

النوع الثاني :التقنيات الحديثة

يتم تطبيق العديد من الاستراتيجيات الحديثة للتعامل مع النفايات الصلبة. وتستخدم هذه التقنيات في الغالب في البلدان المتقدمة في العالم. وتشمل استراتيجيات إدارة النفايات المتقدمة مايلي:

تقنيات الجمع والنقل

تتضمن عملية جمع ونقل النفايات الصلبة البلدية الحديثة العديد من الخطوات الفنية والتقنيات الناشئة في نظام إدارة النفايات المتكامل. يؤدي تداخل تكنولوجيا المعلومات مع نظام إدارة النفايات إلى ظهور العديد من التقنيات المبتكرة في طريق التنمية المستدامة. تتم مناقشة أحدث التقنيات بما في ذلك نظام التجميع تحت الأرض وتكنولوجيا GIS المستندة إلى الويب ونظام مراقبة صناديق النفايات باستخدام GSM وضغطات النفايات

1- نظام التجميع تحت الأرض

التقنيات الجديدة لتخزين النفايات هي أنظمة تخزين تحت الأرض وشبه تحت الأرض. في هذه التقنيات يتم استبدال صناديق النفايات أو الحاويات بنقاط تجميع تحت الأرض. يتضمن ذلك وضع حاوية بلاستيكية في حفر بعمق 2-3 أمتار مع مدخل واحد فقط في البيئة. يتم جمع ونقل النفايات باستخدام أنواع خاصة من الشاحنات. تستخدم هذه الأنواع من الحاويات في العديد من دول العالم منذ سنوات. لديهم نطاق واسع جدًا من التطبيقات من المواد القابلة لإعادة التدوير إلى النفايات العضوية والزيوت. التكنولوجيا مفيدة للمناطق ذات الظروف المناخية الحارة للغاية حيث سيتم تخزين النفايات تحت الأرض في درجات حرارة منخفضة نسبيًا. من ناحية أخرى، تتطلب التكنولوجيا صيانة أقل وهي مقبولة من الناحية الجمالية.

2- تقنية نظم المعلومات الجغرافية المستندة إلى الويب

تقنية نظم المعلومات الجغرافية المستندة إلى الويب (Web GIS) هي تقنية تجمع بين نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والويب لتوفير خدمات جغرافية على الإنترنت. يتم استخدام هذه التقنية لتحليل وعرض البيانات الجغرافية من خلال الإنترنت، مما يسمح للمستخدمين بالوصول إلى المعلومات الجغرافية من أي مكان وفي أي وقت باستخدام متصفح الإنترنت.

في سياق جمع النفايات، تقوم تقنية نظم المعلومات الجغرافية المستندة إلى الويب بتوفير حل متكامل وفعال للبلديات لإدارة دورة النفايات بشكل شامل. فهي تساعد في تتبع النفايات منذ نقطة الإنتاج (مثل المنازل أو المصانع) حتى محطات إعادة التدوير أو مكبات النفايات. من خلال استخدام هذه الأنظمة، يمكن للبلديات تحسين عدة جوانب من عملية جمع النفايات، مثل:

1. تحسين الكفاءة: يمكن أتمتة وتحسين مختلف مراحل دورة النفايات، مثل جدولة جمع النفايات، تحديد مسارات جمع النفايات الأكثر كفاءة، وتقليل التكاليف المرتبطة بالجوانب اللوجستية.
2. التتبع والمراقبة: يتم تتبع النفايات بشكل كامل من خلال النظام، مما يسهل على البلديات التأكد من فصل النفايات بشكل صحيح وتحقيق أهداف إعادة التدوير.

