أعادة تدويـر المـواد الصلبـة

النفايات الصلبة Solid waste : تعني أي قمامة أو نفايات أو حمأة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي أو محطة معالجة إمدادات المياه أو منشأة مكافحة تلوث الهواء وغيرها من المواد المهملة بما في ذلك المواد الغازية أو السائلة المحتوية على مواد صلبة أو شبه صلبة وتكون ناتجة عن الصناعة والتجارة والتعدين والعمليات الزراعية ومن الأنشطة البشرية، لكنها لا تشتمل على مواد صلبة أو مذابة في مياه الصرف الصحي المحلية، أو مواد صلبة أو مذابة في تدفقات مياه الري أو التصريفات الصناعية. يمكن أن تكون النفايات الصلبة مواد غازية صلبة أو سائلة أو شبه صلبة أو معبأة بالحاويات.

تعتبر المواد التالية من المخلفات الصلبة القابلة للتدوير في حالة التخلص منها كما هي :اطارات النفايات وخردة المعادن وأنواع الدهانات والأصباغ وأثاث ولعب الأطفال والقمامة والأجهزة والمركبات وبعض المركبات النفطية والعلب الفارغة واسطوانات الغاز المضغوط وأنقاض البناء والهدم والاسبستوس والأطارات المستهلكة التالفة، لكن هناك مخلفات صلبة أو شبه صلبة في حال تم تفريغها أو إيداعها أو حقنها أو إلقائها أو إنسكابها أو تسريبها أو وضعها في أو على أي أرض أو مياه حتى تدخل هذه المادة أو أي مكون منها إلى البيئة أو تنبعث في الهواء أو تصب في المياه الجوفية أو المياه السطحية ومن ثم تغير شكلها فأن هذه المخلفات لايستفاد منها بسبب تغير تكوينها الكيمياوي وبالتالي صعوبة أعادة تدويرها، الا أنه قد يستفاد منها لأغراض أخرى على سبيل المثال حرق الأخشاب أو المخلفات الزراعية من الأشجار بعد جفافها تستخدم كوقود لغرض استرداد الطاقة التي تكون صالحة للاستخدام، أو قد يستفاد منها كيميائيا بعد طمرها حسب ظروف معينة وبالتالي تحولها الى أسمدة البيتموس أو الأسمدة العضوية الأخرى أو بيولوجيا مثلما شاهدنا في محطة التصفية الأولية للمياه الثقيلة في منطقة حمدان كيفية الأستفادة من مادة الحمأة (slag) .

النفايات الصلبة منها غير الملوثة الناتجة عن بناء وإعادة تصميم وهدم بعض المباني والطرق، أو قد تكون ناتجة عن تطهير الأرض، وتشمل هذه النفايات على سبيل المثال لا الحصر الطابوق والخرسانة ومواد البناء الأخرى والتربة والصخور والخشب (ومن ضمنها المنتجات الخشبية والخشبية المطلية) وحطام إزالة الأراضي، وأغطية الجدران، والجص، والجدران الجافة، والسباكة، وعازلات الأسبستوس ، وألواح التسقيف وأغطية الأسقف الأخرى ، الرصف الإسفلتي ، والزجاج ، والبلاستيك غير محكمة الغلق بطريقة تخفي النفايات الأخرى ، أو الجرافات الفارغة التي يبلغ حجمها عشرة جالونات(الجالون يعادل 3.8لتر)أو أقل في الحجم ، والحاوية على بقايا مواد لاتزيد عن بوصة واحدة (2.5 سم) المتبقية

في القاع وكذلك الأسلاك الكهربائية والمكونات التي لا تحتوي على سوائل خطرة ، والأنابيب والمعادن التي تكون عرضية لأي من العمليات السابق ذكرها .

النفايات الصلبة التي لا تشكل حطاماً (حتى لو كانت ناتجة عن البناء وإعادة تصميم وإصلاح وهدم المرافق والبنى والطرق وتطهير الأرض) تشمل ، على سبيل المثال لا الحصر ، نفايات الأسبستوس ، والقمامة ، وحاويات الكرتون المموج ، والتركيبات الكهربائية التي تحتوي على مواد خطرة. السوائل مثل كوابح إضاءة الفلورسنت أو المحولات ، مصابيح الفلورسنت ، السجاد ، الأثاث ، الأجهزة ، الإطارات ، الحاويات التي يزيد حجمها عن عشرة جالون ، أي حاويات تحتوي على أكثر من بوصة واحدة من البقايا المتبقية في القاع وخزانات الوقود.

