ✔ التوافق مع اتفاقية استوكهولم	✘ تحتاج إلى توصيلات مائية وكهربائية يعوّل عليها ✘ تستلزم نوعية معينة من المياه لحماية المعدات ✘ تكاليفها ومتطلبات صيانتها مرتفعة (الأجزاء المتحركة الداخلية) ✘ تحتاج إلى مُشَغِّل ماهر

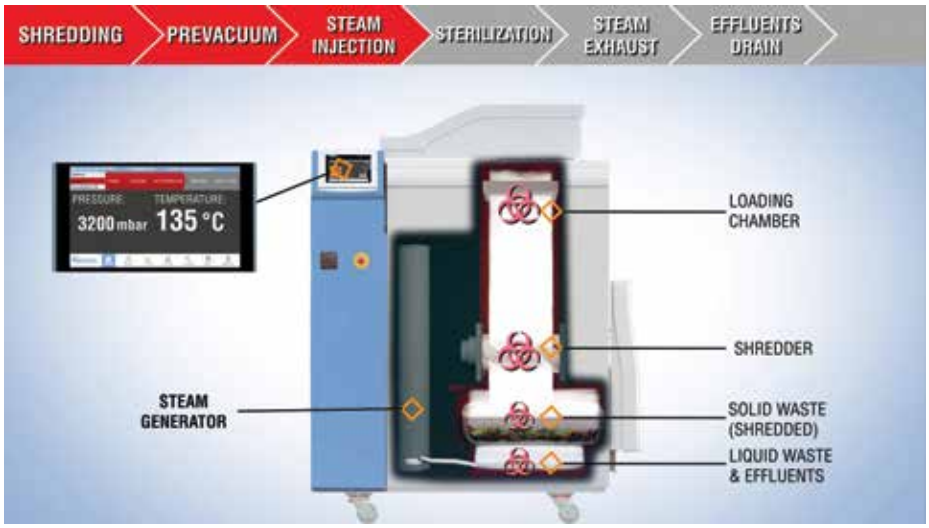
الجوانب الصحية والبيئية

بما أن العمليات الحرارية المنخفضة الحرارة مثل المُوصَدات الهجينة ينتج عنها تلوث للهواء أقل بكثير من عمليات الحرق، فلا توجد بالتالي حدود معيّنة لانبعاثات الملوثات في المُوصَدات الهجينة. ويجب أن يكون النظام مغلقاً تماماً لمنع انبعاث الهباء الجوي أثناء عملية تمزيق النفايات.

متطلبات التجهيز

- الكهرباء: 400 فولت
- توصيلات للمياه
- نوعية المياه اللازمة لتوليد البخار: مياه يَسِرة/مياه منزوعة المعادن
- توصيلات للفضلات السائلة
- هواء مضغوط

الشكل 5 مُوصَدات مزودة بآلة تمزيق داخلية



Credit: Tesalys/Sterishred, France

القدرات والاستهلاك

تتراوح قدرات المُوصَدات المجهزة بخاصية التمزيق المدمج من 5 إلى 3000 كغم/ساعة. ويتضمن زمن الدورة الوقت اللازم للمعالجة الكاملة بما في ذلك إضافة النفايات، والتمزيق، والتعريض للبخار، وإزالة النفايات. ويتقدم الجدولان أدناه بعض الأمثلة للقدرات والاستهلاك في المُوصَدات التي يُستخدم فيها مُوَلِّد بخار مُدمَج ومصدر بخار خارجي. ويُذكَر أن البيانات تقريبية وتستند إلى قدرة التحميل القصوى لكل دورة، إلى جانب اتِّباع نسق قياسي للمعايير.

القدرة (كغم/دورة)	2.5	5	10	15
زمن الدورة (دقائق)	30	30	30	45
استهلاك الطاقة (كيلو وات ساعة/دورة)	1	2.5	4	15
استهلاك المياه (لتر/دورة)	5	10	15	85

البيانات مُقَدّمة من: Tesalys / Sterishred–فرنسا (تُحسَب الطاقة مع وجود مُولِّد مُدمَج)

القدرة (كغم/دورة)	15	23	53	165	375
زمن الدورة (دقائق)	30	30	30	35	45
استهلاك الطاقة (كيلو وات ساعة/دورة)	0.55	1.4	1.7	4	9
استهلاك المياه (لتر/دورة)	5	15	25	35	50

البيانات مُقَدّمة من: Ecodas –فرنسا (تُحسَب الطاقة بدون مُولّد مُدمَج)

4-1-2 التكنولوجيات القائمة على الموجات الدقيقة/ ميكروويف

المعالجة بالموجات الدقيقة هي في الأساس عملية تعتمد على البخار، حيث تحدث المعالجة من خلال عمل الحرارة الرطبة والبخار المتولّد عن طاقة الموجات الدقيقة. ويتم تسخين المياه التي تحويها النفايات بسرعة بواسطة طاقة الموجات الدقيقة بتردُّد يُقَدَّر بحوالي 2450 ميغاهرتز وطول موجي يبلغ 12.24 سم. وبشكل عام، تتكون أنظمة المعالجة بالموجات الدقيقة من منطقة معالجة أو غرفة تُوَجَّه فيها طاقة الموجات الدقيقة من مُوَلِّد للموجات الدقيقة حيث يتم تسخين النفايات حتى 100 درجة مئوية. وقد تتأثر أنظمة الموجات الدقيقة بارتفاع الموقع الذي تُستخدم فيه الموجة الدقيقة. ففي الارتفاعات العالية، وبسبب انخفاض الضغط، قد يستغرق بلوغ 100 درجة مئوية وقتاً أطول، مما يؤدي إلى إطالة أزمنة المعالجة. وبعد المعالجة، تُعتبَر النفايات بمثابة نفايات غير خطرة ويتم التخلص منها وفقاً لذلك.

4-1-2-1 المعالجة بالموجات الدقيقة على دُفعات

النظام النموذجي للمعالجة بالموجات الدقيقة على دُفعات يعالج النفايات في شكل دُفعات داخل وحدة مغلقة لإزالة تلوث النفايات. وتحتاج بعض الوحدات إلى حاويات خاصة قابلة لإعادة الاستخدام ومغلقة بالكامل وقابلة للتسخين بالموجات الدقيقة يتم فيها جمع النفايات مسبقاً. وقد تكون لأنظمة الموجات الدقيقة دورات متعددة قابلة للبرمجة تتوافق مع درجات حرارة المعالجة أو مستويات التطهير المختلفة.

وينطوي استخدام الموجات الدقيقة على دُفعات لمعالجة النفايات المُعدِية والحادّة على المزايا والعيوب التالية:

المزايا	العيوب
✔ ضعف الآثار البيئية ✔ عدم وجود مُتبقّيات خطرة ✔ التوافق مع اتفاقية استوكهولم	✘ تستلزم جمع النفايات الصلبة بشكل يُعوَّل عليه ✘ تحتاج إلى توصيلات كهربائية يعوّل عليها ✘ تحتاج النفايات إلى حد أدنى من الرطوبة أو يلزم إضافة المياه ✘ تحتاج إلى صناديق نفايات خاصة

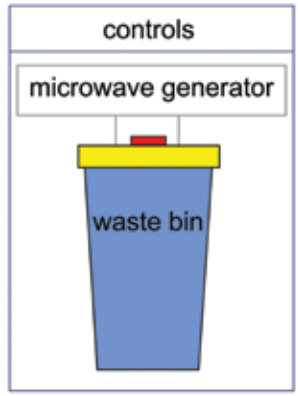
الصحة والبيئة

استخدام الموجات الدقيقة تكنولوجيا مراعية للبيئة. ويُزال تلوث الفضلات السائلة أثناء هذه العملية. ولا تتجاوز انبعاثات الهواء من وحدات الموجات الدقيقة الحد الأدنى. ولا توجد حدود معينة للانبعاثات الملوِّثة في الموجات الدقيقة.

