أنواع النفايات الصلبة وخواصها

TYPES AND PROPERTIES OF SOLID WASTE

1-1-أنواع النفايات الصلبة:

يشمل مصطلح النفايات الصلبة مختلف النفايات ذات الطور الصلب الناتجة عن النشاط البشري بأشكاله كافة، كما يشمل نفايات الشوارع والساحات، والنفايات الناتجة عن محطات تنقية المياه ومعالجتها.

تعقدت عمليات إدارة النفايات الصلبة بازدياد كمية هذه النفايات وتنوع عناصرها، وقد تم وضع عدد من التصنيفات لأنواع النفايات الصلبة التي تحدد العلاقة مع هذه المواد، ويُعد تصنيف النفايات الصلبة بحسب درجة خطورتها إلى خطرة وغير خطرة من أكثر التصنيفات شيوعاً في قوانين أغلب بلدان العالم، بينما يُعد تصنف النفايات الصلبة تبعاً لأصولها، من أكثر التصنيفات مرونة في عمليات إدارة النفايات الصلبة.

وتصنف النفايات الصلبة تبعاً لأصولها إلى: نفايات بلدية، نفايات زراعية، نفايات محطات المعالجة والتنقية، نفايات صناعية، وأخيراً نفايات خطرة. وسنتعرف فيما يأتي على أنواع النفايات الصلبة الواردة في هذا التصنيف:

أولاً: النفايات الصلبة البلدية: (Municipal Solid Wastes -MSW)

أُطلقت قديماً تسمية النفايات الصلبة البلدية على النفايات الصلبة التي تشرف المؤسسات والسلطات البلدية على عمليات إدارتها، على الرغم من أن عمليات إدارة هذه النفايات تجري حالياً من قبل شركات خاصة في أكثر مدن العالم. النفايات الصلبة البلدية عبارة عن خليط غير متجانس من المواد المختلفة والمنتجات المتعفنة، والتي تختلف فيما بينها بالخواص الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية والبيولوجية. تدخل مهام إدارة هذه النفايات في بلدنا ضمن مهام الشركات والمؤسسات البلدية.

إن هذه النفايات مختلفة في مصادرها متباينة في عناصرها، وتنسب إليها جميع النفايات الصلبة المنزلية والتجارية ونفايات المناطق الحرة.

أي إن مصادر هذه النفايات هي:

1-الأبنية السكنية بأنواعها كافة: تحتوي نفايات هذه الأبنية على فضلات المطابخ وعلى القمامة والرماد فضلاً عن بعض النفايات الخاصة. وتسمى النفايات الناتجة عن هذه الأبنية بالنفايات المنزلية.

2- الأبنية ذات الطابع الاجتماعي: ويقصد بهذه الأبنية مؤسسات الدولة العامة، والمطاعم والفنادق، والمكاتب، والمحال التجارية، ودور السينما، والمسارح، وصالات العرض، ودور الأطفال...الخ.وتسمى النفايات الناتجة عن هذه الأبنية بالنفايات التجارية، وهي تشبه النفايات المنزلية في تركيبها العام.

3- المناطق الحرة: ويقصد بالمناطق الحرة: الشوارع، والساحات العامة، ومواقف الباصات، ومحطات القطار، والملاعب، والحدائق، والشواطئ، والمنتزهات ...الخ. وتحتوي نفايات هذه المناطق على خليط كبير من العناصر يدخل ضمنها نفايات الأنقاض، وجثث الحيوانات، والأتربة، وأوراق الأشجار المتساقطة...الخ.

أما عناصر النفايات الصلبة البلدية فهي:

1- *الفضلات الغذائية*(Food Wastes): وهي الفضلات الناتجة عن عمليات تحضير الطعام وتقديمها، وتشمل مخلفات المطابخ في الأبنية السكنية والعامة، فضلاً عن مخلفات شركات التصنيع الغذائية، والمسالخ، ومستودعات حفظ الخضروات والفواكه، وأسواق بيعها والتي قد تدخل في بعض البلدان ضمن مصطلح النفايات الصلبة الزراعية. يمكن للفضلات الغذائية أن تكون ذات منشأ حيواني كبقايا اللحوم والدهون والزيوت والشحوم والجلود...الخ، أو أن تكون ذات منشأ نباتي كبقايا الخضروات والفواكه والحبوب والقشور والبذور. وتحتوي الفضلات الغذائية في تركيبها على خامات غذائية غنية؛ كالنشاء، والبروتين، والكربوهيدرات، والفيتامينات...الخ. تتميز الفضلات الغذائية برطوبتها العالية والتي قد تصل في بلادنا صيفاً إلى 80% نظراً لكثرة بقايا

الخضروات والفواكه، كما تتميز هذه الفضلات بأنها مواد سريعة التعفن والتحلل؛ تتغير تراكيب تراكم الفضلات الغذائية ومعدلاتها مع الزمن من سنة لأخرى، ومن فصل لآخر، ومن شهر لآخر، ومن يوم لآخر، كما أنها تختلف من شعب لآخر، ومن مجتمع لآخر تبعاً للمستوى الاجتماعي والحضاري والاقتصادي السائد.

2- *القمامة*(Rubbish): وهي عبارة عن نفايات غير قابلة للتحلل أو التعفن، منها ما هو قابل للاحتراق في المحارق ذات درجات الحرارة العادية كالورق والكرتون (المطبوعات ومواد التغليف)، والأخشاب (بقايا الحدائق وبقايا الأثاث المنزلي)، والمواد البلاستيكية والمطاطية والنسيجية بأشكالها كافة، ومنها ما هو غير قابل للاحتراق في المحارق ذات درجات الحرارة العادية كالزجاج والخزف(حطام الصحون والكؤوس والنوافذ...الخ) والبقايا المعدنية. إن أغلب مواد القمامة ملائمة للاستخدام المتكرر عند تجميعها بشكل منفصل، أو بعد فرزها عند تجميعها بشكل مشترك مع عناصر النفايات الأخرى. تسمى القمامة في بعض المراجع بنفايات الأشياء .

3- *الأنقاض* (Demolition and Construction Wastes) : وهي النفايات الناتجة عن إنشاء المنشآت الهندسية المختلفة أو هدمها أو إصلاحها أو ترميمها ، لذلك فهي تحتوي على مواد البناء المختلفة: كالرمل والحصى والحديد والأسلاك والقرميد والإسمنت وبقايا التجهيزات الصحية والكهربائية.

4- *النفايات الخاصة* (Special Wastes): تشمل هذه النفايات على نفايات الشوارع والساحات العامة، والمناطق الحرة الأخرى والتي تتكون من الأتربة والغبار، وأوراق الأشجار المتساقطة، والأغصان، وروث الحيوانات فضلاً عن بقايا النفايات الضخمة بما في ذلك هياكل السيارات القديمة، وبقايا الأثاث القديم، وجثث الحيوانات الميتة، وإطارات السيارات التالفة، وقد تسمى هذه النفايات بنفايات الخدمات البلدية(Municipal Services) . تقوم بعض الشركات الخاصة في بعض البلدان بمهمة جمع جثث الحيوانات الكبيرة للاستفادة من جلودها وبعض أجزائها الأخرى.

5- *الرماد وبقايا الحرق*(Ashes): وهي مخلفات المدافئ والأفران التي تعمل على الحطب أو الفحم أو الوقود السائل وتشمل: الرماد، والشحار، والخبث الناتج عن هذه المدافئ. تُعد كمية الرماد الناتجة عن الأبنية السكنية صغيرةً جداً مقارنةً مع كمية الرماد الناتجة عن مصانع الطاقة التي تستخدم الخشب أو الفحم.

ثانياً: النفايات الزراعية: (Agricultural Solid Wastes)

وهي عبارة عن نفايات مختلف النشاطات الزراعية من بذار، وحصاد، وتقليم، وتطعيم ...الخ، وكذلك نفايات المحاصيل والمنتجات الزراعية، وبقايا العلف، وروث الحيوانات.

ثالثاً: نفايات محطات المعالجة: (Treatment Plant Wastes)

وهي النفايات ذات الطور الصلب ونصف الصلب الناتجة عن عمليات معالجة مياه الصرف الصحي (الحمأة) وعمليات تنقية مياه الإمداد المنزلي والصناعي والزراعي (نواتج كشط المرسبات والمرشحات ...الخ). تختلف خواص هذه النفايات باختلاف العمليات المستخدمة والتكنولوجيات المطبقة، وكذلك باختلاف نوعية المياه الخاضعة للمعالجة. لا تدخل عمليات جمع هذه النفايات والتخلص منها ضمن مسؤوليات الشركات أو المؤسسات البلدية في أغلب بلدان العالم. ويمكن التخلص من نفايات محطات المعالجة بشكل منفصل ضمن مصانع متخصصة بذلك، أو بشكل مشترك مع النفايات البلدية، كما في معامل التحويل إلى كومبوست.

رابعاً: النفايات الصناعية : (Industrial Solid Wastes)

النفايات الصناعية هي النفايات الناتجة عن الصناعة بأشكالها كافة، والمكونة من بقايا مواد خام غير مصنعة ومواد نصف مصنعة ناتجة عن تنفيذ العمليات الصناعية، وكذلك المواد المصنعة غير المطابقة لمواصفات الاستخدام جزئياً أو كلياً. بما أن المصانع والمعامل والورش هي مصدر النفايات الصناعية، لذلك فإن كمية هذه النفايات ونوعيتها تختلف باختلاف نوعية الصناعة، ونوعية التكنولوجيا المستخدمة فيها.

تتميز النفايات الصناعية بالإمكانية العالية لإعادة استخدامها، لذلك يجب أن تكون دراسة إمكانية الاستفادة من عناصرها كمصدر للمواد الخام من الدرجة الثانية في مجالات الاقتصاد المختلفة من أولويات معالجة هذا النوع من النفايات.

خامساً: النفايات الخطرة : (Hazardous Solid Wastes)

النفايات الخطرة هي النفايات ذات التأثير الخطر على البيئة المحيطة. ليست جميع النفايات الصناعية خطرة، وليست جميع النفايات الخطرة صناعية، فالنفايات الطبية هي نفايات خطرة ولكنها ليست صناعية، ونفايات صناعة الأخشاب هي نفايات صناعية ولكنها ليست خطرة. يمكن تصنيف النفايات الخطرة تبعاً لصفاتها أو تبعاً للمواد الموجودة فيها. يتم وضع تكنولوجيا التخلص من النفايات الصلبة الصناعية استناداً إلى درجة خطورتها التي تتحدد بسميتها، أو بإمكانية اشتعالها أو تأكسدها أو انفجارها، أو بقدرتها على التسبب بالتآكل أو على إعادة النشاط، أو بآثارها الإشعاعية أو الكيميائية أو البيولوجية الضارة على البيئة المحيطة.