3. التحليل البيئي: يساعد النظام في تقييم التأثير البيئي لعمليات جمع النفايات (يتيح النظام تحليل التأثير البيئي للأنشطة المتعلقة بالنفايات مثل جمعها، نقلها، معالجتها، والتخلص منها. يتم فحص العوامل مثل انبعاثات الغاز، التلوث، التدهور البيئي، واستهلاك الموارد الطبيعية أثناء هذه العمليات.)، بما في ذلك تحديد المناطق التي يمكن أن تحقق أفضل نتائج في فصل النفايات (من خلال تحليل البيانات الجغرافية، يمكن تحديد المناطق التي تحتاج إلى تحسين في فصل النفايات بشكل أفضل. على سبيل المثال، يمكن استخدام النظام لتحليل أنماط إنتاج النفايات في مختلف المناطق الجغرافية وتحديد الأماكن التي قد تكون أكثر قدرة على الفصل الفعال للنفايات بناءً على عوامل مثل كثافة السكان، نوع النفايات، ومدى الوعي البيئي في المجتمع).

4. الشهادات والامتثال: يوفر النظام تقارير دقيقة ودليلاً يمكن للبلديات استخدامه لتوثيق وفحص سير العمليات وضمان الامتثال للمعايير البيئية.

من خلال تطبيق هذه التقنية، تمكنت العديد من الدول مثل إيطاليا من تحسين فعالية جمع النفايات وفصل المصدر لإعادة التدوير، مما أدى إلى زيادة الكفاءة بنسبة تصل إلى 80%.

3- تقنية مراقبة سلة النفايات باستخدام نظام الهاتف المحمول العالمي (GSM)

إن الجمع بين تقنية Zigbee و GSM هو أحدث اتجاه في مجال جمع النفايات. في هذه التقنية يتم وضع أجهزة الاستشعار في صناديق القمامة العامة للكشف عن مستوى معين من النفايات. عندما تصل القمامة إلى مستوى الحد الأقصى، سيتم إعطاء إشارة إلى وحدة التحكم التي ستعطي إشارة أخرى لسائق شاحنة الجمع لتفريغ الصندوق على وجه السرعة. سيتم إرسال الإشارة إلى السائق من خلال الرسائل القصيرة باستخدام GSM

4- شاحنات جمع القمامة المدمجة

في العديد من البلدان النامية، بسبب الطرق الضيقة والمزدحمة، يتم استخدام شاحنات جمع القمامة الصغيرة. وقد أدخلت أحدث التقنيات مكابس القمامة في شاحنات التجميع من أجل زيادة سعة جمع السيارة. مع التعديل المستمر حاليًا، حققت هذه الشاحنات معدل ضغط مرتفع حيث يمكنها حمل 1.5 مرة من النفايات أكثر مقارنة بشاحنات الأكوام المسطحة. لا تعمل التكنولوجيا على زيادة سعة التجميع فحسب، بل تزيد أيضًا من كفاءة الوقود وهو أمر أكثر جدوى بيئيًا واقتصاديًا. يعمل الباحثون على إدخال محرك كهربائي وشاحنات جمع من النوع الهجين للتغلب على مشاكل مثل انبعاثات الغازات المسببة للانحباس الحراري وتلوث الهواء.

تقنيات الفصل والفرز

بعد جمع النفايات البلدية الصلبة، فإن الخطوة الثانية التي ينطوي عليها نظام إدارة النفايات البلدية الصلبة هي فرز أو فصل أنواع مختلفة من النفايات لمزيد من المعالجة. ومن بين جميع الخطوات، فإن الفرز هو الخطوة الحاسمة لإعادة الاستخدام وإعادة التدوير. تتضمن أحدث التقنيات لفرز النفايات البلدية الفرز البصري، والفرز بالتيار الدوامي، والحاويات متعددة المقصورات، وتقنيات الفرز القائمة على المستشعرات البصرية.

1- حاويات متعددة المقصورات

في الآونة الأخيرة، تستخدم الدول المتقدمة مثل السويد صناديق متعددة المقصورات لفصل النفايات حسب المصدر. تحتوي هذه الأنواع من صناديق النفايات على مقصورات منفصلة لأنواع مختلفة من النفايات. من خلال هذه الطريقة، يمكن فصل النفايات العضوية والورقية والقابلة لإعادة التدوير في مكان التوليد، بينما يمكن إعادة تدوير المواد القابلة لإعادة التدوير أو إعادة استخدامها، حيث يمكن من خلال هذه الطريقة تجنب التلوث.