متطلبات التجهيز

- الكهرباء: 400 فولت (قد تتطلب الوحدات الأصغر حجماً 240/230/220 فولت)
- توصيلات للمياه
- نوعية المياه: مياه الصنبور
- توصيلات للفضلات السائلة

الشكل 6 المعالجة بموجات دقيقة على دُفعات



القدرات والاستهلاك

تتراوح قدرة أنظمة المعالجة بالموجات الدقيقة على دُفعات من 10 إلى 210 كغم في الساعة. ويتضمن زمن الدورة الوقت اللازم لإضافة النفايات ومعالجتها وإزالة النفايات. وتقدم الجداول أدناه بعض الأمثلة للقدرات والاستهلاك. ويُشار إلى أن البيانات تقريبية وتستند إلى قدرة التحميل القصوى لكل دورة، إلى جانب اتِّباع نسق قياسي للمعايير.

القدرة (كغم/دورة)	3	6	10	20
زمن الدورة (دقائق)	45	45	45	45
استهلاك الطاقة (كيلو وات ساعة/دورة)	0.9	1.8	2.3	3.5
استهلاك المياه (لتر/دورة)	0.5	1.0	1.5	2.5

البيانات مُقَدّمة من: Meteka GmbH – النمسا

4-1-2-2 تكنولوجيات الموجات الدقيقة المستمرة

يتكون النظام النموذجي للموجات الدقيقة المستمرة من نظام شحن تلقائي، وحاوية قُمعِيّة، وآلة تمزيق، وصامولة ناقلة، ومُوَلِّد للبخار، ومُوَلِّدات للموجات الدقيقة، وصامولة للتفريغ وضوابط للتحكّم. وتشمل المعدات مكونات هيدروليكية، ومُرَشِّح هواء جُسَيمي عالي الكفاءة وضوابط تحكّم قائمة على مُعالِج بيانات دقيق. ويتم إدخال أكياس النفايات في الحاوية القُمعية حيث يمكن أيضاً حقن البخار. ولمنع إطلاق مُسَبِّبات الأمراض المنقولة بالهواء، يتم استخراج الهواء من خلال مُرَشِّح هواء جُسَيمي عالي الكفاءة أثناء تحميل أكياس النفايات. وبعد إغلاق غطاء الحاوية القُمعيّة، تمر النفايات عبر آلة تمزيق. وتُنقَل جُسَيمات النفايات عبر مِثقَب معدني كبير (صامولة ناقلة) حيث تتعرض لمزيد من البخار ويتم تسخينها إلى 100 درجة مئوية من خلال العديد من مُوَلِّدات الموجات الدقيقة. ومن هناك إلى قسم احتجاز حيث يتم الاحتفاظ بالنفايات الطبية عند 100 درجة مئوية لمدة 50 دقيقة.

وينطوي استخدام تكنولوجيا المعالجة بالموجات الدقيقة المستمرّة على المزايا والعيوب التالية:

المزايا	العيوب
✔ آثارها منخفضة البيئية ✔ المتبقّيات الناتجة غير خطرة ✔ متبقّياتها غير ملحوظة ✔ قلة النفايات ✔ التوافق مع اتفاقية استوكهولم	✘ تحتاج إلى توصيلات كهربائية يعوّل عليها ✘ تكاليفها ومتطلبات صيانتها مرتفعة (الأجزاء المتحركة الداخلية) ✘ النفايات تحتاج إلى حد أدنى من الرطوبة أو يلزم إضافة المياه

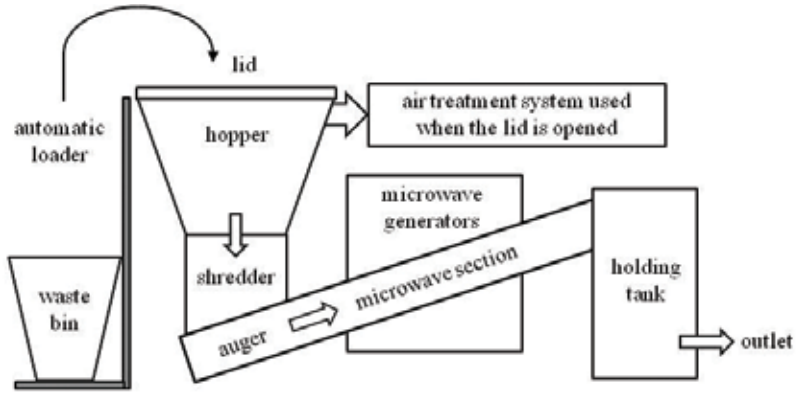
الجوانب الصحية والبيئية

المعالجة بالموجات الدقيقة تكنولوجيا مراعية للبيئة. ويُزال تلوث الفضلات السائلة عبر هذه العملية. ولا تتجاوز انبعاثات الهواء من وحدات الموجات الدقيقة حدّها الأدنى. ولا تُعَيَّن حدود لانبعاث الملوّثات في الموجات الدقيقة. ويجب أن يكون النظام مغلقاً تماماً لمنع انبعاث الهباء الجوي أثناء عملية تمزيق النفايات.

متطلبات التجهيز

- الكهرباء: 400/380 فولت
- No other requirements

الشكل 7 عملية معالجة بالموجات الدقيقة المستمرّة



Credit UNEP 2007

القدرات والاستهلاك

تتوفر تكنولوجيات الموجات الدقيقة المستمرة بنطاق 100 إلى 800 كغم في الساعة. ويتضمن زمن الدورة الوقت اللازم لإضافة النفايات وتعريضها للبخار وإزالة النفايات. ويقدم الجدول أدناه بعض الأمثلة للقدرات والاستهلاك. ويعتمد الاستهلاك على قدرة تحميل قصوى لكل دورة إلى جانب اتّباع نسق قياسي للمعايير:

القدرة (كغم/دُفعة)	100	175	300	500
نظام مستمر: إزالة تلوث النفايات (بالدقائق)	60	60	60	60
استهلاك الطاقة (كيلو وات ساعة/دورة)	20	45	60	100

البيانات مُقَدّمة من: AMB ecosteryl – بلجيكا

3-1-4 المعالجة الحراريّة الاحتكاكيّة

يمكن استخدام الحرارة الاحتكاكية أيضاً لتدمير نفايات الرعاية الصحية. وتستند هذه التكنولوجيا إلى استخدام الحرارة المتولّدة عن الاحتكاك ووقعه على النفايات بفعل شفرات دَوّارة، تُكمِلها سخّانات مقاومة لضمان تعديل درجة الحرارة إذا لزم الأمر. وتُسَخَّن النفايات حتى 150 درجة مئوية، في حين تُمَزَّق النفايات إلى قطع صغيرة غير ملحوظة. ويتم توفير الحرارة بواسطة سخانات أو تُوَلَّد باستخدام عنصر دَوّار يعمل بسرعات عالية (عادةً من 1000 إلى 2000 دورة في الدقيقة). ويتم الاحتفاظ ببيئة رطبة داخل الغرفة عن طريق ضغط سلبي.

ولإزالة تلوث النفايات، يتم الاحتفاظ بها بين 135 و150 درجة مئوية لعدة دقائق. وتُولّد الأبخرة تدفُّقاً عبر مُبادِلات حرارية يتم تكثيف المياه بها. وذلك وصولاً إلى مجموعة تصفية (كربون مُنَشَّط ومرشحات هواء جسيمي عالي الكفاءة) قبل إطلاقها إلى البيئة.