2-1- تحديد خواص النفايات الصلبة:

إن عملية تحديد مواصفات النفايات الصلبة وخصوصاً البلدية منها عملية صعبة نظراً لاختلاف هذه المواصفات من بلد لآخر ومن مدينة لأخرى، وكذلك لكثرة العوامل المؤثرة في خواص النفايات الصلبة والتي تختلف من مجتمع لآخر بل وضمن المجتمع الواحد كما أنها تتباين مع الزمن. ونذكر من هذه العوامل:

-مستوى رفاهية المنطقة السكانية: وتعني وجود أنظمة الرفاهية؛ كأنظمة الإمداد المائي المركزي، وأنظمة الصرف الصحي، وأنظمة التدفئة المركزية، وأنظمة إمداد الغاز المركزية، وكذلك أنظمة جمع النفايات الصلبة المنزلية بواسطة القساطل.

-الظروف المناخية ومدة استمرار الطقس الجاف.

-مستوى المعيشة: يؤثر مستوى معيشة الفرد بشكل كبير في كمية النفايات الصلبة الناتجة عنه ونوعيتها، وهذا ما يمكننا ملاحظته بمقارنة كمية النفايات الصلبة الناتجة عن الفرد في الدول النامية ونوعيتها بالناتجة عن الفرد في الدول المتقدمة.

-استهلاك السكان للخضار والفواكه.

-تطور التغذية الاجتماعية.

تؤثر هذه العوامل بشكل مباشر في معدل طرح النفايات اليومي للشخص الواحد، وعلى مواصفات النفايات الصلبة.

تساعد عملية تحديد خواص النفايات الصلبة على وضع التصاميم والمخططات المثلى لعمليات جمع النفايات الصلبة ومعالجتها، وكذلك على الإدارة والتشغيل الأمثلين لهذه العمليات، كما تفيد معرفة مواصفات النفايات الصلبة في تحديد نوع المعالجة الأنسب لها، وإمكانية الاستفادة المثلى من عناصرها.

إن تحديد مواصفات النفايات الصلبة يعني تحديد خواصها الفيزيائية، والكيميائية، والجرثومية، والبيولوجية.

الخواص الفيزيائية للنفايات الصلبة *Physical Properties of Solid Waste*:

إن تحديد الخواص الفيزيائية للنفايات الصلبة يتضمن تحديد الخواص الآتية:

1- التركيب المورفولوجي للنفايات الصلبة: ويعبر التركيب المورفولوجي للنفايات الصلبة (Morphological Composition of Solid Waste) عن النسب المئوية لكتل كل من مكونات النفايات الصلبة (فضلات غذائية، وورق، وخشب، وبلاستيك، ومطاط...الخ) منسوبة إلى الكتلة الكلية للنفايات الصلبة. ويعكس الجدول (1-1) التركيب المورفولوجي للنفايات المنزلية لمناطق شرق البحر الأبيض المتوسط.

ويفيد هذا التركيب في تحديد نوع المعالجة المثلى للنفايات الصلبة، وكثيراً ما يتم اللجوء إلى تحاليل أكثر تفصيلاً للتركيب المورفولوجي للنفايات الصلبة بهدف الحصول على تصور أفضل عن المواد القابلة للتدوير وإعادة التصنيع، فيتم التمييز بين بلاستيك التغليف والأدوات البلاستيكية المخصصة للاستخدام لمرة واحدة، والعبوات البلاستيكية للمياه المعدنية والغازية...الخ، وكذلك يصنف الزجاج إلى عبوات زجاجية، وإلى فتات الزجاج المخلوط مع الخزف وكذلك تحسب النسب المئوية لكتلة كل من الورق النقي نسبياً والورق الملوث.

الجدول(1-1):التركيب المورفولوجي للنفايات المنزلية لمناطق شرق البحر الأبيض المتوسط.

العنصر	نسبة الكتلة، %	العنصر	نسبة الكتلة، %
فضلات الطعام	30-85	قماش	1-7
ورق	4-53	لدائن وجلود	0-3
زجاج	0-8	عظام	0-4
معادن	0-4	مواد خاملة	2-18

يتأثر التركيب المورفولوجي بعوامل كثيرة ؛ كالتغير الفصلي، والتطورات الحضارية المختلفة، ونظام الجمع المتبع في المدينة. فالتغير الفصلي يؤثر كثيراً في هذا التركيب، حيث تزداد نسبة فضلات الطعام في كتلة النفايات الصلبة البلدية صيفاً نتيجة الاستهلاك الكبير للخضراوات والفواكه من قبل السكان، وينخفض تركيز الأتربة في كتلة النفايات الصلبة شتاءً نتيجة غسل الأمطار لهذه الأتربة من الشوارع. كما يلاحظ ازدياد في تراكيز اللدائن ضمن كتلة النفايات الصلبة البلدية سنةً بعد أخرى، ويلاحظ انخفاض تراكيز المواد القابلة للتدوير في كتلة النفايات الصلبة البلدية عند اتباع نظام الجمع المنفصل للنفايات الصلبة البلدية في أماكن تشكلها. كما يلاحظ التأثر الكبير للتركيب المورفولوجي في تطور البلد، انظر الشكل (2-1).

2- التركيب الحبي للنفايات الصلبة: ويعبر التركيب الحبي للنفايات الصلبة (Physical Composition of Solid Waste) عن التركيز النسبي لكتل العناصر المارة خلال المناخل ذات الفتحات المختلفة (50,100,150,250,350 mm)، ويساعد التركيب الحبي في تخطيط عمليات جمع النفايات الصلبة ونقلها ، كما يفيد في اختيار أنواع المناخل والفرامات والفارزات المستخدمة في مصانع معالجة النفايات الصلبة. يتغير التركيب الحبي كما التركيب المورفولوجي بشدة خلال فصول السنة للمدينة الواحدة. يعطي التركيب المورفولوجي الحبي المشترك للنفايات الصلبة معلومات أدق وأكمل عن خواص هذه النفايات.

3- الرطوبة النسبية: الرطوبة النسبية(Moisture Content of Solid Waste) هي كمية المياه معبراً عنها بنسبة مئوية من الحالة الرطبة لكتلة العينة، ويمكننا ضمن تقريب مقبول اعتماد النسب المئوية لرطوبة عناصر النفايات الصلبة الواردة في الجدول(3-1). ولتعيين رطوبة العينة الكلية يتم تحديد كتلة العينة الجافة عن طريق وزن العينة بعد وضعها في فرن درجة حرارته 77 ^{O}C لمدة 24 ساعة وذلك حتى لا يسمح بتطاير المواد القابلة للتبخر.

الجدول (3-1): نسبة الرطوبة وكثافة النفايات الصلبة.

العنصر	**حدود الرطوبة النسبية،%**	**M ***	**حدود الكثافة، kg/m^3**	**الكثافة النموذجية ****
1–نفايات منزلية غير مرصوصة				
فضلات غذائية(خليط)	50-80	70	130-470	290
–ورق	4-10	6	40-130	85
–كرتون	4-8	5	40-80	50
–بلاستيك	1-4	2	40-130	65
–نسيج	6-15	10	40-100	65
–مطاط	1-4	2	100-200	130
–جلد	8-12	10	100-260	160

100	55-225	60	30-80	–مخلفات حدائق
235	130-320	20	15-40	–خشب
195	160-480	2	1-4	–زجاج
85	50-160	3	2-4	–عبوات قصدير
160	65-240	2	2-4	–ألمنيوم
320	130-1150	3	2-4	–معادن أخرى
740	650-830	6	6-12	–رماد
130	85-180	15	5-20	–قمامة
2–نفايات صلبة تجارية				
540	470-950	70	50-80	–فضلات غذائية رطبة
180	150-200	1	0-2	–أدوات
3–نفايات صلبة تجارية مرصوصة				
105	105-160	20	10-30	صناديق وأقفاص خشبية
150	100-180	5	20-80	بقايا أشجار
115	50-180	15	10-30	–قمامة قابلة للاحتراق
300	180-360	10	5-15	قمامة غير قابلة للاحتراق
160	140-180	15	10-25	–قمامة(مزيج)
4–نفايات صلبة بلدية				
295	175-450	20	15-40	–في حاويات الجمع
450	360-495	25	15-40	–في حقول الردم (رص عادي)
600	590-740	25	15-40	–في حقول الردم (رص ممتاز)
5–نفايات أنقاض				
1420	1000-2595	4	2-10	–نفايات هدم مخلوطة غير قابلة للاحتراق
355	300-400	8	4-15	–نفايات هدم مخلوطة قابلة للاحتراق
260	180-255	8	4-15	–نفايات إنشاء قابلة للاحتراق
1530	1195-1800	–	0-5	–بيتون مكسر
6–نفايات صناعية				
1000	800-1100	80	75-99	أوحال كيميائية رطبة
800	700-895	4	2-10	–رماد متطاير
160	100-250	10	6-15	–قطع جلد
1780	1500-2000	–	0-5	–خردة معدنية ثقيلة
735	495-735	–	0-5	خردة معدنية خفيفة
895	700-1500	–	0-5	–خردة معدنية (خليط)
945	800-1000	2	0-5	–زيوت،قطران ،إسفلت

290	100-350	20	10-40	-نشارة خشبية
495	400-675	25	30-60	-خشب خليط
180	100-215	10	6-15	-نفايات نسيجية
7-نفايات زراعية				
355	400-750	-	-	-نفايات زراعية خليط
355	200-495	-	-	-حيوانات ميتة
1000	245-750	94	60-90	-نفايات فواكه خليط
355	200-700	75	60-90	-نفايات خضراوات خليط

* الرطوبة النسبية النموذجية

**الكثافة النموذجية، kg/m^3

يسمح بتحديد كتلة العينة الجافة التقريبية عن طريق تجفيف العينة في فرن درجة حرارته ^{O}C 105 لمدة ساعة كاملة. بعد تحديد كتلة العينة الجافة تحسب نسبة الرطوبة من العلاقة الآتية:

$$M = \frac{a-b}{a}.100\% \qquad (1\text{-}2)$$

حيث a : كتلة العينة بالحالة الرطبة.

b: كتلة العينة بالحالة الجافة.

وتتراوح رطوبة المخلفات الصلبة المنزلية لبلدان شرق البحر الأبيض المتوسط من 40-70% ، أما المخلفات الأخرى فتختلف رطوبتها باختلاف مصادرها.

4- الكثافة: تعرف الكثافة (Densities of Solid Waste) بأنها وزن واحدة الحجم، وتكون وحدتها للنفايات الصلبة Kg/m^3 أو Ton/m^3 . تتم عملية تحديد الكثافة بوزن وقياس حجم عينة النفايات الصلبة في أملكن تجميعها قبل عملية الترحيل. لكثافة النفايات الصلبة علاقة مباشرة مع تركيبها المورفولوجي والرطوبة النسبية لعناصر هذه النفايات، فوجود نسب كبيرة من فضلات الطعام والحديد والقرميد والحجارة يزيد من كثافة العينة ،بينما تنخفض كثافة العينة بارتفاع تركيز الورق والبلاستيك والنسيج. كما ترتبط كثافة العينة بطول مدة التخزين قبل الترحيل نتيجة إمكانية الارتصاص الذاتي للعينة. وتقدر كثافة النفايات الصلبة المنزلية لبلدان شرق البحر الأبيض المتوسط بـ Kg/m^3 150-360 تقريباً. ويمكن اعتماد معطيات كثافة عناصر النفايات الصلبة الواردة في الجدول (3-1).