نلاحظ بصورة عامة أيا كانت نوعية النفايات أو المخلفات الصلبة فأن جمعها ومعالجتها والتخلص منها (سواء كانت مفيدة أو ضارة) يمكن أن تؤدي إلى ظروف غير صحية ، والتي تؤدي بدورها إلى تلوث البيئة وإلى تفشي الأمراض المنقولة عن طريق القوارض والحشرات وبالتالي تمثل مهام إدارة النفايات الصلبة تحديات تقنية معقدة ،كما أنها تشكل مجموعة واسعة من المشاكل الإدارية والاقتصادية والاجتماعية التي يجب إدارتها وحلها.

الدول التي تتصف برقعة جغرافية واسعة عادة ماتحوي مدافن صحية للنفايات ورغم أنها الخيار الأكثر أقتصادا للتخلص من النفايات غير القابلة للتدوير أذ أنها تلعب دوراً رئيسياً في إدارة النفايات الصلبة ومع ذلك ، ويصعب العثور على المواقع المثالية التي توفر قدرة كافية وإمكانية الوصول والظروف البيئية المناسبة. وأيضا أنه من غير الممكن إعادة تدوير جميع مكونات النفايات الصلبة ، أذ بالتأكيد هناك دائمًا بقايا من عمليات المعالجة التي نحتاج في النهاية إلى التخلص منها تحت الأرض، والتي قد يكون لبقايا النفايات دور في تحسين الأراضي ذات الجودة الرديئة. وأحيانا في بعض المجتمعات يتم تحويل مكبات النفايات بشكل صحيح إلى حدائق ترفيهية أو ملاعب للغولف.

طرق إدارة النفايات الصلبة:

هناك طرق مختلفة لإدارة النفايات الصلبة وفيما يلي بعض الطرق المعترف بها:

1- المكبـــات الصحيـــة Landfill

هذه هي الطريقة الأكثر شعبية للتخلص من النفايات الصلبة المستخدمة اليوم ويتم اختيارها وتصميمها وإنشائها وأستغلالها بعناية لحماية البيئة والصحة العامة. تنشر القمامة بشكل أساسي في طبقات رقيقة ، مضغوطة ومغطاة بالتربة أو الرغوة البلاستيكية ويتم تغطية قاع مدفن القمامة ببطانة غير منفذة مصنوعة عادة من عدة طبقات من البلاستيك والرمل السميك وذلك لحماية المياه الجوفية من التلوث بسبب الترشيح وكذلك يعمل على تغطية المكب بغطاء مكون من طبقات من الرمل والحصى فضلا عن

طبقات من الرغوة البلاستيكية لضمان عدم تخلل مياه الأمطار أو الجريان السطحي وأبقائها بعيدة عن النفايات المدفونة.

2- الحـــــرق Incineration

تتضمن هذه الطريقة حرق أنواع من النفايات الصلبة في درجات حرارة عالية إلى أن تتحول النفايات إلى رماد. يتم تصنيع المرمدات بطريقة لا تعطي كميات كبيرة من الحرارة عند الحرق، ويمكن استعادة الحرارة الصادرة أثناء عملية الحرق عن طريق استخدام فرن مبطّن حراريًا إلى جانب غلاية .تقوم الغلايات بتحويل حرارة الاحتراق إلى بخار أو ماء ساخن ، مما يسمح بإعادة تدوير محتوى الطاقة من النفايات .تسمى المحارق التي تعيد تدوير الطاقة الحرارية بهذه الطريقة محطات تحويل النفايات إلى طاقة بدلاً من الفرن المنفرد والمراجل ، يمكن أيضًا تصميم فرن خاص وبوجود أنابيب لتمرير الماء خلالها لاستعادة الطاقة أذ يصف الفرن مع أنابيب الصلب العمودي المتباعدة بشكل وثيق بما يكفي لتقليل فقدان الحرارة. إن المياه الجارية عبر الأنابيب تمتص الحرارة لإنتاج البخار ، كما أنها تساعد على التحكم في درجات حرارة الاحتراق دون الحاجة إلى الهواء الزائد ، وبالتالي خفض تكاليف التحكم في تلوث الهواء. هذه الطريقة في إدارة النفايات الصلبة يمكن أن يقوم بها الأفراد والبلديات وحتى المؤسسات. والشيء الجيد في هذه الطريقة هو أنه يقلل من حجم المخلفات إلى 20 أو 30٪ من الحجم الأصلي.