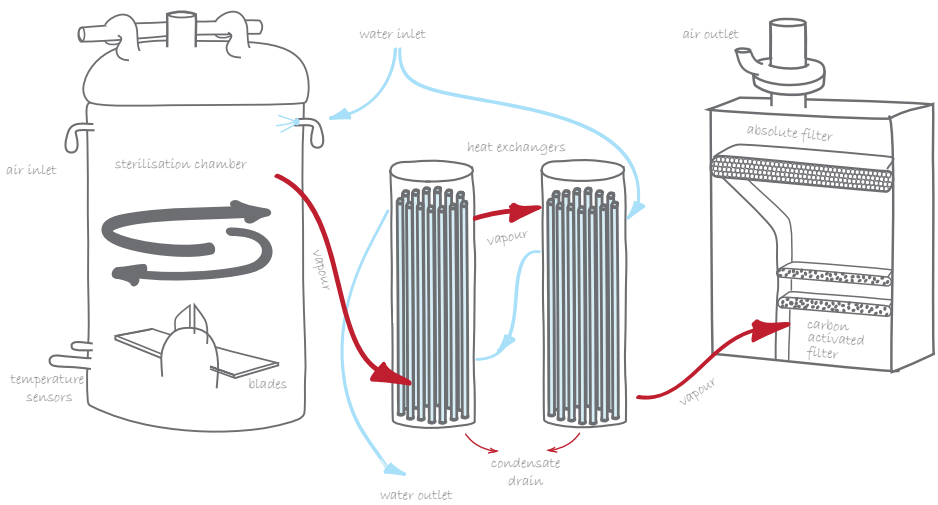
وينطوي استخدام المعالجة الحرارية الاحتكاكية على المزايا والعيوب التالية:

المزايا	العيوب
✔ ضعف الآثار البيئية ✔ المتبقّيات الناتجة غير خطرة ✔ قلة حجم النفايات ✔ المتبقّيات الناتجة غير ملحوظة ✔ التوافق مع اتفاقية استوكهولم	✘ تحتاج إلى توصيلات كهربائية يُعوّل عليها ✘ متطلبات صيانتها مرتفعة (الأجزاء المتحركة الداخلية)

الجوانب الصحية والبيئية

المعالجة الحرارية الاحتكاكية تكنولوجيا مراعية للبيئة. فهي لا تُولّد أي انبعاثات أو دوافق مُنصَبّة خطرة. ولا توجد حدود معيّنة لانبعاث الملوثات في أنظمة المعالجة الحرارية الاحتكاكية. ويجب أن يكون النظام مغلقاً تماماً لمنع انبعاث الهباء الجوي أثناء عملية تمزيق النفايات.

الشكل 8 عملية معالجة حراريّة احتكاكيّة



Credit: Newster System Srl, Italy

متطلبات التجهيز

- الكهرباء: 400 فولت – 50 هيرتز
- توصيلات للمياه: نعم
- نوعية المياه: مياه جارية (يجب أن تتوافق مع الجودة المحددة من قبل الشركة المصنعة)
- توصيلات للفضلات السائلة: نعم

القدرات والاستهلاك

تتراوح قدرة أنظمة المعالجة الحرارية الاحتكاكية من 10 إلى 600 كغم في الساعة. ويتضمن زمن الدورة الوقت اللازم لإضافة النفايات وتعريضها للحرارة الاحتكاكية وإزالة النفايات. ويقدم الجدول أدناه بعض الأمثلة للقدرات والاستهلاك. ويعتمد الاستهلاك على قدرة تحميل قصوى لكل دورة إلى جانب اتّباع نسق قياسي للمعايير:

القدرة (كغم/دورة)	13–11	20–18	50–45	60–55
زمن الدورة (دقائق)	50–40	45–30	50–45	45–35
استهلاك الطاقة (كيلو وات ساعة/دورة)	12–10	14–12	35–30	40–35
استهلاك المياه (لتر/دورة)	15–5	40–15	50–30	90–75

البيانات مُقَدّمة من: Newster System Srl – إيطاليا

2-4 العمليات القائمة على المواد الكيميائية (الآلية)

1-2-4 التكنولوجيات القائمة على هيبوكلوريت الصوديوم

تضمن تكنولوجيا المعالجة الكيميائية–الفيزيائية هذه تطهير النفايات المُعدِية باستخدام قوة أكسدة هيبوكلوريت الصوديوم (NaClO). وبخلاف المعالجة اليدوية للنفايات المُعدِية بواسطة مواد كيميائية، فإن العملية آلية ويتم التحكُّم فيها باستمرار، لضمان إزالة تلوث النفايات بشكل فعال ومأمون. إلا أنها لا تزال تكنولوجيا محدودة من حيث البَيّنات والأمثلة الدالّة على فعالية تطبيقها. ويتحكّم النظام تلقائياً في المعايير الكيميائية–الفيزيائية أثناء عملية الأكسدة (درجة الحموضة ودرجة الحرارة والموصّليّة). وتُغَذّى النفايات في النظام بواسطة حزام ناقل أو مباشرةً داخل آلة التمزيق حيث يتم تمزيقها تحت ظروف ضغط سلبي وفي جو مؤكسِد. ويتم ترشيح الهواء بواسطة مُرَشِّح هواء جُسَيمي عالي الكفاءة. وأثناء عملية الأكسدة في المفاعل يقوم نظام لشفط الهواء بتمرير جميع الغازات داخل حاجز كيميائي للسوائل (التحييد)، ثم عبر مرشحات للكربون، لذلك لا توجد انبعاثات خطرة إلى الغلاف الجوي. وبعد إزالة التلوث، يتم تحييد النفايات بواسطة ثيوسلفات الصوديوم لضمان عدم بقاء أي كلور حر.

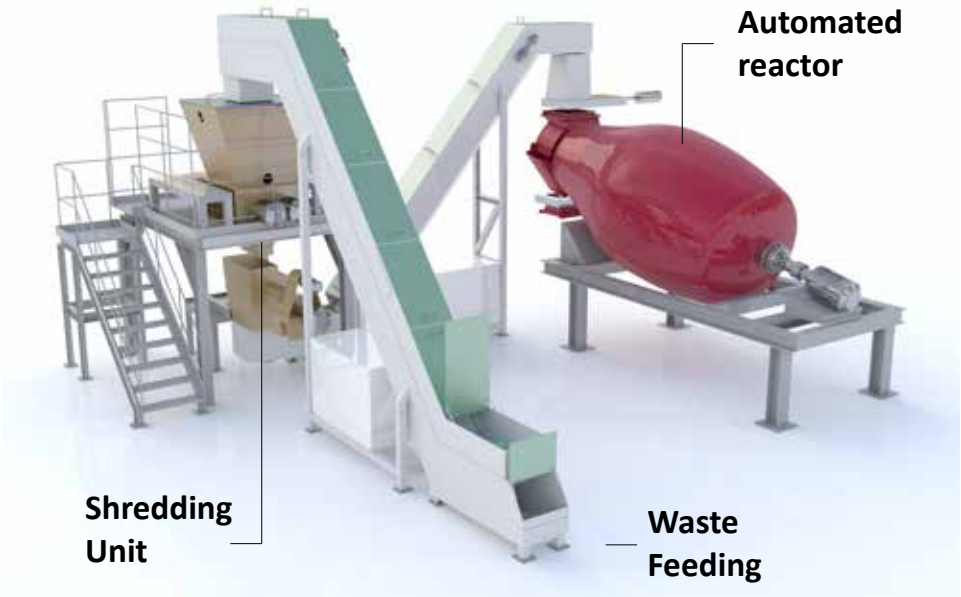
وينطوي استخدام المعالجة الآلية بهيبوكلوريت الصوديوم على المزايا والعيوب التالية:

المزايا	العيوب
✔ ضعف الأثر البيئي ✔ عدم وجود مُتبقّيات خطرة ✔ قلة حجم النفايات ✔ المتبقّيات الناتجة غير ملحوظة ✔ التوافق مع اتفاقية استوكهولم	✘ صعوبة رصد التركيز الكيميائي في الوقت الحقيقي ✘ ضرورة اتخاذ تدابير صارمة بشأن السلامة المهنية ✘ تكاليفها ومتطلبات صيانتها مرتفعة (الأجزاء المتحركة الداخلية)

الجوانب الصحية والبيئية

هيبوكلوريت الصوديوم مؤكسِد قوي كما أن تفاعلات الأكسدة أَكّالة. وتتسبب المحاليل في حرق الجلد وتُؤدي إلى تلف العين، وخاصةً عند استخدامها في أشكال مُركّزة. ولذلك يجب أن يكون النظام مُغلقاً وآليّاً. ويلزم اتّخاذ تدابير صارمة في مجال الصحة والسلامة المهنية لحماية العاملين والبيئة.