الخواص الكيميائية للنفايات الصلبة *Chemical Properties of Solid Waste :*

تختلف الخواص الكيميائية المطلوب تحديدها للنفايات الصلبة تبعاً لطريقة المعالجة المقترحة، وتشمل هذه الخواص عموماً المواصفات الآتية:

أ-التحليل الكيميائي العام: يعطي التحليل الكيميائي العام للنفايات الصلبة (General Chemical Analysis of Solid Waste) نسب العناصر الكيميائية الأساسية لعينة النفايات الصلبة(الكربون، والهيدروجين، والأوكسجين، والنتروجين، والكبريت، والفوسفور، والبوتاسيوم، والرماد، والرطوبة ... الخ). وتتبع نوعية العناصر الكيميائية المختارة في التحليل الكيميائي العام طريقة المعالجة المقترحة. فيتم مثلا التركيز على نسبة الفوسفور والبوتاسيوم ونسبة الكربون إلى النتروجين يضاف إليها قيمة pH النفايات في حالات اقتراح طريقة التحويل إلى سماد.

ويظهر الجدول (4-1) التحليل الكيميائي العام للمخلفات الصلبة المنزلية لدول شرق البحر الأبيض المتوسط. وتجدر الإشارة إلى أن هذا التحليل يخص الجزء العضوي من كتلة النفايات الصلبة، لذلك غالبا ما يتم فرز الجزء غير العضوي من كتلة النفايات عندما يصار إلى كتابة الصيغة الكيميائية التقريبية لكتلة النفايات الصلبة.

ب- محتوى الطاقة ونسبة المادة الخاملة (الرماد): إن محتوى الطاقة (Energy Content) هو مقدار الطاقة التي يمكن استخلاصها من كيلوغرام واحد من النفايات أثناء الحرق، ومن الواضح أن كمية الطاقة التي يمكن استخلاصها من الجزء العضوي القابل للاحتراق اكبر بكثير من تلك التي يمكن استخلاصها من عناصر النفايات غير القابلة للاحتراق .

أما نسبة المادة الخاملة أو ما يسمى بالرماد (Percent of Inert Residue) في عينة النفايات الصلبة فهو باقي الاحتراق بالدرجة ^{o}C 950، أما الجزء المتطاير من هذه العينة في هذه الدرجة فيسمى بالمادة المتطايرة. ويمكن اعتماد نسبة المادة الخاملة في عناصر النفايات الصلبة بعد الاحتراق ومحتوى الطاقة لكل من هذه العناصر الواردة في الجدول (5-1).

الجدول (4-1):التحليل الكيميائي العام للنفايات الصلبة المنزلية لدول شرق البحر الأبيض المتوسط.

العنصر	النسبة المئوية	العنصر	النسبة المئوية	العنصر	النسبة المئوية
كربون C	32-43	نتروجين N	1-3	فوسفور P	1-9
هيدروجين H	4-6	كبريت S	0-1	نسبة C/N	12-40
أوكسجين O	34-48	بوتاسيوم K	0-1		

الجدول (5-1) :نسبة المادة الخاملة في عناصر النفايات الصلبة بعد الاحتراق ومحتوى الطاقة لكل منها.

العنصر	حدود النسبة المئوية للمادة الخاملة المتبقية %	النسبة المئوية للمادة الخاملة المتبقية النموذجية،%	حدود محتوى الطاقة kJ/kg	محتوى الطاقة النموذجي kJ/kg
1-عناصر عضوية				
-فضلات غذائية	2-8	5.0	3450-6950	4650
-ورق	4-8	6.0	11600-18600	16750
-كرتون	3-6	5.0	13950-17450	16285
-بلاستيك	6-20	10.0	27900-37200	32565
-منسوجات	2-4	2.5	15100-18600	17450
-مطاط	8-20	10.0	20900-27900	23250
-جلد	8-20	10.0	15100-19750	17450
-مخلفات حدائق	2-6	4.5	2300-18600	6500
-خشب	0.6-2	1.5	17450-19750	18600
2-عناصر غير عضوية				
-زجاج	96-99	98	115-230	140
-علب قصدير	96-99	98	230-1150	700
-ألومنيوم	90-99	96	-	-
-معادن أخرى	94-99	98	230-1150	700

7000	2300-11600	70	60-80	-رماد
11600	9300-13950	-	-	3-نفايات بلدية

ويمكننا الجدول السابق من حساب الطاقة التي يمكن استخلاصها من كيلو غرام واحد من عينة النفايات الصلبة بحالتها الطبيعية؛ أي الرطبة E^P ولحساب محتوى الطاقة للعينة في الحالة الجافة؛ أي بعد إزالة رطوبتها نستخدم العلاقة الآتية :

$$E^d = \frac{1}{1-M}.E^p \qquad (1\text{-}3)$$

حيث: M: الرطوبة النسبية للعينة، %.

E^P : محتوى الطاقة في العينة الرطبة، kJ/kg.

E^d: محتوى الطاقة في العينة الجافة، kJ/kg.

كما يمكننا حساب محتوى الطاقة للعينة بعد احتراقها من العلاقة الآتية :

$$E^r = \frac{1}{1-M-A}.E^p \qquad (1\text{-}4)$$

حيث E^r : محتوى الطاقة في العينة بعد الاحتراق kJ/kg.

A : النسبة المئوية للرماد المتبقي بعد الاحتراق من الكتلة الكلية للعينة ، %.

وهناك علاقات تقريبية كثيرة تعطي محتوى الطاقة للعينة الطبيعية لكتلة النفايات الصلبة مثل علاقة Dulong الآتية المستخدمة في الولايات المتحدة الأمريكية : $E^P = 337C + 1428(H - \frac{O}{8}) + 95S$

حيث C,H,O,S –مقدار ما يحتويه كيلو غرام واحد من النفايات الصلبة من عناصر الكربون، والهيدروجين، والأوكسجين، والكبريت، على التوالي بالنسبة المئوية من وزن العينة.

E^P – محتوى الطاقة التقريبي للعينة الرطبة kJ/kg.

ج- التحليل الكيميائي الحدي(التفصيلي) للنفايات الصلبة: يعطي التحليل الكيميائي التفصيلي للنفايات الصلبة (Ultimate Chemical Analysis of Solid Waste) كمية كل عنصر كيميائي في جميع عناصر النفايات الصلبة كل على حدة. ويمكننا الاعتماد على الجدول (6-1) في تحديد التحليل الكيميائي التفصيلي للنفايات الصلبة. ويفيدنا هذا التحليل في اشتقاق الصيغة الكيميائية التقريبية لكتلة النفايات والتي نستخدمها خلال الدراسات التقنية والاقتصادية لتكنولوجيا معالجة النفايات الصلبة.

الجدول (6-1): تحديد التحليل الكيميائي التفصيلي للنفايات الصلبة.

عناصر النفايات الصلبة	النسبة الوزنية					
	C	H	O	N	S	A
فضلات الطعام:						
دهون	73	11.5	14.8	0.4	0.1	0.2
فضلات غذائية (خليط)	48	6.4	37.6	2.6	0.4	5
فضلات فواكه	48.5	6.2	39.5	1.4	0.2	4.2
فضلات لحوم	59.6	9.4	24.7	1.2	0.2	4.9
منتجات ورقية						
كرتون	43	5.9	44.8	0.3	0.2	5
مجلات	32.9	5	38.6	0.1	0.1	23.3
صحف	49.1	6.1	43	< 0.1	0.2	1.5

ورق(خليط)	43.4	5.8	44.3	0.3	0.2	6
كرتون مشمع	59.2	9.3	30.1	0.1	0.1	1.2
منتجات بلاستيكية:						
بلاستيك خليط	60	7.2	22.8	-	-	10
بولي ايتيلين P.E	85.2	14.2	-	< 0.1	< 0.1	0.4
بوليستيرين P.S.	87.1	8.4	4.0	0.2	-	0.3
بولي فينيل الكلوريد P.V.C	45.2	5.6	1.6	0.1	0.1	2
نسيج	48	6.4	40	2.2	0.2	3.2
مطاط	69.7	8.7	-	-	1.6	20
جلد	60	8	11.6	10	0.4	10
أخشاب:						
مخلفات حدائق	46	6	38	3.4	0.3	6.3
أغصان خضراء	50.1	6.4	42.3	0.1	0.1	1
خشب قاس	49.6	6.1	43.2	0.1	< 0.1	0.9
خشب خليط	49.5	6	42.7	0.2	< 0.1	1.5
رقائق خشبية	48.1	5.8	45.5	0.1	< 0.1	0.4
زجاج	0.5	0.1	0.4	< 0.1	-	98.9
معادن خليط	4.5	0.6	4.3	< 0.1	-	90.5
دهانات ، زيوت	66.9	9.6	5.2	2	-	16.3
عناصر النفايات الصلبة البلدية	النسبة الوزنية %					
	C	H	O	N	S	A
عناصر عضوية:						
فضلات غذائية	48	6.4	37.6	2.6	0.4	5
ورق	43.5	6	44	0.3	0.2	6
كرتون	44	5.9	44.6	0.3	0.2	5
بلاستيك	60	7.2	22.8	-	-	10
نسيج	55	6.6	31.2	4.6	0.15	2.5
مطاط	78	10	-	2	-	10
جلد	60	8	11.6	10	0.4	10
مخلفات حدائق	47.8	6	38	3.4	0.3	4.5
خشب	49.5	6	42.7	0.2	0.1	1.5
عناصر غير عضوية:						
زجاج	0.5	0.1	0.4	< 0.1	-	98.9
معادن	4.5	0.6	4.3	< 0.1	-	90.5
رماد، آجر...	26.3	3	2	0.5	0.2	68

الخواص البيولوجية للنفايات *Biological Properties of Solid Wastes:*

يصنف الجزء العضوي لأغلب النفايات الصلبة البلدية (باستثناء البلاستيك، والمطاط، والجلد) إلى :

1-عناصر قابلة للانحلال في الماء؛ كالسكريات، والنشويات، والأحماض الأمينية، ومختلف الأحماض العضوية .

2-الهيميسيليلوز: وهو عبارة عن تكاثف منتجات السكر خماسي وسداسي الكربون .

3-السيلولوز: وهو عبارة عن تكثف منتجات سكر الغلوكوز سداسي الكربون .

4-الدهون والزيوت والشموع: وهي سلاسل طويلة للأحماض الدهنية .

5-الليغنين والمواد الحاوية على الحلقات العضوية مع زمر الميتوكسيل (OCH3-), وتوجد هذه المواد في بعض المنتجات الورقية وألواح الفيبر.

6-السيلولوز الليغنيني: وهي مركبات اتحاد السيلولوز والليغنين .

7- البروتينات: وهي مركبات من سلاسل الأحماض الأمينية .

ومن أهم الخصائص البيولوجية للجزء العضوي من النفايات الصلبة البلدية هي إمكانية التحول البيولوجي لمعظم العناصر العضوية الموجودة في هذه النفايات إلى غازات حيوية وعضويات خاملة نسبيا ولاعضويات صلبة.