تعمل محطات تحويل النفايات إلى طاقة Energy from waste(EFW) إما على شكل 1- حرق حراري أو 2- على شكل أنظمة الوقود المشتقة من النفايات. والفرق بينهما هو أنه في الأول يعمل الحرق لجميع النفايات دون معالجة مسبقة أو إعداد أو فرز في حين يقوم نظام الوقود المشتق من النفايات بفصل النفايات القابلة للاشتعال عن غير القابلة للاحتراق مثل الزجاج والمعدن قبل الحرق، يمكن الأستفادة من الحرارة الصادرة عن البخار وتوليد الكهرباء منها بعملية ندعوها (CHP) "Combined Heat and Power" **التوليد المشترك** co-generation وهذه الطريقة تضمن الحصول على كفاءة طاقة عالية من عملية الحرق.

استخدام أول فرن لحرق النفايات كان في نوتينغهام عام 1874 في المملكة المتحدة، وفي بداية التسعينيات لوحظ الزيادة في حرق النفايات خصوصاً في الولايات المتحدة ، كانت الأفران لا تمتلك تقريباً أي آليات للتقليل من التلوث و كانت تنتج رماداً ومواد كيميائية سامة وتطلق غازات سامة إلى الهواء مصحوبا بالغبار ورماد الأوراق المحترقة.

بسبب تأثير هذه الأفران على الصحة العامة واجهت معارضة هائلة في أمريكا ولكن أصحابها تابعوا حرق النفايات دون الأخذ بعين الاعتبار نوعية الهواء الصادرة حتى عام 1967 عندما طبق قانون الهواء النظيف في الولايات المتحدة .ومنذ تطبيق هذا القانون وحتى أواخر الثمانينيات

أغلق 225 مصنع يعمل على حرق النفايات الصلبة لإنتاج الطاقة EFW ،وذلك بسبب تأثيرها السيئ غير المقبول على البيئة ، الا أنه بسبب التطورات الحاصلة في تقنيات التخلص من التلوث أصبحت أفران الحرق قابلة لتوافق زيادة متطلبات القوانين البيئية الموضوعة لها وأصبحت أكثر أمناً لتوليد الكهرباء.

تعتبر أنظمة تحويل النفايات إلى الطاقة أكثر تكلفة من حيث البناء والتشغيل من المحارق العادية بسبب الحاجة إلى معدات خاصة وضوابط ، وموظفين تقنيين على درجة عالية من المهارة ، وأنظمة وقود مساعدة. وعلى الرغم من تكلفة هذه الأنظمة المرتفعة الا ان أنتاج البخار أو الكهرباء من هذه العملية يخفف الكثير من هذه التكلفة، كما أن استرداد الطاقة الحرارية من القمامة هو خيار قابل للتطبيق لإدارة النفايات الصلبة من وجهة نظر هندسية واقتصادية على حد سواء. أن حوالي 80% من محارق النفايات البلدية في الولايات المتحدة قد أنشأت لأجل تحويل النفايات إلى طاقة.

3- - التحلل الحراري (الترميد)Pyrolysis

وفيه تتحلل النفايات الصلبة كيميائياً بالحرارة بدون وجود الأكسجين ويحدث هذا عادة تحت الضغط وعند درجات حرارة تصل إلى 430 درجة مئوية بأستخدام المعالجات الحرارية، وتتضمن عملية الحرق تحويل النفايات إلى رماد يوجه إلى أسفل المدخنة أما الغازات المنطلقة والحرارة يتم الاستفادة منها في توليد الطاقة الكهربائية وبعد تدوير الغازات المنطلقة لإنتاج الطاقة الكهربائية يتم طرحها في الهواء بعد تنقيتها من المواد الملوثة.