الشكل 9 نظام المعالجة بهيبوكلوريت الصوديوم



Credit: ATHISA, Spain

متطلبات التجهيز

- المدخلات: هيبوكلوريت الصوديوم وثيوسلفات الصوديوم
- الكهرباء: 400/380 فولت
- توصيلات للمياه
- توصيلات للفضلات السائلة

القدرات والاستهلاك

تتراوح قدرة أنظمة المعالجة بهيبوكلوريت الصوديوم من 600 إلى 3000 كغم في الساعة. ويتضمن زمن الدورة الوقت اللازم لتحميل النفايات ومعالجتها وإزالة النفايات. ويقدم الجدول أدناه بعض الأمثلة للقدرات والاستهلاك. ويعتمد الاستهلاك على قدرة تحميل قصوى لكل دورة إلى جانب اتِّباع نسق قياسي للمعايير:

القدرة (كغم/دُفعة)	600	3000
زمن الدورة (دقائق)	180	180
استهلاك الطاقة (كيلو وات ساعة/دورة)	180	360
استهلاك المياه (لتر/دورة)	600	3000
هيبوكلوريت الصوديوم 12–15% (لتر/دورة):	300–150	1350–750
ثيوسلفات الصوديوم 95% (لتر/دورة):	3–1.5	6–4.5

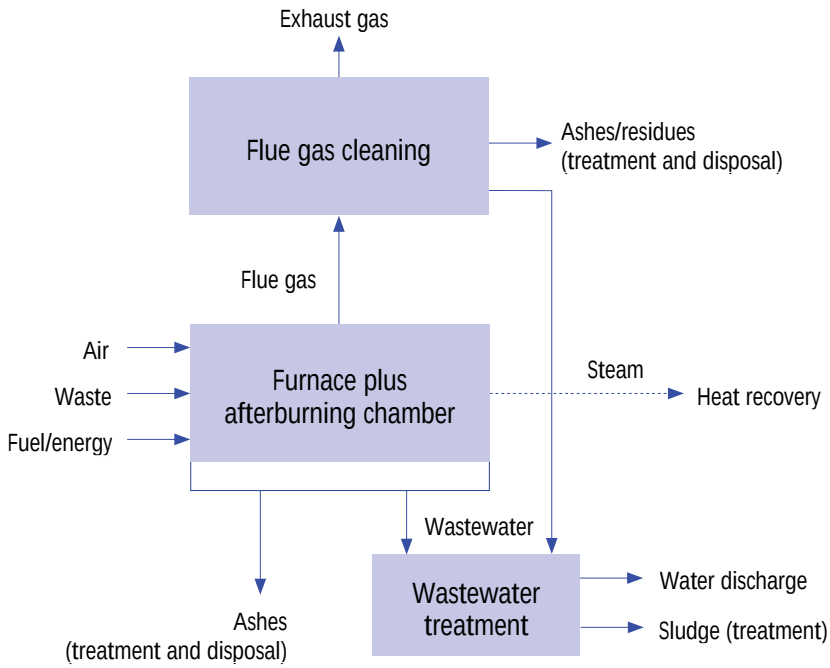
البيانات مُقَدّمة من: ATHISA – إسبانيا

3-4 الحرق

وفقاً لاتفاقية استكهولم، ينبغي استخدام أفضل التكنولوجيات المتاحة. ويسفر استخدام أفضل التكنولوجيات المتاحة، مع مزيج مناسب من التدابير الأولية والثانوية، عن تقليل انبعاثات الديوكسين والفيوران إلى الهواء بحيث لا تزيد عن[10] 0.1 ng I-TEQ^3/Nm (بنسبة 11% O_2) وتقل عن 0.1ng I-TEQ/l في الفضلات السائلة التي يتم تصريفها من المرفق (برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2007). وتشمل *التدابير الأولية* للمحارق الحرارية العالية الحرارة توفير غرفتي حرق (850 درجة مئوية/ 1100 درجة مئوية)، وجهاز لهب إضافي، وإتاحة زمن كافٍ لمكوث الهواء في الغرفة الثانية، ومحتوى كافٍ من الأكسجين وحركة دوامية عالية لغازات العادم. وعلى *سبيل التدابير الثانوية*، يحتاج الأمر إلى نظم إضافية لمعالجة غازات الاحتراق. ويتوفر في الأسواق عدد قليل من

[10] TEQ: تُشير المكافئات السُمّيّة إلى الكتل المرجّحة السمية لخلائط الديوكسينات الثنائية البنزين المتعددة الكلور (PCDDs) والفيورانات الثنائية البنزين المتعددة الكلور (PCDFs) والمركّبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور (PCBs)

الشكل 10 عملية حرق تشمل معالجة غازات الاحتراق



Credit: UNEP 2007

المحارق الصغيرة والمتوسطة الحجم التي تعمل وفقاً لاتفاقية استكهولم. وفي معظم البلدان المنخفضة الدخل، لا توجد مختبرات لتحليل الديوكسين والفيورانات، ولذلك لا يمكن رصد الأداء بسهولة. وتتطلب المحارق العالية التقنية وجود ضوابط موثوقة لمعايير الاحتراق، ونظام لتنظيف غازات الاحتراق (إزالة الغبار، ومرشحات خزفية، ومنظفات دوامية للغازات، ومُرَسِّبات كهروستاتيكية) ومعالجة للفضلات السائلة. وبالتالي فإنها مكلِّفة للغاية أيضاً. وتوجد منشآت أصغر حجماً، ولكن يلزم وجود ما لا يقل عن 100000 طن من النفايات سنوياً لجعلها فعالة وذات مردودية من حيث التكلفة (منظمة الصحة العالمية 2007).

وتستهدف هذه الوثيقة البلدان ذات الدخل المنخفض والمتوسط، حيث لا يُعتبَر الحرق العالي التقنية وفقاً لاتفاقية استكهولم أمراً واقعياً، وبالتالي فهو غير مُدرَج في هذا الدليل. وترد خيارات حرق أخرى في الفصل التالي.

5- التكنولوجيات المستخدمة في البيئات الضعيفة الموارد

في البيئات الضعيفة الموارد أو في حالات الطوارئ، يمكن استخدام أساليب انتقالية، بالترافق مع العمل على تهيئة النظم والأشخاص لتجهيز وتشغيل وصيانة تكنولوجيات أكثر تقدماً. وقد لا تفي هذه الأساليب بمتطلبات اتفاقية استكهولم (برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2007)، ولذلك ينبغي اعتبارها مجرد حل مؤقت. وفي بعض البلدان، حيث تفتقر مرافق الرعاية الصحية الأساسية إلى خدمات المياه والإصحاح والنظافة العامة، قد لا يكون لديها أي تدمير للنفايات على الإطلاق إلى جانب الحرق في الهواء الطلق. وبالتالي، فإن الغرض هو تحسين ذلك تدريجياً من خلال بناء محرقة محلية الصنع مصنوعة من القرميد أو باستخدام برميل. وعلاوةً على ذلك، في حالات الطوارئ مثل تفشّي الأمراض المُعدِية، يرتفع حجم النفايات بسرعة ويلزم مراعاة ذلك عند اختيار تكنولوجيات معالجة النفايات.