الخواص الجرثومية(البكتريولوجية) للنفايات الصلبة:

تعد النفايات وسطاً مناسبا لتكاثر عدد هائل من الميكروبات الممرضة؛ كالعصيات التيفية والباراتيفية (نظيرة التيفية)، والمتحولات الزحارية، والكوليرا .... الخ، فضلاً عن بيوض الديدان المعوية، والإسكارس...الخ، وكذلك تعد مكاناً لنمو عدد كبير من الذباب والبعوض والحشرات ... الخ، ويبين الجدول (7-1) ظروف حياة بعض الميكروبات الممرضة.

الجدول (7-1): ظروف حياة بعض الميكروبات الممرضة.

الميكروبات الممرضة	مدة المحافظة على نشاطها ضمن النفايات الصلبة، يوم	مدة المحافظة على نشاطها في درجة الحرارة	
		درجة الحرارة	المدة، دقيقة
العصيات التيفية	4-110	55-60	5-30
العصيات الباراتيفية (نظائر التيفية)	24-136	60	15-20
المتحولات الزحارية	10-40	55	60
الميكروبات المسببة للكوليرا	1	50	30-60

ويبين الجدول (8-1) تفصيل حياة الحشرات المنزلية الشائعة من مرحلة البيضة وحتى مرحلة الحشرة البالغة. ويظهر الجدول السابق إمكانية نمو الحشرات خلال مدة تقل عن أسبوعين اعتبارا من مرحلة وضع البيض .

الجدول (8-1) تفصيل حياة الحشرات المنزلية الشائعة .

مراحل نمو البيضة	Eggs Develop	8-12 ساعة
الطور الأول من مرحلة اليرقة	First Stage Of Larval Period	20 ساعة
الطور الثاني من مرحلة اليرقة	Second Stage Of Larval Period	24 ساعة
الطور الثالث من مرحلة اليرقة	Third Stage Of Larval Period	3 أيام
مرحلة الخادرة	Pupal Stage	4-5 أيام
المدة الكلية	Total Period	9-11 يوم

مسألة محلولة:

إذا كان لدينا عينة من النفايات الصلبة البلدية وزنها 100 kg ذات تركيب مورفولوجي مبين في الجدول الآتي:

العنصر	فضلات غذائية	ورق	كرتون	بلاستيك	مخلفات حدائق	أخشاب	قصدير (علب)	المجموع
نسبة الكتلة %	15	45	10	10	10	5	5	100%

والمطلوب:1-تحديد الوزن الجاف للعينة والرطوبة النسبية لها

2-تحديد كثافة العينة

3-تحديد محتوى الطاقة للعينة الرطبة، فالجافة، ثم المحترقة حتى الوصول إلى الرماد وذلك بفرض نسبة المادة الخاملة (الرماد) 5% من الكتلة العامة .

4-اشتقاق الصيغة الكيميائية التقريبية للجزء العضوي سهل التفكك، ثم حساب محتوى الطاقة حسب علاقة Dulong .

الحل: ننشئ جدولا حسابيا لتحديد كل من الوزن الجاف للعينة، والكثافة، ومحتوى الطاقة، والصيغة الكيميائية التقريبية بالاعتماد على الجداول (1-3)،(1-5)، (1-6).

العنصر	نسبة الكتلة %	الوزن الرطب kg	الوزن الجاف kg	الحجم m^3	الطاقة kJ	الوزن الرطب للجزء العضوي kg
1	2	3	4	5	6	7
فضلات غذائية	15	15	4.5	0.025	69750	15
ورق	45	45	42.3	0.529	753750	45
كرتون	10	10	9.5	0.200	163000	10
بلاستيك	10	10	9.8	0.154	325650	10
مخلفات حدائق	10	10	4	0.095	65000	10
أخشاب	5	5	4	0.021	93000	5
علب قصدير	5	5	4.9	0.056	3500	-
المجموع	100	100	79	1.107	1474000	95

الوزن الجاف للجزء العضوي kg	الكربون C	الهيدروجين H	الأوكسجين O	الآزوت N	الكبريت S	الرماد A

14	13	12	11	10	9	8
0.32	0.02	0.12	1.63	0.29	2.16	4.5
2.54	0.08	0.13	18.61	2.54	18.4	42.3
0.48	0.02	0.03	4.24	0.56	4.18	9.5
0.98	-	-	2.33	0.71	5.88	9.8
0.18	0.01	0.14	1.52	0.24	1.91	4
0.06	-	0.01	1.71	0.24	1.98	4
-	-	-	-	-	-	-
4.47	0.13	0.43	30	4.58	34.51	74.1

بالاعتماد على نتائج العمود /4/ في الجدول السابق وبتطبيق العلاقة (2-1) نجد الرطوبة النسبية للعينة :

$$M = \frac{a-b}{a}.100 = \frac{100-79}{100}.100 = 21\%$$

وبالاعتماد على نتائج العمود /5/ وبتطبيق علاقة الكثافة نجد أن كثافة عينة النفايات تساوي:

$$D = \frac{100}{1.107} = 90.33 kg/m^3$$

وبالاعتماد على نتائج العمود/6/ نجد محتوى الطاقة للعينة الرطبة :

$$E^P = 1474000/100 = 14740 kJ/kg$$

بتطبيق العلاقة (3-1) نجد محتوى الطاقة للعينة الجافة :

$$E^d = \frac{1}{1-M}.E^P = \frac{1}{1-0.21}.14740 = 18658 kJ/kg$$

بتطبيق العلاقة (4-1) نجد محتوى الطاقة لعينة المحترقة حتى الوصول إلى رماد :

$$E^r = \frac{1}{1-M-A}.E^P = \frac{1}{1-0.21-0.05}.14740 = 19919 kJ/kg$$

نوجد الرطوبة في الجزء العضوي للعينة (بعد استثناء علب القصدير من كتلة النفايات) من نتائج العمودين /7/ و/8/ :

$$W = 95 - 74.1 = 20.9 kg$$

نحول الرطوبة إلى عناصرها الأساسية بالاعتماد على معادلة تشكل الماء :

$$H_2 + O \rightarrow H2O$$

$$..2.....16.....18$$

$$...Y.....X.....20.9$$

وبالتالي فان كمية الأوكسجين الإضافية الناتجة عن رطوبة الجزء العضوي:

$$X = 20.9.16/18 = 18.58 kg$$

وكمية الهيدروجين الإضافية الناتجة عن رطوبة الجزء العضوي :

$$Y = 20.9.2/18 = 2.32 kg$$

إذا بالاعتماد على نتائج الأعمدة /14-9/ وبإضافة عناصر رطوبة نحصل على التحليل الكيميائي العام الوارد في الجدول الحسابي الآتي، والمخصص لتحديد الصيغة الكيميائية التقريبية لكتلة النفايات :

العنصر	الوزن، kg	النسبة الوزنية للعناصر %،	الوزن الذري g/mole	عدد المولات moles	النسبة المولية بوجود الكبريت S=1	النسبة المولية من دون كبريت N=1
C	34.51	36.3	12.01	2873	718.2	92.7

220.4	1708	6832	1.01	7.3	6.9	H
97	759	3036	16	51.1	48.58	O
1	7.8	31	14.01	0.5	0.43	N
0	1	4	32.06	0.1	0.13	S
-	-	-	-	4.7	4.47	A
				100%	95.02	المجموع

بالاعتماد على نتائج جدول الحساب السابق وبتطبيق العلاقة (5-1) نحصل على محتوى الطاقة بحسب علاقة Dulong :

$$E^P = 337C + 1428(H - \frac{O}{8}) + 95S$$

$$= 337(36.3) + 1428[(7.3) - \frac{51.1}{8}] + 95(0.1) = 13436kJ/kg$$

وبالاعتماد على نتائج جدول الحساب السابق نوجد الصيغة الكيميائية التقريبية بوجود الكبريت:

$$C_{718.2}H_{1708}O_{759}N_{7.9}S$$

أما الصيغة الكيميائية التقريبية من دون كبريت :

$$C_{92.7}H_{220.4}O_{97.9}N$$

وبطريقة مشابهة يمكننا إيجاد الصيغ الكيميائية التقريبية السابقة بحذف الماء من كتلة النفايات الصلبة .

<u>مسألة رقم (2):</u>

احسب حجم الهواء اللازم لأكسدة 1 ton من النفايات الصلبة ذات الصيغة الكيميائية التقريبية $C_{50}H_{100}O_{40}N$ أكسدة كاملة لتحويلها إلى كومبوست.

الحل:

$$C_{50}H_{100}O_{40}N + 54.25O_2 \rightarrow 50CO_2 + 48.5H_2O + NH_3$$

$$...1354.....1736.....17$$

$$...1000.....X.....Y$$

وبالتالي: $X = 1282kg/ton$ و $Y = 12.56kg/ton$

$$NH_3 + 2O_2 \rightarrow HNO_3 + H_2O$$

$$17.....64$$

$$12.56...Z$$

وبالتالي: $Z = 47.3kg/ton$

كمية الأوكسجين اللازمة:

$$1282 + 47.3 = 1329.3kg/ton$$

كمية الهواء اللازمة:

$$M = \frac{1329,3.100}{23,15} = 5742kg/ton$$

حجم الهواء اللازم:

$$V = \frac{5742}{1.2928} = 4442m^3/ton$$

مسألة -3-:

احسب وزن الهواء اللازم لحرق طن واحد من النفايات الصلبة ذات الصيغة الكيميائية التقريبية $C_{50}H_{100}O_{40}N_4S$ وذلك حتى الوصول إلى احتراق كامل للنفايات، بافتراض تحول كامل الكربون إلى غاز ثاني أوكسيد الكربون.

الحل:

1- حساب الوزن الجزيئي للصيغة :

$$50 . 12 +100. 1+16. 40+14. 4+32. 1 =1428$$

2- حساب النسبة المئوية لتوزيع العناصر الأساسية في كتلة النفايات الصلبة:

$$C = \frac{50.12}{1428}.100 = 42\%$$

$$H = \frac{100.1}{1428}.100 = 7\%$$

$$O = \frac{16.40}{1428}.100 = 44{,}8\%$$

$$N = \frac{4.14}{1428}.100 = 4\%$$

$$S = \frac{1.32}{1428}.100 = 2{,}2\%$$

3-حساب الهيدروجين الحر غير المرتبط : الهيدروجين الكلي = الهيدروجين الحر + الهيدروجين المرتبط (Hydrogen in bound) .

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

$$..4.....32.....36$$

$$..1.....8.....9$$

فالهيدروجين الحر يحسب بالشكل الآتي: $H_{Free} = 7 - (44{,}8 / 8) = 1{,}4\ \%$

4- حساب كمية الهواء المطلوبة لحرق طن واحد من النفايات حرقاً كاملاً:

-احتراق الكربون : $\frac{42}{100}.10^3.11{,}52 = 4838{,}4 kg/ton$

-احتراق الهيدروجين الحر : $\frac{1{,}4}{100}.10^3.34{,}56 = 484 kg/ton$

-احتراق الكبريت: $\frac{2{,}2}{100}.10^3.4{,}32 = 95{,}04 kg/ton$

-الكمية الكلية :

$$4838{,}4+484+95{,}04=5417{,}44 kg/ton=5417{,}44/1{,}2928=4190\ m^3/ton$$

تقدير كمية النفايات الصلبة وطرائق أخذ العينات

2-1-مقدمة:

لم تكن عملية تقدير خواص النفايات الصلبة وكميتها قديماً عمليةً أساسيةً في الانتفاع بهذه النفايات نظراً لحجومها الصغيرة وخواصها غير المعقدة، أما اليوم فإن الخطأ في تحديد خواص النفايات الصلبة وكميتها سيكلف غالياً نظراً لدخول التكنولوجيات الحديثة الغالية في عمليات الانتفاع بالنفايات الصلبة، لذلك صار لا بد من الحصول على المعلومات الدقيقة والكافية لتحديد خواص النفايات الصلبة وكميتها، وكذلك التنبؤ بخواصها المستقبلية وكمياتها.