بنيت العديد من المحارق قبل عدة عقود في العديد من الدول، لكن لم تحوي هذه المحارق على تقنية فصل المواد لاستخلاص المواد الخطرة أو القابلة لإعادة التدوير، مما جعل تلك المحارق خطرا على صحة العاملين فيها وعلى البيئة المحيطة بسبب عدم التنقية الجيدة للغازات المنطلقة. إن حرق النفايات يقلص الكتلة الكلية للنفايات الى 80% - 85% . ويعتمد ذلك على مدى استخلاص المواد القابلة للتدوير ذات الحجم أو الكتلة الكبيرة مثل الحديد. وهذا يعني أن هذه التقنية لا تحل محل دفن النفايات إنما تقلص من مساحة مدافن النفايات، كما لها فوائد واضحة في التخلص من النفايات الخطرة كالنفايات الطبية والكيمائية، أذ تعمل الحرارة على تدمير تأثير السموم أو الجراثيم .وبالأخص النفايات الناتجة عن مصانع المواد الكيميائية التي تكون شديدة السمية ولايمكن صرفها في مياه الصرف الصحي.

يتمتع حرق النفايات بشعبية بشكل خاص في بلدان مثل اليابان، حيث الأرض هي مورد نادر. كما تميزت الدنمارك والسويد في مجال الطاقة المتولدة من الحرق لأكثر من قرن وأستخدمت الحرارة الناتجة للتدفئة الأرضية. انتج حرق النفايات 4.8 ٪ من استهلاك الكهرباء و 13.7 ٪ من إجمالي الاستهلاك المنزلي للحرارة في الدانمارك في عام 2005 وهناك عدد من البلدان الأوروبية الأخرى

تعتمد بشكل كبير على الحرق لمعالجة النفايات البلدية، خاصة في لوكسمبورغ وهولندا وألمانيا وفرنسا.

4- مـــــواد مخصبـــــة Fertilizers

تتبع هذه الطريقة بسبب عدم وجود مساحة كافية لمدافن النفايات، كما تستخدم هذه الطريقة مع النفايات القابلة للتحلل الحيوي ولكن بوجود وسيلة مساعدة. ويمكن تعريفها بأنها تقنية الهضم اللاهوائي أو الهضم من دون أكسجين، وهو عملية تحلل حيوي بطريقة طبيعية للمواد العضوية في غياب الأكسجين وهي عملية بيولوجية يسمح فيها للجزء العضوي من النفايات بالتحلل تحت ظروف خاضعة لرقابة دقيقة أذ تقوم الميكروبات (البكتريا) بعملية الأستقلاب لمواد النفايات العضوية وتقلل من حجمها بنسبة تصل إلى 50٪ أذ يعمل على تشكيل النوعية الجيدة من المادة المخصبة والمسماة بالدبال والمستخدمة للأغراض الزراعية.

تجري طريقة المعالجة وإعادة تدوير كل من حمأة القمامة والصرف الصحي في عملية واحدة، وبسبب القواعد البيئية الصارمة وقيود تحديد المواقع التي تحد من استخدام ترميد النفايات الصلبة وخيارات دفن النفايات ، فمن المرجح أن يزيد تطبيق هذه الطريقة والتي تتضمن الخطوات التالية:

الفرز والتقطيع : وفيها تعزل المواد القابلة للكسر في النفايات كالزجاج وكذلك المعادن وغيرها من المواد غير العضوية وتجرى عمليات الفرز والتقطيع بطريقة آلية معتمدة الاختلافات في الخصائص الفيزيائية للفضلات مثل الحجم والكثافة والخصائص المغناطيسية، ويعمل التكسير أو السحق على تقليل حجم النفايات ، مما ينتج عنه كتلة موحدة من المواد وذلك بمساعدة المطاحن وأجهزة الهضم المجهزة بمكائن دوارة تقوم بخلط وتقطيع النفايات الممزقة.

الهضم والتجهيز: النفايات المسحوقة جاهزة لعمل المواد المخصبة بطريقة windrow، أذ تعمل أكوام من القمامة يتم تحريكها كل بضعة أيام لتوفير الهواء للميكروبات التي تقوم بهضم المواد العضوية. اعتمادًا على ظروف الرطوبة ، قد يستغرق الأمر 5 – 8 أسابيع لعملية الهضم الكاملة للنفايات. حسب العمل الأيضي للبكتيريا الهوائية وتصل درجات الحرارة في كومة السماد النشطة إلى حوالي 65 درجة مئوية ، مما يؤدي إلى قتل الكائنات المسببة للأمراض التي قد تكون في النفايات. وقد تجرى العملية بغياب الهواء وتسمى Anwindrow.