2- الفرز البصري

لقد ظهرت هذه التقنية بسرعة منذ السنوات القليلة الماضية. يتم فرز أنواع مختلفة من البلاستيك والمركبات والنفايات الأخرى بمساعدة الكاميرات الحساسة للألوان وأجهزة استشعار الأشعة فوق البنفسجية والتحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء. وبمساعدة أجهزة الاستشعار، يتم تحديد موضع مكونات النفايات المختلفة. يستخدم هذا النوع من الفرز بشكل شائع لنفايات الزجاج. تضمنت أحدث التقنيات الفرز البصري الفصل بالليزر وهو مكلف نسبيًا.

3- نظام فرز الزجاجات الأوتوماتيكي

تُستخدم هذه التقنية على نطاق واسع في عدد من الدول المتقدمة مثل اليابان لتحسين عملية إعادة تدوير الزجاج وتقليل حجم النفايات، مما يساهم في استدامة البيئة. وهي تتألف من آلة تحديد الحجم والمحاذاة، إلى جانب أجهزة استشعار تحديد اللون. ويتمثل دور آلة تحديد الحجم في تقسيم الزجاجات وفقًا للحجم أو أبعاد الزجاجات ثم يتم إرسالها إلى آلة استشعار اللون ثم الحزام الناقل. يتم تقطيع الزجاجات من كل لون وإعداد كسر الزجاج. من خلال هذا يتم تقليل حجم النفايات ويمكن استخدام كسر الزجاج في مجالات مختلف.

4- الفرز الآلي

تتحول مصانع الفرز الحديثة إلى أنظمة فرز تعتمد على أجهزة استشعار لتحسين كفاءة الفرز. وقد أعفت هذه التكنولوجيا خيارات الفرز اليدوي. وهذه التكنولوجيا مفيدة لأنها تتمتع بمعدل استرداد مرتفع وتكلفة تشغيل منخفضة وقدرة عالية على إعادة التنظيم. ويمكن لهذه العملية تحويل القمامة غير المفيدة إلى منتج مفيد للغاية، مما قد يقلل من البصمة الكربونية والانبعاثات.

تقنيات تقليل ومعالجة والتخلص من النفايات

1- إعادة التدوير وإعادة الاستخدام

أفضل ممارسات الإدارة هي تنفيذ مفهوم 3Rs (Reduce, Reuse, and Recycle)، حيث تحولت الدول المتقدمة إلى هذا المفهوم منذ عقود، بينما لا تزال الدول النامية تعمل عليه. النفايات الصلبة البلدية عبارة عن مزيج من مكونات مثل الورق، البلاستيك، الزجاج، المعادن، الأقمشة، الأثاث وغيرها، والتي يمكن إعادة تدويرها وإعادة استخدامها في أوقات معينة. إن إعادة التدوير إحدى الطرق المتبعة في التخلص من النفايات الصلبة وتعد من أكثر الوسائل استدامة لإدارة النفايات الصلبة؛ حيث يتم فصل النفايات وفرزها وإعادة

استخدام ما يمكن استعادته. وتعد هذه الطريقة شكلاً من أشكال التعاون المجتمعي في عملية إدارة النفايات؛ حيث إن حملات التوعية التي تقوم بها الجهات الرسمية واستجابة المواطنين والمصانع والقطاعات المختلفة وتشاركتها تعد من أسباب نجاح هذه الطريقة في التخلص من النفايات الصلبة وإعادة استخدامها بشكل صحيح. وتعتبر هذه الطريقة إحدى الطرق الناجعة في الحفاظ على الموارد في الدول التي تعاني من شح الموارد والمواد الخام اللازمة للتصنيع، كما تساهم في تقليل وتخفيض حجم النفايات الواجب التخلص منها بالطرق الأخرى. إلا أن تعدد المراحل المتبعة في هذه العملية من توعية وفرز وتجميع وإعادة تصنيع تعد من سلبيات هذه العملية، ناهيك عن ارتفاع فاتورة الطاقة اللازمة أحياناً لعملية إعادة التدوير، بالإضافة إلى المخاطر من الانبعاثات المصاحبة لها.