لا بد من الإشارة إلى أن عملية تقويم تيارات النفايات الصلبة يجب أن تكون عملية مستمرة، حيث يمكن تغير مواصفاتها وكمياتها بشكل مفاجئ، كما يمكن تغير مجال استخدام هذه المعطيات.

تستخدم معطيات كمية النفايات الصلبة وخواصها في اختيار حاويات حفظ هذه النفايات، وسيارات الجمع، وأبعاد محطات الترحيل، وحجم مواقع التخلص النهائي، وكذلك في دراسة سوق تصريف المواد المسترجعة من كتلة النفايات ...الخ.

بما أن عملية تقويم النفايات الصلبة يمكن أن تكون مكلفة فمن المهم جداً وضع هدف هذه العملية بشكل صحيح بحيث يجري الابتعاد عن المعطيات الإضافية غير الضرورية .

2-3- طرائق أخذ عينات النفايات الصلبة البلدية:

يجب أن يراعي برنامج تحديد مواصفات النفايات الصلبة البلدية وكمياتها الاعتبارات الآتية:

1-يجب أن يتم أخذ عينات واقعية تشمل جميع مناطق المدينة، ومختلف أشكال السكان المخدمين ومستوياتهم وظروفهم.

2- يجب أن تكون العينة بعيدة عن الانحراف والتحيز؛ فيجدر تجنب التأثيرات الخارجية الاستثنائية المؤثرة في نوعية النفايات الصلبة البلدية وكميتها. فيجب الابتعاد –مثلاً– عن أخذ العينة في أوقات الأعياد وفي حالات الطقس السيئ الطويل غير الاعتيادي .

3-يجب أن يشمل البرنامج جميع فصول السنة وأوقات تغير الطقس، كما يجب أن يستمر البرنامج طيلة أسبوع كامل من دون انقطاع.

4-إن لحجم العينة علاقة مباشرة بحجم العناصر المكونة لكتلة النفايات الصلبة.

5-إن لعدد أفراد الأسرة تأثيراً كبيراً في كمية النفايات الصلبة البلدية ومواصفاتها.

6-لا بد من التخطيط والدراسة المسبقين والشاملين لبرنامج تحديد مواصفات النفايات الصلبة البلدية وكميتها بغية الحصول على معلومات أقرب إلى الواقع بأقل الجهد والتكاليف الممكنين.

7-لا بد من حماية العاملين في هذا البرنامج من الأثر الضار للتماس المباشر لأجسامهم مع النفايات الصلبة وخصوصاً عمال التصنيف. وتجري الحماية بتزويد العمال بأفرولات وقفازات يدوية مقاومة للثقب وكذلك بجزمات قوية.

يمكن أن يجري تنفيذ برنامج واحد لعدة مدن ذات ظروف مختلفة، وذلك بهدف وضع معايير تصميمية للمدن المختلفة وللبلد ككل لاستخدامها في دراسات مشاريع النفايات الصلبة.

هناك طرائق مختلفة لأخذ عينات النفايات الصلبة البلدية نذكر منها:

1-طريقة أخذ العينات من حمولة سيارات الجمع:

تقسم المدينة المدروسة إلى خمس مناطق على الأقل، وذلك بحسب مستويات سكانها، ويجري أخذ العينات لكل منطقة من هذه المناطق بالاختيار العشوائي لسيارة واحدة من سيارات الجمع المحملة بالنفايات الصلبة والخاصة بكل منطقة على حدة. يفضل إعلام عمال سيارات الجمع بأن إحدى حمولاتهم سوف تزان وتحلل دون تخصيص السيارة مسبقاً.

تفرغ حمولة سيارة الجمع في غرفة تصنيف أبعادها 25x25 m x m بحيث تسمح بحركة العمال مع أدواتهم فيها براحة. تحتوي غرفة التصنيف على ميزان أرضي، وبراميل لفصل عناصر العينات سعة 120 l مصنعة من البلاستيك، وطاولة تصنيف

أبعادها 1x1.2x3.5 m x m x m، وعلب كرتونية مزودة بحقائب بلاستيكية بحجم $0.08\ m^3$. ُيزود عمال التصنيف بأربعة رفشات، وشوكتين، ومغناطيسين مزودين بقبضات يدوية. يجب أن تضاء غرفة التصنيف جيداً وُتهوّى بشكل مناسب، كما يجب أن تكون مبلطة قابلة للتنظيف السريع بعد الانتهاء من العمل. ُتزود الغرفة خارجاً بقبان أرضي لوزن سيارات جمع النفايات الصلبة، وحاوية مخصصة للنفايات الفائضة. توزن حمولة سيارة الجمع بواسطة القبان الأرضي وهي محملة، ثم وهي فارغة بعد تفريغ النفايات على أرضية غرفة التصنيف. يقوم العمال بفرز كتلة النفايات إلى البراميل المرقمة، حيث يتم وزنها بالميزان الأرضي داخل الغرفة، ويسجل ذلك ضمن جداول خاصة. يقوم بعد ذلك مراقب الميزان بأخذ عينات من البراميل المرقمة، لتوضع ضمن حقائب بلاستيكية داخل العلب الكرتونية ، ثم ترسل للفحص المخبري (تؤخذ هذه العينات من الجزء العضوي فحسب من كتلة النفايات). يمكن فرز الحديد عن المعادن الأخرى بإعادة فرز برميل المعادن باستخدام المغانط ذات المقابض اليدوية. تفرغ البراميل بعد وزنها في الحاوية الموجودة خارج غرفة التصنيف ليعاد استخدام هذه البراميل مرةً أخرى. بعد أن يتبقى ربع كتلة النفايات الكلية يجري إملاء ثلاثة براميل، لتنثر على طاولة الغربال، حيث يجري تحديد نسبة المواد الناعمة كالرماد والأتربة في كتلة العينة. يستمر البرنامج السابق لمدة سبعة أيام متتبعة، حيث نحصل على سبعة جداول للتركيب المورفولوجي لكل منطقة. يكرر البرنامج السابق ليشمل فصول السنة كلها.

إدارة النفايات الصلبة

مقدمة:

ظهرت النفايات الصلبة مع ظهور الإنسان الأول إلا أنها لم تتفاقم بشكل كبير إلا بعد التزايد الكبير للكثافة السكانية والتطور الحضاري الهائل للمجتمعات البشرية، فلم تكن المجتمعات البشرية الأولى تعاني من مشكلة النفايات الصلبة نظراً لقلة هذه النفايات وعدم تعقيد تراكيبها، وقدرة الطبيعة على احتواء المشكلات الناجمة عنها. ومع تطور المجتمعات البشرية وزيادة الكثافة السكانية لم تعد الطبيعة قادرة على استيعاب الكميات الضخمة والمركزة للنفايات الصلبة التي بدأت تكثر مصادرها وتتنوع عناصرها بشكل كبير، مما فرض على الإنسان ضرورة وضع الحلول المناسبة لإدارة هذه النفايات ومعالجتها بغية الحد من خطرها الكبير على سلامته وسلامة بيئته المحيطة: لذلك كان لابد للإنسان من التدخل في عمليات تدبير النفايات الصلبة ومعالجتها بشكل علمي سليم، نظراً للمخاطر الصحية والبيئية لهذه النفايات والتي نذكر منها :

1-مخاطر على الصحة العامة للسكان ناجمة عن تكاثر نواقل المرض: ،سيؤدي تراكم النفايات الصلبة بما تحويه من مواد قابلة للتعفن والتخمر إلى تراكم أعداد هائلة من نواقل المرض كالذباب والحشرات الأخرى والصراصير والفئران، والتي تجد في النفايات الصلبة مكاناً مناسباً لنموها وتكاثرها، ومصدراً مستمراً لغذائها. وقد أكدت الأبحاث العلمية أن زوجاً واحداً من الذباب يمكنه أن ينتج 191 مليون ذبابة في المدة ما بين آذار وأيلول من العام نفسه، وهي قادرة على نقل أكثر من 42 مرضاً للإنسان والحيوان، وأنه لو ترك زوج واحد من الفئران للتناسل لمدة ثلاثة سنوات لأنتج 3.5 مليون فأر تنقل عديداً من الأمراض إلى الإنسان وتدمر جزءاً كبيراً من غذائه.

2-انتشار الحيوانات الضالة كالكلاب والقطط التي تسبب عدداً من الأمراض المعدية.

3-انتشار القاذورات والروائح الكريهة التي تؤثر بشكل كبير في النواحي الجمالية والسياحية والعامة للمنطقة، مما ينعكس سلباً على الروح المعنوية للسكان.

4-تصاعد الغبار المحمل بالنفايات، وإعاقة حركة المرور نتيجة تراكم النفايات على أطراف الشوارع والساحات العامة.

5-إمكانية نشوب الحرائق التلقائية، أو تلك التي تنشب بفعل بعض المواطنين بهدف التخلص من الروائح الكريهة، وكلتا الحالتين تؤديان إلى تلوث الهواء بالغازات والأبخرة التي تسبب التهاب العيون، والجهاز التنفسي للإنسان.

6-مخاطر صحية على الأولاد، وهم الأكثر عرضةً للأضرار الناجمة عن تراكم النفايات الصلبة في الشوارع، وذلك بحكم نشاطهم ولعبهم في الشوارع وخصوصاً في البلدان النامية.

7–مخاطر صحية على الأشخاص الذين تتعرض أجسامهم للتماس المباشر مع النفايات الصلبة (نابشي القمامة،عمال الجمع)، حيث تنتشر بينهم أمراض العيون والجلد الجهاز التنفسي.

8–تلوث المياه السطحية والجوفية بالعصارة الناتجة عن تحلل النفايات الصلبة، فضلاً عن تلوث التربة بالملوثات المختلفة الموجودة في النفايات الصلبة.

9–تلوث الهواء بالغازات المختلفة الناتجة عن عمليات تحلل النفايات الصلبة.

إن المخاطر السابقة ستكون أكبر بكثير عندما يتم الحديث عن النفايات الصلبة الصناعية الخطرة.