5-1 المُوصَدات التي تعمل بالجاذبية لإحداث نبض تحت الضغط الآلي

تستفيد المُوصَدات التي تعمل بإزاحة الجاذبية لإحداث نبض تحت الضغط الآلي من خاصية خفة وزن البخار مقارنةً بالهواء. ويتم إدخال البخار تحت الضغط في الغرفة مع دفع الهواء إلى أسفل داخل إحدى فتحات منافذ الغرفة. وتستخدم هذه المُوصَدات إحداث نبض تحت الضغط للحدّ من خطر بقاء الهواء في الغرفة وإعاقة إزالة التلوث. وينطوي إحداث نبض تحت الضغط على ضغط البخار مراراً وتكراراً في المُوصَدة، ثم إطلاقه لطرد جيوب الهواء، دون توليد خواء. وكحد أدنى للمتطلبات، ينبغي تفريغ الهواء العادم والمكثفات في شبكة مجاري مغلقة، أو حفرة تشرُّب، أو من الناحية المثالية يتعين أن تكون المُوصَدة مجهّزة بمرشّح هواء جُسيمي عالي الكفاءة. ويجب الامتناع عن استخدام مُوصَدات بسيطة لإزاحة الجاذبية دون إحداث نبض تحت الضغط لأغراض الإزالة المأمونة لتلوث النفايات المعدِية، إذ ينطوي ذلك على خطر تعذُّر وصول البخار إلى هذه النفايات مما قد يؤدي إلى عدم إزالة تلوث النفايات (Stolze, Kühling 2009). وإحداث نبض تحت الضغط اليدوي ممكن، ولكنّ فعالية إزالة التلوث تعتمد إلى حد كبير على سلوك المشَغِّل.

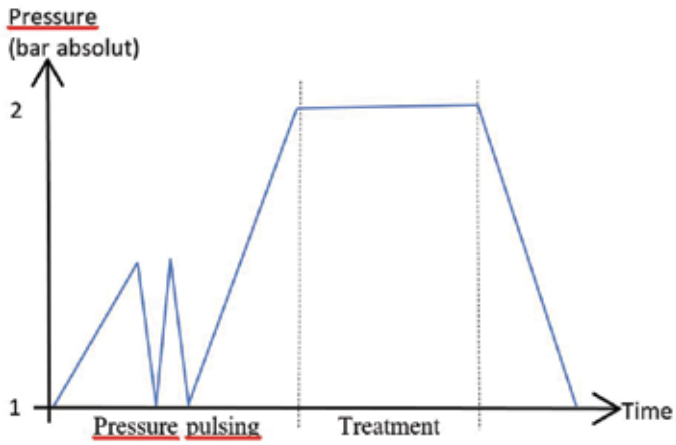
الجوانب الصحية والبيئية

على غرار النظم الأخرى القائمة على البخار، هذه عملية معالجة حرارية منخفضة الحرارة، ينتج عنها تلوث للهواء أقل بكثير من عمليات الحرق. ولا توجد حدود معيّنة لانبعاث الملوثات في أنظمة أجهزة التعقيم بالبخار المضغوط. غير أن هناك خطراً أكبر يهدد بعدم إزالة تلوث النفايات بالكامل إذا بقي الهواء داخل النفايات.

متطلبات التجهيز

- الكهرباء: 240/230/220 فولت
- توصيلات للمياه: اختيارية
- نوعية المياه اللازمة لتوليد البخار: منزوعة المعادن
- توصيلات للفضلات السائلة

الشكل 11 مُوصَدة تعمل بالجاذبية لإحداث نبض تحت الضغط



Credit: Ute Pieper

القدرات والاستهلاك

تتراوح القدرة من 5 إلى أكثر من 50 كغم في الساعة. ولا تتوفر بيانات عن الاستهلاك.

وينطوي استخدام المُوصَدات التي تعمل بالجاذبية لإحداث نبض تحت الضغط الآلي لأغراض معالجة النفايات المُعدِية والحادّة على المزايا والعيوب التالية:

المزايا	العيوب
✔ ضعف الآثار البيئية ✔ عدم وجود مُتبقّيات خطرة ✔ التوافق مع اتفاقية استوكهولم	✘ تحتاج إلى توصيلات كهربائية يعوّل عليها ✘ ترتبط كفاءة إزالة تلوث النفايات ارتباطاً وثيقاً بنوع النفايات المعالجة (قد لا تتم إزالة تلوث المواد ذات التجاويف الصغيرة والمواد المسامية)

2-5 خيارات الحرق

في حين أن التكنولوجيات غير القائمة على الحرق هي الخيارات المفضلة، يتعذر القيام بذلك في العديد من المرافق بالبلدان ذات الدخل المنخفض والمتوسط بسبب الافتقار إلى خدمات موثوقة في مجال المياه والطاقة وجمع النفايات الصلبة. إلا أنه ينبغي بذل جهود في جميع البلدان من أجل التحسين التدريجي لإدارة نفايات الرعاية الصحية والمشاركة في الجهود المبذولة على نطاق قطاعات متعددة لتعزيز تغيير النظم.

1-2-5 الحرق في غرف مزدوجة دون معالجة غازات الاحتراق

تتكون المحارق ذات الغرف المزدوجة دون معالجة غازات الاحتراق من غرفة احتراق أولية وغرفة ثانوية. وتتحلل النفايات حرارياً عبر عمليات احتراق متوسطة الحرارة ينتج عنها رماد صلب وغازات. ويتم حرق النفايات في غرفة الاحتراق الأولية عند 850 درجة مئوية أو أعلى. ويحافظ العديد من المحارق التي تعمل بالنفط أو الغاز على درجة الحرارة في الغرفة الرئيسية. ويتم توجيه الأبخرة الناتجة في الغرفة الأولية داخل غرفة ثانوية تحتوي على محرقة واحدة أو أكثر لإيصال درجة الحرارة إلى 1100-1200 درجة مئوية على النحو المطلوب للنفايات المكلورة مثل نفايات الرعاية الصحية. ولا تتم معالجة غازات الاحتراق الناتجة.

وبالنسبة إلى المحارق التي تكون ضوابط التحكم فيها عند الحد الأدنى، يجب أن يتولى مشَغِّل مدرَّب تدريباً جيداً مراقبة ومواءمة درجات حرارة الغرفة الأولية والثانوية، ومعدل الشحن، ومستويات الهواء في غرف الاحتراق الأولية والثانوية.

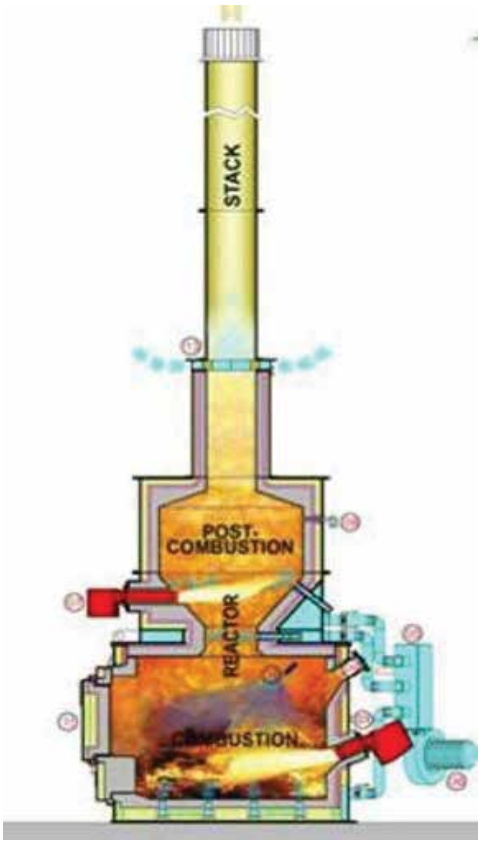
وينطوي استخدام المحارق ذات الغرف المزدوجة دون معالجة غازات الاحتراق على المزايا والعيوب التالية:

المزايا	العيوب
✔ قلة حجم النفايات ✔ المتبقيات الناتجة غير ملحوظة	✘ ارتفاع التأثير البيئي والصحي (الانبعاثات في الهواء وخطر الحروق) ✘ الرماد القاعي والمتطاير الناتج قد يكون خطيراً ✘ عدم التوافق مع اتفاقية استكهولم

الجوانب الصحية والبيئية

تطلق المحارق مجموعة واسعة من الملوثات، بما في ذلك الديوكسينات والفيورانات، إلى الغلاف الجوي. وتختلف الملوثات وفقاً لتكوين النفايات. وفضلاً عن ذلك، فإن متبقّيات رماد القاع تكون ملوثة عموماً بالديوكسينات والمركّبات العضوية القابلة للرشح والمعادن الثقيلة ويتعين معالجتها كنفايات خطرة. وينبغي التخلص من الرماد في مواقع مصمّمة للنفايات الخطرة، مثل خلايا معيّنة في أماكن مكيّفة هندسياً لدفن لنفايات، أو تغليفها ووضعها في مواقع مخصّصة للردم الأحادي، أو التخلص منها في الأرض داخل حُفَر للرماد.