1- استعادة الطاقة

الخطوة الأخيرة قبل التخلص من النفايات هي استعادة الطاقة. حيث تمر جميع بقايا النفايات بعد عمليات الفرز وإعادة الاستخدام وإعادة التدوير في مرحلة استعادة الطاقة. يتم تصنيف أحدث تقنيات استعادة الطاقة إلى فئتين هما تقنيات التحويل الحراري وتقنيات التحويل الحيوي. توفر تحويل النفايات إلى طاقة (WTE) بديلاً متجدداً للطاقة في العالم.

• التحويل الحراري

هذه تقنية تستخدم الماء أو الحرارة أو الضغط لتحويل النفايات العضوية وغير العضوية إلى مواد كيميائية ومركبات مفيدة. تخضع المواد الخام مثل البلاستيك والإطارات وبقايا المحاصيل لنظام المعالجة الحرارية التي تحولها إلى جزيئات مفيدة من غاز قابل للاحتراق، زيوت، ومنتجات مفيدة أخرى. ومن خلال هذه الطرق، يتم تحويل المعادن الثقيلة أيضاً إلى أكاسيد غير ضارة. وقد تم استخدام التقنيات الحرارية مثل الحرق منذ عقود لتحويل النفايات إلى طاقة، ومع التقدم في التكنولوجيا في السنوات السابقة، تم تقديم العديد من أحدث تقنيات المعالجة الحرارية وسيتم مناقشة بعضها بمزيد من التفصيل.

أ- تقنيات المعالجة الحرارية المتقدمة

لقد تم تقديم تقنيات المعالجة الحرارية المتقدمة في السنوات الأخيرة لتحويل النفايات الصلبة إلى طاقة بكفاءة ودون تلوث. وقد تضمنت هذه التقنيات التحلل الحراري والتغويز وتم استبعاد الحرق. ففي الوقت الحاضر، يتم استخدام الحرق كتقنية معالجة وليس كتقنية لتوليد الطاقة. وذلك لأن نظام الحرق الجماعي هذا يحول المحتوى العضوي للنفايات البلدية إلى حرارة، مع انبعاث ثاني أكسيد الكربون والماء، اللذين لا قيمة لهما كوقود، كما أن انبعاث الغازات المسببة للانحباس الحراري يشكل مشكلة حقيقية.

1- الانحلال الحراري

هو التحلل الحراري للمادة في غياب الأكسجين. بالمقارنة مع الحرق، فإن التحلل الحراري هو تحويل النفايات إلى وقود سائل أو غازي مع بقايا مزيج من المواد غير القابلة للاحتراق والكربون. تتراوح درجة الحرارة المطلوبة للعملية بين 300-800 درجة مئوية. يُعرف الغاز الناتج باسم الغاز الاصطناعي وهو مزيج من المركبات العضوية المتطايرة وأول أكسيد الكربون والهيدروجين والميثان. تُستخدم الغازات المتطايرة

والسوائل المتطايرة بكفاءة لتشغيل محرك بخاري. يستخدم الغاز الاصطناعي المبرد على نطاق واسع كوقود سائل.

2- التغويز

هو تفاعل حراري مع عدم وجود كمية كافية من الأكسجين لتفاعل جميع الهيدروكربونات (مركبات الكربون والهيدروجين وجزئيات الأكسجين) مع ثاني أكسيد الكربون والماء. فهو عملية أكسدة جزئية تنتج غازاً مركباً يتكون في المقام الأول من الهيدروجين (H_2) وأول أكسيد الكربون (CO) وثاني أكسيد الكربون (CO_2) والميثان (CH_4). قد يكون المؤكسد هو الهواء أو الأكسجين النقي و/أو البخار. وهي عملية تقع بين الاحتراق والتحلل الحراري. تتراوح ظروف التغويز بين 700-1600 درجة مئوية. والمنتجات هي نفسها تقريباً مثل التحلل الحراري؛ الغاز الاصطناعي والرماد المنخفض الكربون. يعد التغويز خياراً موثقاً به لأنه يلبي معايير الانبعاثات الحالية ويساعد في الحفاظ على استدامة مكبات النفايات. يتم تغذية المواد الخام في أجهزة التغويز مع كمية محدودة من الهواء. تتطلب العديد من عمليات التغويز اللاحقة تنظيف الغاز الاصطناعي من مستوى الشوائب.