هكذا أخذت مشكلات النفايات الصلبة تنال اهتماماً دولياً، ولم يعد رمي النفايات الصلبة بشكل مكشوف في الطرق والساحات العامة حلاً لتجميع هذه النفايات، فأصبحت عمليات التخزين والتجميع تتم باستخدام حاويات مغلقة، وتطور نقل النفايات من عربات تجرها الحمير والبغال إلى النقل باستخدام السيارات ذات التحميل والتفريغ الآلي المجهزة بآليات كبس النفايات، وتطورت طرائق المعالجة من طرائق للتخلص من النفايات بإلقائها في البحر أو في مقالب مكشوفة إلى طرائق متقدمة للاستفادة من مكونات هذه النفايات وعناصرها للحصول على الطاقة والغاز الحيوي، واسترداد المواد المفيدة منها ...الخ.

وترتبط مشكلة النفايات الصلبة بعدد من الأمور المترابطة فيما بينها وهي:

1–زيادة معدل الطرح اليومي للفرد، والحجم العام للنفايات الصلبة .

2–زيادة تعقيد مواصفات النفايات الصلبة باحتوائها على كميات أكبر من العناصر الخطرة ايكولوجياً.

3–زيادة تشدد القوانين الحكومية الخاصة بالتعامل مع النفايات الصلبة.

4–زيادة معارضة السكان للطرائق التقليدية في معالجة النفايات الصلبة.

5–زيادة تعقيد اقتصاد إدارة النفايات الصلبة .

6–الارتفاع الحاد لسعر الانتفاع بالنفايات الصلبة.

7–دخول تكنولوجيات حديثة للانتفاع بالنفايات الصلبة .

8–لا يمكن تصور إدارة حديثة للنفايات الصلبة من دون الشركات الخاصة والاستثمارات الضخمة.

2-3- الإدارة المتكاملة للنفايات الصلبة:

Integrated Solid Waste Management

إن مفهوم إدارة النفايات الصلبة هو مفهوم واسع يشمل عمليات جمع النفايات الصلبة ونقلها وترحيلها والانتفاع بعناصرها، متضمناً أيضاً عمليات معالجة النفايات الصلبة، والإجراءات الخاصة بتخفيض كميتها.

لا يوجد نظام عالمي موحد لإدارة النفايات الصلبة، فلكل بلد نظام محلي مرتبط بعدد من العوامل مثل: كمية النفايات الصلبة وعناصرها، ومستوى الثروة الوطنية، ومستويات الأجور، وإمكانات التصنيع المحلي للتجهيزات اللازمة أو إمكانيات استيرادها.

لا تزال الشركات والمؤسسات البلدية المسؤولة عن النظافة في البلدان النامية تعاني حتى الآن من العجز حتى في عملية جمع النفايات الصلبة من الشوارع على الرغم من انخفاض العمالة نسبياً في هذه البلدان، وذلك نتيجة عدم توافر الوعي الصحي والبيئي العام، وعدم إمكانية توفير كامل التجهيزات الكفيلة بالحفاظ على بيئة نظيفة، وكذلك نظراً لقلة كفاءة الكوادر المؤهلة لتنفيذ الحلول المثلى لإدارة النفايات الصلبة.

ومن العوامل المؤثرة في التكلفة الاقتصادية لعمليات إدارة النفايات الصلبة نذكر:

1- أجور اليد العاملة، وعدد العمال المستخدمين.

2- طريقة المعالجة المستخدمة، ونظام الجمع المستخدم.

3- مواصفات أوعية الحفظ المستخدمة(سعتها ونوعيتها).

4- حجم المدينة المخدّمة، وبعد منطقة التخلص النهائي عن مراكز الجمع.

5- الوعي السكاني ومدى تجاوب المواطنين مع تعليمات المؤسسات المسؤولة عن عملية الجمع.

6- نوعية آليات جمع ونقل النفايات الصلبة وسعتها.

وبما أن خدمات إدارة مشروعات النفايات الصلبة، إحدى أكثر الخدمات الحضرية كلفةً، حيث تصرف مليارات الدولارات سنوياً في الدول الصناعية للتخلص من النفايات الصلبة وأضرارها البيئية، إلا أن أكثر من نصف هذه المبالغ تدفع على عمليات حفظ النفايات الصلبة وجمعها وترحيلها، لذلك لا بد من الإدارة المثلى لهذه المشروعات بغية تخفيف كلفة هذه الخدمات مع المحافظة على الوضع البيئي والصحي الجيد من خلال برامج متكاملة لإدارة النفايات الصلبة .

تبدأ برامج حل مشكلات النفايات الصلبة من خلال تغيير النظرة إلى النفايات الصلبة؛ فهي ليست مادة وإنما خليط مصطنع للمواد المختلفة، حيث تجتمع المواد المفيدة مع المواد غير المفيدة، والمواد السامة مع المواد غير السامة، والمواد القابلة للاحتراق مع المواد صعبة الاحتراق، ولا نفاجئ بحصولنا على خليط غير مفيد سام وصعب الاحتراق. وسيشكل هذا الخليط خطراً على الإنسان، وعلى البيئة المحيطة لدى معالجته في مواقع الردم الصحي، أو في مواقع الترميد، أو في معامل المعالجة. ويبنى الحل التقليدي لمشكلة النفايات الصلبة على أساس خفض التأثير الخطر لهذه النفايات في البيئة المحيطة عن طريق عزل مواقع الردم الصحي عن المياه الجوفية ومعالجة المطروحات الغازية لمواقع الترميد...الخ. بينما تتلخص النظرة غير التقليدية إلى مشكلة النفايات الصلبة في أنه بقدر ما تكون عملية ضبط المواد القادمة إلى موقع التخلص النهائي سهلة تكون عملية وصولها إلى البيئة المحيطة من هذه المواقع سهلة أيضاً. وبالتالي فإن أحد أهم مبادئ برامج حل مشكلات النفايات الصلبة تتلخص في أن النفايات الصلبة تتركب من عناصر مختلفة لا يفترض خلطها مع بعضها بعضاً، ويجب الانتفاع بها منفصلة عن بعضها بعضاً بأكثر الطرائق ملائمةً من الناحيتين الاقتصادية والايكولوجية.

تقترح هذه البرامج استخدام الطرائق التقليدية في معالجة الجزء غير المناسب للانتفاع من النفايات الصلبة، فضلاً عن ضرورة اتباع الإجراءات المناسبة لتخفيض كمية النفايات الصلبة، وللاستفادة منها كمصدر ثان للمواد الأولية.

إن استخدام تكنولوجيا واحدة في معالجة النفايات الصلبة لن تساعد في الحصول على الحل الفعال لمشكلة هذه النفايات مهما كانت هذه التكنولوجيا متقدمة، وبالتالي لا بد من دمج عدة برامج وعدة إجراءات مترابطة فيما بينها للحصول على الحل الأمثل لمشكلة النفايات الصلبة. ويستند اختيار الدمج المحدد للبرامج والإجراءات إلى دراسة مفصلة لتيارات النفايات الصلبة وتقييم الاقتراحات المطروحة ووضع المشاريع الاختبارية التي تسمح بجمع المعطيات التجريبية اللازمة واكتساب الخبرات.

تتابع خطوات (أولويات)البرامج المتكاملة لإدارة النفايات الصلبة:

Hierarchy of Integrated Solid Waste Management

يجري اختيار برامج حل مشكلة النفايات الصلبة لمنطقة معينة تبعاً لظروفها المحلية ومصادرها المختلفة. ويجري خلال تحديد هدف البرامج المرتكز على الاستفادة من النفايات الصلبة ضمن خطة استراتيجية ملائمة وضع تصور واضح عن أولويات برامج إدارة النفايات الصلبة. تحدد هذه الأولويات على مخطط تتابع يبين بدايةً الإجراءات الواجب اتباعها للتقليص الأولي للنفايات الصلبة عن طريق تقليص النفايات الصلبة من مصادر تشكلها، ثم الإجراءات الواجب إتباعها للتقليص الثاني لهذه النفايات عن طريق الاستفادة من النفايات الصلبة كمصدر ثان للمواد الأولية (الاسترجاع وإعادة الاستخدام)، وتُعد عملية معالجة الجزء المتبقي من النفايات الصلبة، التي لم يكن بالإمكان تجنب ظهورها ضمن كتلة النفايات ولم يكن بالإمكان كذلك إعادة استخدامها، هي آخر مراحل برامج حل مشكلة النفايات الصلبة، وبالتالي فإن أولى خطوات (أولويات) البرامج المتكاملة لإدارة النفايات الصلبة هي كما يأتي:

أولاً: تقليص النفايات الصلبة من مصادر تشكلها:

يقصد بمصطلح تقليص النفايات الصلبة من المصدر (Source Reduction) تخفيض كمية النفايات الصلبة، أو تخفيض سميتها أو الاثنتين معاً.

تُعد عملية تقليص النفايات الصلبة من مصادر تشكلها أولى خطوات برامج حل مشكلة النفايات الصلبة، وأهم الأولويات في عمليات إدارتها.

مع التزايد المستمر في كميات النفايات الصلبة كان لا بد من التفكير في تقليص هذه الكميات من مصادر تشكلها، حيث تُعد هذه الوسيلة أكثر الإجراءات فعاليةً في خفض كمية النفايات الصلبة، وخفض الأموال المنفقة على عمليات إدارتها ويتم ذلك من خلال:

1-ترشيد استهلاك المواد الأولية:

هناك علاقة مباشرة بين كميات النفايات الصلبة وكميات المواد الخام المستخدمة في السلع المختلفة، ولقد بدأت هذه الأمور تحظى باهتمام المختصين بعد التناقص الكبير للثروات الطبيعية نتيجة الاستهلاك الجائر لها، وقد تم عملياً تخفيض كميات المواد الخام المستخدمة في السلع المصنعة عبر تغيير تصميم المنتجات الاستهلاكية ونوعيتها عن طريق استخدام الحد الأدنى من المواد الأولية في هذه المنتجات والحد الأدنى من المواد السامة فيها، وهذا ما يمكن ملاحظته من خلال مقارنة التجهيزات المختلفة المصنعة حالياً مع تلك المصنعة في الخمسينيات من القرن العشرين. وقد لوحظ التوجه العام في البلدان الصناعية نحو إنشاء صناعات متطورة تقوم على الاستخدام الأمثل للثروات الطبيعية، وعلى التخفيض من تأثير منتجات هذه الصناعات في البيئة المحيطة، كما ازداد التوجه نحو صناعات تنتج نسباً عاليةً من النفايات القابلة للاستخدام المتكرر ضمن كتلة نفاياتها الصلبة.

2-زيادة العمر الاستثماري للسلع المنتجة:

إن رفع العمر الاستثماري للسلع الاستهلاكية التي يمكن أن ترمى في النفايات بعد انتهاء عمرها الاستثماري؛ كإطارات السيارات، والبطاريات المختلفة، والتجهيزات الكهربائية والميكانيكية...الخ، سوف يخفف من الكتلة الكلية للنفايات الصلبة.

3-تخفيض كمية المواد المستخدمة في تعليب وتغليف السلع الاستهلاكية:

تطورت مواد تغليف المنتجات الاستهلاكية كثيراً مع الزمن؛ فبعد استخدام المواد الزجاجية والخشبية والورقية دخل السولوفان والورق الألومينيي في العام 1929، ثم بدأت صناعة التغليف بالظهور في الحرب العالمية الثانية، لتتطور أكثر بعد الحرب؛ نظراً للانتشار الواسع للسوبر ماركت، ومطاعم الوجبات السريعة.