يجب معالجة المادة المهضومة قبل أستخدامها بأن يجفف ويعمل على جعله بشكل حبيبات وهذا مايحسن القيمة السوقية لها ، وبالنسبة لهذا لنوع من أدارة المخلفات قد يشكل خطورة من حيث التكلفة وعادة مايكون الطلب عليه قليلا رغم النوعية الجيدة للسماد العضوي المنتج وذلك بسبب التكلفة العالية لنقله مقارنة مع أسعار الأسمدة الكيمائية غير العضوية المتوفرة .

5- الاستعادة أوإعادة التدوير Recycling

إعادة التدوير أو استعادة الموارد هي عملية أخذ عناصر مفيدة ولكن مهملة للاستخدام مرة أخرى تقليديا ويتم معالجة هذه العناصر وتنظيفها قبل إعادة تدويرها. تهدف هذه العملية إلى تقليل فقد الطاقة واستهلاك المواد الجديدة والحد من مدافن النفايات .

أن توليد الطاقة الحرارية الناتجة من الحرق وكذلك أنتاج المواد الدبالية والمخصبة هي ايضا تعتبر عملية إعادة تدوير ، حيث إنها تستعيد الأجزاء العضوية من النفايات الصلبة لإعادة استخدامها كمكيف أو سماد للتربة. لا تزال هناك مكونات نفايات أخرى بالأمكان إعادة استخدامها لكن يجب أتباع طرق مناسبة أخرى، وتشمل الأوراق والمعادن والزجاج والبلاستيك والمطاط وغيرها.

قبل إعادة تدوير أي مادة يجب أتباع خطوات معينة وهي يجب فصلها عن النفايات الخام وفرزها والذي يمكن أجراءه عند مصدر النفايات أو في منشأة المعالجة المركزية.

الفصل المنفصل، الذي يطلق عليه أيضًا الفصل المطلق، يتم من قبل المواطنين الذين يجمعون الصحف، الزجاجات، العلب، والقمامة بشكل منفصل ويضعونها في حاويات مخصصة. تسمح العديد من المجتمعات "بخلط" المواد القابلة لإعادة التدوير(الزجاج والمعدن والبلاستيك). وفي كلتا الحالتين ، تكون عملية جمع النفايات ذات المصدر المنفصل أكثر تكلفة من جمع النفايات العادية. يمكن فصل المواد القابلة لإعادة التدوير من المخلفات في محطات المعالجة الميكانيكية المركزية. وقد أظهرت التجربة تردي جودة المواد القابلة لإعادة التدوير التي تجمع وهي ملوثة بالمخلفات الرطبة والزجاج المهشم ناعما، لهذا تتمثل أفضل الممارسات في جعل المواطنين يقومون بجمع وفرز المخلفات إلى عدد محدود من الفئات، أذ تجمع كل من الصحف والمجلات والمعادن والزجاج والبلاستيك كلا على حدة وفي حاويات مخصصة لكل منها.في *منشأة إعادة تدوير المواد* material recycling facility (MRF في لغة إدارة النفايات) تستطيع حاوية MRF الحديثة معالجة حوالي 300 طن من النفايات القابلة لإعادة التدوير كل يوم.

في حاويةMRF النموذجية ، يتم تحميل المواد القابلة لإعادة التدوير الممزوجة على ناقل والذي يحدث أن العلب المصنعة من الصلب (علب القصدير هي في الواقع فولاذ مع طبقة رقيقة من القصدير) يتم إزالتها عن طريق فاصل كهرومغناطيسي ، والمواد المتبقية يمر عبر شاشة الاهتزاز من أجل إزالة الزجاج المكسور، بعد ذلك، يمر الناقل عبر مصنّف الهواء، الذي يفصل بين حاويات الألمنيوم والبلاستيك من الحاويات الزجاجية الثقيلة، أما فرز الزجاج فيكون يدويًا حسب اللون ، ويتم فصل علب الألمنيوم عن البلاستيك بواسطة فاصل التيار الدوامي ، الذي يصد الألمنيوم من الحزام الناقل.