تتميز أنواع مختلفة من طرق تحويل النفايات إلى غاز على أساس وسط الأكسجين، ومن بينها تحويل النفايات إلى غاز بالبخر وتحويل النفايات إلى غاز بالبلازما. وفي الآونة الأخيرة، تم تطوير العديد من التقنيات الجديدة مثل تحويل النفايات إلى غاز بالدوبان البلازما.

ب- التغويز البلازما والتحلل الحراري البلازما

هو عملية تحويل المواد العضوية إلى غازات قابلة للاحتراق باستخدام البلازما (وهي حالة رابعة للمادة تتميز بأن الجزيئات فيها مشحونة كهربائياً، يُمكن وصف البلازما بأنها غاز متأين، حيث تكون الجزيئات أو الذرات فيه قد فقدت أو اكتسبت إلكترونات، مما يؤدي إلى تكون أيونات موجبة وأخرى سالبة). يتم استخدام درجات حرارة عالية جداً، تتراوح بين 3000 و 5000 درجة مئوية، لتحطيم المواد إلى مكونات أبسط مثل الغازات أو السوائل. هذه العملية تساعد في تحويل النفايات إلى غازات قابلة للاحتراق، مما يمكن استخدامها لتوليد الطاقة أو للحد من النفايات. البلازما تعمل على تكسير الروابط الكيميائية للمادة بشكل فعال.

ج- الوقود المشتق من النفايات (RDF)

تم الاستفادة من تسويق النفايات بإنتاج الوقود المستعاد لجعل النفايات مفيدة. يشير الوقود المستعاد عمومًا إلى النفايات البلدية الصلبة المعالجة، والتي هي في الأساس جزء من النفايات عالية السعرات الحرارية المنفصلة. لفصل النفايات، يتم تصنيفها في المعالجة الميكانيكية-البيولوجية ومن ثم يتم تسميتها بالوقود المستعاد. الوقود الصلب المستعاد هو مصطلح جديد أصبح مشهوراً في أوروبا تخضع النفايات البلدية الصلبة التي تصل إلى المصنع لعدة خطوات من المعالجات والعمليات. أولاً، يتم إزالة العلب الفولاذية والأشياء المغناطيسية من التيار الرئيسي من خلال فاصل مغناطيسي ثم تجمع النفايات في آلة التقطيع التي تقطع النفايات، من أجل

تقليل أحجامها. ثم يتم نقل هذه المواد المقطعة إلى برج الهضم حيث يتم حفظ هذه النفايات لمدة (تقريباً من 6 إلى 8) أيام. في الأيام الأربعة الأولى، يتم الاحتفاظ بالنفايات في درجة حرارة تتراوح بين 60 و 65 درجة مئوية، ثم يتم زيادتها إلى 70 درجة مئوية لمدة يومين آخرين. ونتيجة لذلك، يتم تثبيت الجزء العضوي من النفايات، وبالتالي تختفي حتى أصغر آثار المركبات البيولوجية. يتم فصل النفايات إلى ثلاثة أحجام مختلفة أصغر من 8 مم، ثم بين 8 إلى 16 مم وأخيراً أكبر من 16 مم.

د- تقنية السرير المميع

هي تقنية تستخدم في معالجة المواد أو التفاعلات الكيميائية حيث يتم تحويل مادة صلبة (مثل الحبيبات أو المسحوق) إلى حالة تشبه السائل باستخدام تيار من الغاز أو الهواء يمر من أسفل السرير المليء بالمادة الصلبة. هذه التقنية تجعل المادة الصلبة "مميعة"، مما يعني أنها تتحرك بحرية وتتصرف مثل السائل، وتسمح تستخدم مفاعلات الفراش المائع لتغويز النفايات. يتفاعل أكثر كفاءة بين المادة الغازية والمادة الصلبة المصنفة بدقة. يكون محرق الفراش المائع على شكل أسطوانة رأسية