بدأت الشركات المسؤولة عن إدارة النفايات الصلبة في البلدان المتطورة التوجه منذ مدة طويلة نحو تنبيه المجتمع إلى ضرورة تخفيض التغليف الإضافي للمنتجات الاستهلاكية، حيث لاحظت أن القسم الأكبر من كتلة النفايات الصلبة البلدية يتكون من مواد التغليف، فتشكل هذه المواد حوالي % 30 من وزن النفايات الصلبة البلدية (حوالي % 50 من حجمها)، وتشكل المواد البلاستيكية حوالي % 13 من وزن مواد التغليف (حوالي % 30 من حجمها). ويلاحظ تضاعف كمية النفايات البلاستيكية في البلدان المتقدمة كل عشر سنوات، لذلك تُعد عملية خفض النفايات الناتجة عن عمليات التغليف إحدى أهم وسائل تقليص النفايات الصلبة. وبالتالي لا بد من تنبيه المواطنين إلى ضرورة تخفيض كمية المواد المستخدمة في تعليب السلع الاستهلاكية وتغليفها عبر وسائل الإعلام المختلفة بهدف:

- -تجنب التغليف غير الضروري للسلع، والهادف إلى لفت انتباه المشتري مثل تغليف المواد الصغيرة blister packaging والتي يجري وضعها على قاعدة كرتونية لامعة مزخرفة، ثم إغلاقها بالبلاستيك الشفاف.
- -التوجه نحو استخدام المنتجات ذات الاستخدامات المتعددة.
- -التوجه نحو تغليف أدنى للمنتجات الاستهلاكية بمواد غير ضارة من الناحية الايكولوجية، أو بمواد خام من الدرجة الثانية.

وقد فشلت الصناعة حتى الآن في معالجة بعض مواد التغليف المتداولة بغرض إعادة استخدامها، حيث إن بعض هذه المواد لا يمكن معالجتها نظراً لاحتوائها على عدة مواد غير متجانسة، فعلى سبيل المثال تتكون علب حفظ العصير من البلاستيك والكرتون والرقائق المعدنية، وتصنع علب حفظ الكتشب من عدة أشكال من البلاستيك تمنع حتى احتراقها الكامل في مواقع الترميد.

أما القسم الثاني من مهمة تقليص النفايات الصلبة والمرتبطة بتخفيض سمية هذه النفايات وذلك عن طريق إزالة النفايات الخطرة جداً مثل: المبيدات، والسميات الكيميائية، والمدخرات ...الخ من كتلة النفايات الصلبة البلدية، حيث يفترض بهذه المواد ألا تصل إلى مواقع التخلص النهائي التقليدية للنفايات الصلبة. وتُعد تكنولوجيا التخلص من هذه النفايات غالية، وتقوم بمهمة التخلص من هذه النفايات عادةً شركات تملك ترخيصاً من الحكومة بالقيام بهذه المهمة، وتغطى تكاليف ذلك من قبل المنتجين، أو شركات التأمين، أو الحكومة. تخصص عادةً أيام محددة يجري فيها جمع هذه النفايات، مثل برنامج جمع المدخرات في الولايات المتحدة الأمريكية.

ثانياً: الاستفادة من النفايات الصلبة كمصدر ثانٍ للمواد الأولية:

يجري الاستفادة من مكونات النفايات الصلبة عن طريق ما يأتي:

1-الاستفادة من عناصر النفايات الصلبة البلدية القابلة للاسترداد وإعادة التصنيع:

تقود عمليات إعادة استخدام عناصر النفايات الصلبة القابلة للاسترداد وإعادة التصنيع إلى تخفيض استهلاك هذه المواد وإلى تخفيض كميات النفايات الصلبة عموماً. تعد عملية تدوير عناصر النفايات الصلبة البلدية عمليةً مربحةً جداً؛ نظراً لكثرة المواد القابلة للاسترداد وإعادة التصنيع فيها وكذلك للديمومة العالية لهذه المواد. يمكن إعادة تصنيع الزجاج لأكثر من خمسين مرة، وكذلك يتميز البلاستيك بالديمومة العالية جداً، وبإمكانيات الاستخدام المتعدد، وكذلك الحال مع للورق والمعادن المختلفة. إن عمليات إعادة استخلاص الورق والكرتون من كتلة النفايات الصلبة تقود إلى التخفيف من كمية المواد الأولية المستخدمة في تصنيع عجينة الورق، وبالتالي خفض عدد الأشجار المقطوعة بغية صناعة عجينة الورق.

وتجري عادة دراسة إمكانيات استرجاع (Recovery) هذه العناصر منفصلة في أماكن تشكلها بغية إعادة استخدامها (Re-use) بشكل أفضل؛ فيتم فصل نفايات القمامة على الأقل وحدها والنفايات العضوية الأخرى منفصلة عنها، إذ يمكن الاستفادة من الأخيرة التي هي فضلات غذائية كعلف للحيوانات كالخنازير. وتجمع كذلك النفايات الصلبة الناتجة عن شركات تصنيع المواد الغذائية، والمسالخ، ومستودعات حفظ الخضروات والفواكه، وأسواق بيعها منفصلة للاستخدام كعلف للحيوانات. وكذلك تدرس إمكانيات الاستفادة من نفايات المناطق الحرة كجثث الحيوانات – مثلاً – ونفايات الأنقاض بشكل منفصل وقبل خلطها مع النفايات البلدية.

هناك عدد من عناصر النفايات الصلبة البلدية يمكن إعادة تصنيعها نذكر منها:

1-**الزجاج:** يجري إعادة تصنيع الزجاج المسترد بحالة جيدة عن طريق طحنه وإعادة صهره لإنتاج العبوات الزجاجية من جديد، أو إنتاج الصوف الزجاجي، أما بقايا الزجاج المخلوط مع مواد أخرى كالرماد والخزف فيجري استخدامها بعد معالجتها كمواد ملء في مواد البناء(الإسفلت الزجاجي). تقوم كثير من الشركات الخاصة المستخدمة للعبوات الزجاجية في بعض دول العالم بجمع العبوات الزجاجية وتطهيرها، ليعاد استخدامها من جديد للغرض نفسه.

2-**العبوات الفولاذية والألومينية:** تُعد عمليات تدوير(Recycling) العبوات الفولاذية والألومينية من أكثر عمليات التدوير ربحاً، وقد أثبتت بعض الدراسات الخاصة بإعادة استخدام العبوات الألومينية المستهلكة أن عمليات إعادة الاستخدام تكلف حوالي 5% فحسب من الكلف الضرورية لتحضير هذه العبوات من المواد الخام الأولية.

3-**الورق:** تستخدم النفايات الورقية منذ سنين طويلة بشكل مشترك مع السيللوز لتحضير عجينة الورق. يجري في الوقت الحالي استخدام النفايات الورقية المخلوطة أو ذات النوعية المنخفضة لإنتاج المحارم والكرتون. يمكن استخدام النفايات الورقية في مواد العزل الحرارية المستخدمة في مجالات الاقتصاد الزراعي.

4-**النفايات البلاستيكية:** تظهر النفايات البلاستيكية في كتلة النفايات البلدية ضمن سبعة أنواع، انظر الشكل (1-3):

-النوع الأول: Polyethylene terephthalate (PETE/1)

-النوع الثاني:High-density polyethylene (HDPE/2)

-النوع الثالث:Polyvinyl chloride (PVC/3)

-النوع الرابع:(LDPE/4) Low-density polyethylene

-النوع الخامس:(PP/5) Polypropylene

-النوع السادس: (PS/5) Polystyrene

-النوع السابع: :(7)Other multilayered plastic materials

الشكل (1-3):أنواع النفايات البلاستيكية الموجودة ضمن كتلة النفايات الصلبة البلدية.

ويجري تدوير النوع الأول (PETE) والثاني (HDPE) من هذه الأنواع لإنتاج بلاستيك عالي النوعية وبالمواصفات السابقة نفسها ، أما النوع الثالث (PVC) فلا يمكن استخدامه بعد التدوير والمعالجة إلا ضمن مواد البناء. تُعد عملية معالجة النفايات البلاستيكية المسترجعة من أغلى عمليات التدوير. يصعب إعادة تدوير البلاستيك نتيجة احتوائه على أنواع مختلفة من راتنجات البوليمر.

وهناك عدة برامج أعدت لتحسين إعادة استخدام كثير من عناصر النفايات الصلبة مثل Door step milk ، حيث تقوم الشركات الموزعة للحليب إلى المنازل بجمع العبوات الفارغة مباشرةً من المنازل، وإعادة استخدامها مرةً أخرى بعد التعقيم، وبرنامج(Tier trade) حيث تقوم الشركات المصنعة للإطارات بدفع ثمن الإطارات المستهلكة للسائقين لتقوم بإعادة تصنيعها بدلاً من رميها، وبرامج كثيرة أخرى.

ولا بد من دراسة اقتصادية-بيئية تسوغ عمليات إعادة استخدام عناصر النفايات الصلبة مباشرةً في أماكن تشكلها، أو في مراحل عمليات الجمع أو النقل أو الترحيل، أو في مواقع التخلص النهائي، حيث إن هذه العملية قد تكون غير مناسبة من الناحية الاقتصادية؛ كأن تكون كلف الاسترجاع وإعادة التصنيع عالية تفوق القيمة المادية للسلعة المنتجة، أو أن لا يقابل إعادة التصنيع سوقاً تستطيع استيعاب هذه الأنواع من المنتجات، وبالتالي ستتحول هذه المنتجات إلى نوع جديد من النفايات لا بد من التخلص منه بعد إضاعة الجهد والمال على إنتاجه، أو أن هذه العملية قد تكون غير مناسبة من الناحية البيئية كأن تخلّف السلعة المنتجة ضرراً أكبر من الضرر الناجم عن عملية دفن النفايات قبل إعادة تصنيعها.

إن تكنولوجيا إعادة تصنيع المواد المسترجعة من كتلة النفايات الصلبة البلدية لا تُعد العقبة الأساسية أمام تطور هذه الطريقة في حل مشكلات النفايات الصلبة؛ بل إن عملية فصل هذه العناصر عن كتلة النفايات الصلبة البلدية، أو من كتلة المواد المسترجعة هي العقبة الأساسية، مما قاد كثير من الشركات المسؤولة عن إدارة النفايات الصلبة إلى الاتجاه نحو فرز النفايات الصلبة البلدية من المصدر بمساعدة السكان.

بينت الخبرات الغربية في هذا المجال أن نجاح برامج فرز النفايات الصلبة من المصدر مشروط بعدة أمور:

-دراسة السوق المتوافرة لتصريف هذه المنتجات وتطوير هذه السوق.

-البدء من خلال البرامج التجريبية التي تسمح باكتساب الخبرات اللازمة، ودراسة واقع هذه البرامج بشكل مفصل.

-محاولة جذب السكان للمشاركة في هذه البرامج.