الشكل 12 محرقة ذات غرفة مزدوجة



متطلبات التجهيز

- الكهرباء: 240/230/220 فولت
- نوع الوقود: ديزل، غاز

القدرات والاستهلاك

تتوافر محارق ذات حجرات مزدوجة من 5 إلى 500 كغم في الساعة، مع استهلاك للوقود من 3 إلى 65 لتراً في الساعة. وترد أدناه بعض الأمثلة في الجدول 4. ويتضمن زمن الدورة الوقت اللازم لإضافة النفايات ومعالجتها وإزالة النفايات. ويقدم الجدول أدناه بعض الأمثلة للقدرات والاستهلاك. ويستند الاستهلاك إلى حمولة كاملة:

القدرة (كغم/دُفعة)	15	20
زمن الدورة (دقائق)	60	60
استهلاك الديزل (لتر/دورة)	3	3

بيانات مُقَدّمة من: TTM e.V. – ألمانيا بشأن الحرق في غرف مزدوجة.

2-2-5 الحرق في غرف منفردة دون معالجة غازات الاحتراق

صُمِّمَت المحارق الصغيرة الحجم مثل المحارق ذات الغرفة الواحدة والاسطوانية والقرميدية لتلبية الحاجة الفورية إلى حماية الصحة العامة في حالة عدم وجود موارد لتنفيذ وصيانة تكنولوجيات أكثر تطوراً. ومع ذلك، يمكن أن تنبعث منها ديوكسينات وفيورانات أكثر بـ400 مرة من المعدل الموصى به في اتفاقية استكهولم والبالغ 0.1 نانوغرام/م^3 (Batterman 2004). ويمثل استخدام هذه التكنولوجيات حلاً توفيقياً بين الآثار البيئية وآثار الاحتراق على صحة الإنسان مع الحاجة الملحّة إلى حماية الصحة العامة حيث يكون البديل الوحيد هو إلقاء النفايات عشوائياً.

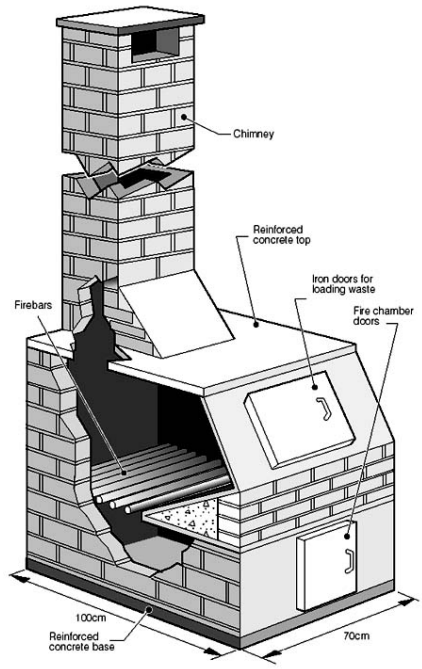
وينطوي استخدام المحارق ذات الغرف المنفردة دون معالجة غازات الاحتراق على المزايا والعيوب التالية:

المزايا	العيوب
✔ المُتبقّيات الناتجة غير ملحوظة ✔ قلة حجم النفايات	✘ الارتفاع البالغ للتأثير البيئي والصحي السلبي (انبعاثات عالية في الهواء) ✘ قدرة العوامل المُسَبِّبة للمرض على البقاء حية في هذه العملية ✘ الرماد القاعي والمتطاير الناتج قد يكون خطيراً ✘ عدم التوافق مع اتفاقية استكهولم

الجوانب الصحية والبيئية

تُطلق محارق نفايات الرعاية الصحية مجموعة واسعة من الملوثات في الغلاف الجوي، وفقاً لتكوين النفايات بما في ذلك الديوكسينات والفيورانات. ويمكن أيضاً تَبَيُّن عوامل مُسَبِّبة للمرض في المتبقّيات الصلبة وفي عوادم المحارق السيئة التصميم والتشغيل. وفضلاً عن ذلك، فإن متبقّيات رماد القاع تكون ملوّثة عموماً بالديوكسينات والمركّبات العضوية القابلة للرشح والمعادن الثقيلة ويتعين معالجتها كنفايات خطرة.

الشكل 13 الحرق في غرفة منُفردة (WEDC 2002)



WEDC, Emergency Sanitation - Assessment and Program Design, Figure 8.4 Permanent Incinerator, Loughborogh University, 2002

متطلبات التجهيز والتشييد

- مواد البناء:
  - أنواع قرميد ومِلاط مقاومة للصهر وصامدة للحرارة
  - أجزاء معدنية عالية الجودة من الفولاذ المقاوم للصدأ
- نوع الوقود: كتلة أحيائية (خشب، الأغلفة الخارجية لجوز الهند، وما إلى ذلك)

القدرات والاستهلاك

معظم المحارق ذات الغرف المُنفرَدة منخفضة التكلفة ولكنّ عمرها الافتراضي أقل من 5 سنوات أيضاً. وتتراوح القدرات من 5 إلى 50 كغم في الساعة، وتتوقف تكاليف الكتلة الأحيائية على السوق المحلية.

مشاكل متواترة الحدوث:

- التشغيل:
  - لا يتم تسخين المحرقة مسبقاً بواسطة كتلة أحيائية (درجات حرارة منخفضة – انبعاثات عالية).
  - الملء المفرط للمحرقة.
- اعوجاج الأبواب المؤدية إلى الفرن والإطارات، وانقباض المفصلات وتكسُّرها، وانفصال المجمّعات عن المِلاط.
- تشوّه المنافذ الشبكية أو تكسُّرها أو انسدادها.
- تآكل المداخن (مواسير الدخان) بشكل سيئ، وعدم ترابط دعامات المداخن (أسلاك الشدادات) بشكل كافٍ، أو تكسّرها، أو تفككها أو فقدانها.
- تصدّع مواد البناء والقرميد وخاصةً وصلات المِلاط.
- تلف شبكات الأسلاك أو فقدانها.

3-2-5 الحرق المفتوح

يغطي الحرق المفتوح طائفة واسعة من مختلف الممارسات غير المنضبطة لاحتراق النفايات، بما في ذلك حرائق التفريغ، والحرق في حُفَر والحرائق على تربة عادية/أرض مفتوحة. وفي حالات الطوارئ، يكون الحرق المفتوح هو أكثر الوسائل الصحية سهولة لتقليل حجم النفايات والتخلص من المواد القابلة للاحتراق. وينطبق هذا بصفة خاصة على الحالات التي لا تتاح فيها إمكانية التعامل المنظّم مع النفايات.

ولا تقدم هذه الوثيقة أي إرشادات بشأن ممارسات الحرق المفتوح لأنها تعترف بالأضرار البشرية والبيئية الناجمة عن الحرق المفتوح. وينبغي التقليل من هذه العملية إلى أدنى حد ممكنٍ والقضاء عليها في أقرب وقت وحيثما أمكن ذلك. ويتعين اعتبار الحرق المفتوح ملاذاً أخيراً عند عدم وجود طرق بديلة للتخلص أو الاستعادة بسبب عدم كفاية البنية التحتية، أو حيثما يلزم التخلص من النفايات الصحية لمكافحة الأمراض أو الآفات، أو في حالة الكوارث أو غيرها من حالات الطوارئ (برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2007، القسم السادس).

وينطوي الحرق المفتوح للنفايات المُعدِية والحادّة على المزايا والعيوب التالية:

المزايا	العيوب
✔ عدم الحاجة إلى بنية تحتية أو موارد محددة للطاقة/للمياه ✔ المتبقّيات الناتجة غير ملحوظة أساساً ✔ قلة حجم النفايات	✘ الارتفاع البالغ للتأثير البيئي والصحي السلبي (انبعاثات شديدة الارتفاع في الهواء) ✘ إمكانية وجود مُسَبّبات أمراض قابلة للحياة في الرماد والانبعاثات الناتجة. ✘ الرماد المتبقّي قد يكون خطيراً ✘ عدم التوافق مع اتفاقية استكهولم

الجوانب الصحية والبيئية

يعزز الحرق المنخفض الحرارة والاحتراق البطئ الداخن، الذي يعدّ نمطياً في الحرق المفتوح، تكوُّن مجموعة من المواد الكيميائية السامة والتي يُحتمَل أن تكون ضارة، بما في ذلك الديوكسينات والفيورانات. وتتشكّل هذه المركّبات أثناء الحرق المفتوح بغض النظر عن تكوين المادة المحترقة. ويمكن أن تنتقل المركّبات الناتجة من مصادر حرق مفتوح لمسافات طويلة وتترسّب على التربة، والنباتات، وفي الماء. كما يحتوي الرماد المتبقي في كومة الحرق أيضاً على ملوثات، قد تنتشر في التربة والماء. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يتسبّب الدخان والجسيمات المنبعثة من مصادر الحرق المفتوح للنفايات في مشاكل صحية تنفسية أخرى (برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2007، القسم السادس). وقد لا تُقتَل عوامل مُسبِّبة للمرض بفعل درجات الحرارة المنخفضة نسبياً في الحرق المفتوح، ويمكن أن تتفرّق في الهواء عبر الرماد وجسيمات أخرى.

متطلبات التجهيز

- مساحة متاحة في مُجَمّع مرافق الرعاية الصحية
- سطح أفقي عميق للمياه الجوفية بهدف الحدّ من خطر تلوث المياه الجوفية بدوافق مُنصبّة خطرة

القدرات والاستهلاك

لا ينطبق.

الملحق 1

الخيارات التكنولوجية

العمليات الحرارية المنخفضة الحرارة

تُستخدَم تكنولوجيات المعالجة القائمة على البخار على نطاق واسع لتدمير مُسَبِّبات الأمراض الموجودة في النفايات المُعدِية والحادّة باستخدام الحرارة (الطاقة الحرارية) لفترة محددة من الزمن، تبعاً لحجم الحمولة والمحتوى. وبصفة عامة، تعمل التكنولوجيات الحرارية المنخفضة الحرارة لمعالجة النفايات بين 100 و180 درجة مئوية، وتجري العمليات إما في بيئات رطبة أو حرارية جافة. وتتضمّن المعالجة الحرارية الرطبة (أو النَدِيّة) استخدام البخار لتطهير النفايات، وتتم عادةً في مُوصَدة أو نظام للمعالجة بالبخار (منظمة الصحة العالمية 2014). والمعالجة بالموجات الدقيقة والمعالجة الحرارية الاحتكاكية هما في الأساس عملية حرارية رطبة لأن التطهير يحدث من خلال عمل الحرارة الرطبة الناتجة عن طاقة الموجات الدقيقة أو بفعل الاحتكاك.

ولضمان إزالة تلوث المواد المُعدِية تماماً، يلزم التثبُّت من صحة العملية. وتتألف عملية التثبُّت من التحقق بطريقة معتمدة وموثّقة بوضوح من أن العملية تفي بالمتطلبات التي صُمِّمت من أجلها (منظمة الصحة العالمية 2016). وكجزء من هذا تُجرى اختبارات منتظمة باستخدام معايير الاختبارات البيولوجية والكيميائية والفيزيائية. ويتحدّد ذلك بدلالة قدرة الحرارة على اختراق حمولة النفايات. ويجب ضمان تعطيل البكتيريا النباتية، والفطريات، والفيروسات الأليفة للدهون/ الأليفة للماء، والطفيليات والمتفطّرات بمُعامِل اختزال 6 Log10 (أي تقليل عدد المجموعة الأولية من مليون كائن حي إلى ما يقرب من الصفر) أو أكثر ، وتعطيل بُوَيغات *Geobacillus stearothermophilus* أو بُوَيغات *Bacillus atrophaeus* بمُعامِل اختزال 4 Log10 أو أكثر (منظمة الصحة العالمية 2014). ويمكن التأكُد من تعطيل البكتيريا باستخدام مؤشرات بيولوجية قائمة بذاتها (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي 2010). وبجانب التثبُّت من صحة العملية، ينبغي استخدام مؤشرات كيميائية لكل دورة معالجة. وتبيّن المؤشرات الكيميائية التعرض عن طريق التغيرات الفيزيائية و/أو الكيميائية، وهي مصمّمة للتفاعل مع معيار واحد أو أكثر من معايير عملية إزالة التلوث مثل زمن التعرض، ودرجة الحرارة ووجود الرطوبة. ويثبت ذلك كفاءة إزالة تلوث النفايات في كل دورة وينبغي توثيقه.

ويمكن الجمع بين المعالجة المنخفضة الحرارة والأساليب الميكانيكية مثل التمزيق، والطحن، والخلط، والدمج لتقليل حجم النفايات، ولكنّ مثل هذه المعالجات لا تدمِّر العوامل المُسَبِّبة للمرض. ويمكن أن تعمل آلات التمزيق والخلاطات قبل المعالجة على تحسين معدل نقل الحرارة وزيادة المساحة السطحية للنفايات المراد معالجتها. ولا ينبغي استخدام الأساليب الميكانيكية في النفايات المُعدِية والحادّة قبل إزالة تلوث النفايات، إلا إذا كانت العملية الميكانيكية جزءاً من نظام مغلق يزيل تلوث غرفة العملية الميكانيكية والهواء قبل إطلاقه إلى البيئة المحيطة. وتتسم الأساليب الميكانيكية بميزة تقليل حجم النفايات، وجعلها غير ملحوظة ولا يمكن إعادة استخدامها. غير أن استخدام المعالجة الميكانيكية يزيد من تكاليف الاستثمار والتشغيل والصيانة.

العمليات القائمة على المواد الكيميائية

يمكن أيضاً إزالة تلوث النفايات المُعدِية باستخدام المواد الكيميائية. ويمكن أن تكون المعالجة الكيميائية للنفايات المُعدِية الصلبة إشكالية بسبب تفاوت الفعالية الكيميائية استناداً إلى خصائص الحمولة وتولُّد نفايات سائلة سامة. وتعتمد سرعة وكفاءة إزالة التلوث الكيميائي على ظروف التشغيل، بما في ذلك نوع المطهر الكيميائي المستخدم، وتركيزه، ووقت الملامسة بين المطهر والنفايات، ومدى الملامسة، والحمل العضوي للنفايات، ودرجة حرارة التشغيل، والعوامل التي قد تؤثر على فعالية المطهر مثل الرطوبة ودرجة الحموضة. ولا تُعتبَر النظم اليدوية التي تستخدم التطهير الكيميائي طريقة موثوقة لمعالجة النفايات (منظمة الصحة العالمية 2014). وينبغي تحييد المواد الكيميائية المستخدمة قبل إطلاقها من النظام. وقد أصبح نقع النفايات المُعدِية والحادّة في محاليل كلوريّة أقل استخداماً بسبب الشواغل المتعلقة بالسلامة البيئية والمهنية (برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2012a). ولا تتضمن هذه الوثيقة سوى أساليب تطهير كيميائي آلية بالكامل تأخذ في الاعتبار سلامة العاملين والبيئة وتراقب التركيز الكيميائي باستمرار.

حرق النفايات

الحرق هو عملية أكسدة جافة تختزل النفايات العضوية والقابلة للاحتراق إلى مادة غير عضوية وغير قابلة للاحتراق وتسفر عن خفض كبير لحجم النفايات ووزنها. ويطلق حرق نفايات الرعاية الصحية دون معالجة غازات الاحتراق مجموعة واسعة من الملوثات إلى الغلاف الجوي، وفقاً لتكوين النفايات. وقد تشمل هذه الملوثات مواد جسيمية مثل الرماد المتطاير، وفلزات ثقيلة (الزرنيخ، والكادميوم، والكروم، والنحاس، والزئبق، والمنغنيز، والنيكل، والرصاص)، وغازات حمضية (كلوريد الهيدروجين، فلوريد الهيدروجين، ثاني أكاسيد الكبريت، أكاسيد النيتروجين)، وأول أكسيد الكربون، ومركبات عضوية (بما في ذلك الديوكسينات والفيورانات، البنزين، رباعي كلوريد الكربون، الكلوروفينولات، ثلاثي الكلوروإيثيلين، التولوين، الزيلينات، ثلاثي كلورو–ثلاثي فلورو الإيثان، الهيدروكربونات

العطرية المتعددة الحلقات، كلوريد الفينيل). وإذا تم حرق النفايات الطبية في ظروف لا تمثل أفضل التقنيات المتاحة أو أفضل الممارسات البيئية، فهناك إمكانية لإطلاق الديوكسينات والفيورانات بتركيزات عالية نسبياً، علماً بأن الديوكسينات والفيورانات تراكمية بيولوجياً وسامة.

ويمكن أيضاً تَبَيُّن عوامل مُسَبّبة للمرض في المتبقِّيات الصلبة وفي غازات العادم والجسيمات المنبعثة من المحارق ذات التصميم الرديء والتشغيل السيئ. وفضلاً عن ذلك، فإن متبقّيات رماد القاع يمكن أن تكون ملوّثة بالديوكسينات، والمركّبات العضوية القابلة للرشح، والفلزات الثقيلة ويتعين معالجتها كنفايات خطرة (برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2012a). ولمنع انطلاق انبعاثات خطرة وتولُّد رماد قاعي ومتطاير خطر، ينبغي معالجة النفايات المُعدِية والحادّة وإزالة تلوثها بواسطة تكنولوجيات بديلة غير قائمة على الحرق (برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2003).

المراجع ومصادر معلومات إضافية

Batterman (2004). Assessment of small-scale incinerators for health care waste. Available from: (http://www.who.int/immunization_safety/publications/waste_management/en/assessment_SSIs.pdf accessed July 2017)

Stolze, Kühling (2009). Treatment of infectious waste: development and testing of an add-on set for used gravity displaced autoclaves. Waste Management and Research.

UNDP (2010). Guidance on Microbiological Challenge Testing for Medical Waste Autoclaves. (http://www.lvif.gov.lv/uploaded_files/UNDP/Dokumenti/EN_Guidance_on_Microbiological_Challenge_Testing_for_Medical_Waste_Autoclaves.pdf accessed August 2017)

UNEP (2012a). Compendium of Technologies for Treatment/Destruction of Health care Waste. (https://www.unenvironment.org/resources/report/compendium-technologies-treatmentdestruction-health care-waste accessed December 2016).

UNEP (2012b). Application of the Sustainability Assessment of Technologies Methodology: Guidance Manual. (https://wedocs.unep.org/rest/bitstreams/17340/retrieve(https://wedocs.unep.org/rest/bitstreams/17340/retrieve accessed January 2016).

UNEP (2007). Guidelines on Best Available Techniques and provisional guidance on Best Environmental Practices relevant to Article 5 and Annex C of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutant. (http://chm.pops.int/Implementation/BATandBEP/BATBEPGuidelinesArticle5/tabid/187/Defaultspx accessed January 2017).

UNEP (2004). Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. (http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/tabid/3351/Default.aspx(http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/tabid/3351/Default.aspx accessed June 2016).

UNEP (2003). Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of Biomedical and Health care Waste. (http://archive.

basel.int/pub/techguid/tech-biomedical.pdf(http://archive.basel.int/pub/techguid/tech-biomedical.pdf accessed January 2017.

USEPA (1999). Wastewater Technology Fact Sheet: Ozone Disinfection. Document no: EPA 832-F-99-063 (https://www3.epa.gov/npdes/pubs/ozon.pdf accessed August 2017).

WEDC (2002). Emergency Sanitation. Water, Engineering and Development Centre Loughborough University Leicestershire. Loughborough University. (http://wedc.lboro.ac.uk/resources/books/Emergency_Sanitation_-_Complete.pdf accessed January 2017)

WHO (2016). Decontamination and reprocessing of medical devices for health care facilities. (http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/250232/1/9789241549851-eng.pdf accessed March 2017).

WHO (2014). Safe management of wastes from health care activities. World Health Organization, Geneva. (http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/wastemanag/en/ accessed January 2017).

WHO (2007). WHO core principles for achieving safe and sustainable management of health care waste. World health Organization, Geneva. (http://www.who.int/water_sanitation_health/medicalwaste/hcwprinciples.pdf accessed January 2017)

WHO (2004). Safe health care waste management: Policy paper. World Health Organization, Geneva. (http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/hcwmpolicy/en/ accessed February 2017).

WHO (2019). World Health Assembly Resolution on Water, Sanitation and Hygiene in Health Care Facilities. WHA 72.7. (https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA72/A72_R7-en.pdf accessed 24 June 2019).

WHO UNICEF (2019). WASH in health care facilities. Global baseline report. World Health Organization, Geneva. (https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/wash-in-health-care-facilities-global-report/en/ accessed 24 June 2019).

WHO UNICEF (2019) Water, sanitation and hygiene in health care facilities. Practical steps for universal access to quality care. World Health Organization, Geneva. (https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/wash-in-health-care-facilities/en/ accessed 24 June 2019).

معلومات وموارد إضافية

الرابطة الدولية للنفايات الصلبة (ISWA) هي رابطة غير حكومية ومستقلة وغير ربحية بموجب قوانين، وتتبع بيان المهمة المتمثلة في تعزيز وتطوير الإدارة المهنية للنفايات في جميع أنحاء العالم كمساهمة في التنمية المستدامة. ويعمل الفريق العامل المعني بنفايات الرعاية الصحية على تعزيز توفير البنية التحتية المتكاملة للإدارة الآمنة لنفايات الرعاية الصحية على مستوى العالم، في إطار الأهداف والأنشطة ووسائل التنفيذ التي حددها جدول أعمال القرن 21 لمؤتمر الأمم المتحدة للبيئة والتنمية:
https://www.iswa.org/iswa/iswa-groups/working-groups/working-groups/wg/show_details/working-group-on-healthcare-waste/

ويمكن الاطّلاع على قاعدة بيانات عن **تكنولوجيات نفايات الرعاية الصحية البديلة غير القائمة على الحرق والمصَنَعين** على الرابط: http://www.medwastetech.info

كما يمكن الاطّلاع هنا على تفاصيل عن تكنولوجيات معالجة النفايات، بما في ذلك القدرات والتكاليف الرأسمالية:
.https://www.healthcare-waste.org/resources/technologies/

وبالإضافة إلى ذلك، توفر **بوابة منظمة الصحة العالمية واليونيسيف للمعارف** المتعلقة بالمياه والصرف الصحي والنظافة العامة في مرافق الرعاية الصحية
(www.washinhcf.org) مزيداً من المعلومات عن النُهُج والأدوات اللازمة لتحسين الإدارة المأمونة لنفايات الرعاية الصحية.

For more information, please contact:

Water, Sanitation, Hygiene and Health Unit
Department of Public Health, Environmental and Social
Determinants of Health
World Health Organization
Avenue Appia 20
CH1211- Geneva 27
Switzerland