-وضع هدف واضح للبرنامج، فمثلاً نلاحظ أنه لدى وضع هذه البرامج في الولايات المتحدة الأمريكية كان الهدف هو الحصول على إعادة استخدام 25 % من النفايات الصلبة على مستوى البلد، وتصل هذه النسبة إلى 40% تقريباً في كثير من الولايات الأمريكية، بينما تصل هذه النسبة في مدينة سياتل الأمريكية إلى 60% على الرغم من أنه يمكننا الحصول على النسبة 90% على مستوى منطقة سكنية واحدة.

2- الاستفادة من مكونات النفايات الصلبة الصناعية كمصدر ثانٍ للمواد الخام:

بينت دراسة أجريت على النفايات الصناعية لإحدى المدن الصناعية في روسيا الاتحادية (مدينة نوفوتشيركاس) أن كتلة النفايات الصناعية تحتوي على 2230 طناً من الفاناديوم، 928 طناً من الكروم، و 11250 طناً من المغنيزيوم، و 4550 طناً من النيكل، و480 طناً من الزرنيخ، و 700 طناً من الزئبق، و 515 طناً من الرصاص، و 270 طناً من الثوريوم، و 160 طناً من اليورانيوم. ويكفي أن نعلم أن أحد مصانع الطاقة في هذه المدينة يقوم سنوياً بحرق 4.8-4.7 مليون طن من الفحم، أي ما يعادل 1.5 مليون طن من النفايات على شكل خبث ورماد فضلاً عن مئات الأطنان من الكبريت والكروم والفاناديوم والمغنيزيوم والزئبق، وعشرات الأطنان من النيكل والرصاص والثوريوم واليورانيوم التي تطرح مع الغازات الناتجة عن عمليات توليد الطاقة، حتى ندرك الكوارث البيئية الخطيرة جداً التي تحدثها هذه المواد إذا ما تم طرحها إلى البيئة المحيطة، يضاف إلى ذلك الخسارة الكبيرة التي ستلحق بالاقتصاد المحلي والعالمي ؛ لذلك كان لا بد من التفكير بالاستفادة من هذه المواد عن طريق استردادها واستخدامها مرةً أخرى في مختلف المجالات الاقتصادية.

3- اختيار طريقة المعالجة الأنسب ومحاولة الاستفادة قدر الإمكان من نواتجها:

يتم اختيار طريقة معالجة النفايات الصلبة استناداً لدراسات اقتصادية –تكنولوجية –بيئية مشتركة نقوم من خلالها بتحديد الطريقة الأنسب في التخلص من هذه النفايات، مع مراعاة الإمكانية القصوى للاستفادة من عناصر النفايات الصلبة، ومن نواتج هذه المعالجة (سماد، وطاقة ناجمة عن الاحتراق، وغاز حيوي ناتج عن خلايا الردم الصحي).

الإدارة المستمرة لمشاريع النفايات الصلبة:

Non-Stop Solid Waste Management

لا بد من المتابعة المستمرة والمتلاحقة للمتغيرات المؤثرة في إدارة مشاريع النفايات الصلبة ومنها:

1- التغير المستمر لمعدلات تراكم النفايات الصلبة وبالتالي كمياتها من يوم لآخر، ومن فصل لآخر، ومن سنة لأخرى .

2- التغير المستمر لمواصفات النفايات الصلبة مع الزمن، نذكر مثالاً على ذلك: ازدياد نسبة البلاستيك في كتلة النفايات الصلبة، وانخفاض نسبة الرماد مع الزمن .

3- تغير النشاطات المرتبطة بإدارة مشاريع النفايات الصلبة كالتمويل المادي، وأساليب التشغيل، واليد العاملة، والمعدات، والعقود، والاتفاقات .

3-3- البرامج البلدية المخصصة للجمع المنفصل لعناصر النفايات الصلبة القابلة للتدوير:

Municipal Programs of Solid Waste Recycling

لا يفترض بالسلطات المسؤولة عن المدينة الاهتمام بعملية إنشاء مصانع معالجة المواد المسترجعة من كتلة النفايات الصلبة؛ بل ستكون هذه السلطات مسؤولة عن تحديد أي عنصر أو أية عناصر يجب جمعها لإعادة استخدامها (يمكن الانطلاق من أسعار تسويق هذه المواد بعد المعالجة)، ويفترض بهذه السلطات اتخاذ الإجراءات الخاصة بفصل هذه المواد من التيار العام للنفايات في المناطق السكنية. ولا بد من الإشارة إلى أن أي منتج يتحول إلى نفاية لدى خلطه مع المنتجات الأخرى في حاوية الجمع؛ فالعربات المحملة بالعبوات الزجاجية الفارغة ليست عربات نفايات؛ بل عربات منتجات تجارية يمكن الاستفادة منها في الصناعة، خصوصاً إذا كانت كل العبوات من النوع نفسه.

يُعد الفصل الفعال لتيار النفايات مفتاح التنفيذ الناجح لبرامج إدارة النفايات الصلبة. ويمكن حل مشكلة فرز النفايات الصلبة بمجموعة واسعة من الحلول نذكر منها:

-الفرز الآلي: يقود استخدام المعامل الخاصة بفرز النفايات الصلبة إلى فصل تيار النفايات الصلبة المخلوطة الواردة إلى مدخل المعمل إلى تيارات المواد الملائمة لمتطلبات السوق وتيارات النفايات التي لا يمكن الاستفادة منها. يجري استخدام هذه الطريقة في فرز النفايات الصلبة في معامل التحويل إلى كومبوست وفي مواقع الترميد، حيث يمكن حل بعض مسائل فصل مواد الاستخدام الثاني كالمعادن على سبيل المثال، بهدف تحسين نوعية النفايات الصلبة القادمة إلى المعالجة .

–الفرز اليدوي إلى جانب الفرز الآلي: لا يمكن الحصول باستخدام التكنولوجيا فحسب على نوعية جيدة للمواد المسترجعة، حيث من الصعوبة فصل البلاستيك عن الورق، وكذلك فصل حطام العبوات الزجاجية عن بقايا الخزف، وبالتالي لا بد من استخدام الفرز اليدوي إلى جانب الفرز الآلي مما سيرفع من كلفة عملية الفرز.

–الفرز بمساعدة السكان: بما أن عمليات الفرز السابقة للكتلة الكلية للنفايات عمليات مكلفة، فقد لجأ المسؤولون عن إدارة النفايات الصلبة إلى محاولة البحث عن حلول بديلة لهذا الفرز؛ كأن يقوم السكان بأنفسهم بفرز نفاياتهم، وإيصالها إلى أماكن التسويق بمواصفات مناسبة للتسويق (كأن يقوم السكان على سبيل المثال بغسل الزجاجات الفارغة، وإزالة اللصاقة عنها...الخ)، أو أن يتم جمع النفايات الصلبة بشكل منفصل في أماكن تراكمها باستخدام نوعين من الحاويات: إحداهما للمواد القابلة للتدوير وأخرى للنفايات المتبقية، حيث ترسل المواد القابلة للتدوير إلى مصانع خاصة بعملية الفرز، ليتم بعد ذلك الاستفادة من المواد المنفصلة. تتطلب الطريقة الثانية تعاوناً يسيراً من السكان يتحدد في إلقائهم النفايات المناسبة في الحاوية المناسبة.

يعتبر الفرز بمساعدة السكان أكثر ملائمةً من الفرز الآلي للأسباب الآتية:

1–تنخفض أثناء الفرز بمساعدة السكان الضرائب المفروضة على السكان.

2– تُعد عملية الفرز بمساعدة السكان عمليةً أكثر اقتصاداً.

3–يشارك منتجو النفايات الصلبة مباشرةً في تحمل بعض العبء المتشكل أثناء حل مشكلة النفايات، مما يشكل دافعاً لدى هؤلاء لتخفيض كمية نفاياتهم.

وبالتالي فمن المنطق فرز، أو بالأصح عدم خلط عناصر النفايات الصلبة مع بعضها من المصدر بمساعدة السكان أو موظفي المنشآت المنتجة للنفايات الصلبة التجارية. إلا أن هذه البرامج لن تعمل من تلقاء نفسها، بل ستحتاج إلى وعي سكاني كبير وسلطات بلدية قوية. وسنشرح فيما يأتي أبرز البرامج المتبعة في هذا المجال والعوامل المؤثرة فيها.

جمع المواد القابلة للتدوير عن طريق مراكز الجمع الخاصة بذلك:

Drop-off Centers Used for Recyclable Solid Waste collection

تُعد هذه الطريقة من أيسر ما يمكن للسلطات المحلية اعتماده لجمع المواد القابلة للتدوير. إن مراكز الجمع عبارة عن أكشاك أو عدة حاويات أو ساحات فارغة، حيث يقوم السكان بتقديم، أو إلقاء المواد القابلة للتدوير المحددة في هذه المراكز (حاويات للورق والكرتون، والزجاج، والبلاستيك، والمعادن ...الخ).

وحتى تعمل هذه المراكز جيداً لا بد في البداية من إخبار السكان عن أماكن وجود هذه المراكز، مع شرح دقيق لقواعد الاستخدام : ماالذي يمكن إلقاؤه ؟ ، وفي أية حاوية ؟، وبأية حالة ؟، فعلى سبيل المثال تشترط بعض المراكز ضرورة غسل العبوات الزجاجية قبل إحضارها إلى المركز، ويوضح الشرح السابق أيضاً المواد التي لا يجوز طرحها مع كتلة النفايات الصلبة. ولا بد من الإشارة إلى ضرورة كتابة بعض الملاحظات المهمة أو رسمها (كأن يكتب مثلاً: يرجى عدم خلط زجاج النوافذ وزجاج الإضاءة مع العبوات الزجاجية) بشكل واضح وملحوظ في مكان جمع المواد القابلة للتدوير.

يطلب من السلطات البلدية إيجاد سوق للمواد المسترجعة وتنظيم عملية ترحيلها، ويمكن أيضاً المعالجة المقترحة لهذه المواد حتى تطابق المواصفات المطلوبة. إن مدى مرونة السلطات البلدية في ترحيل المواد المسترجعة سيؤثر في مدى تجاوب السكان مع هذا البرنامج.

كلما انخفض الجهد المطلوب من السكان في هذا البرنامج كانت نسبة مشاركتهم أكبر، إلا أنه من غير الممكن وضع المراكز المخصصة لجمع المواد القابلة للتدوير قريبة جداً من البناء السكني لكل مواطن، لذلك لا بد من البحث عن مركز تجاري ضخم يرتاده السكان مرة واحدة على الأقل في الأسبوع، حيث يقوم السكان من دون عناء كبير بنقل نفاياتهم القابلة للتدوير إلى المراكز المخصصة لذلك والواقعة بالقرب من المراكز التجارية هذه. تلعب مراكز الجمع دوراً مهماً في لفت أنظار السكان إلى مشكلات النفايات الصلبة، إلا أن هذا الدور قد ينقلب سلباً إذا لم يتم نقل المواد المسترجعة من هذه المراكز دورياً وبانتظام.

جرى في روسيا الاتحادية تطبيق تجربة ناجحة لجمع الورق، تتلخص في وضع حاويات مخصصة لذلك على مداخل الأبنية .وقد نجحت هذه التجربة من منطلق " إني بالطبع لن أقوم بنقل الورق المستهلك إلى أي مركز جمع، إنما إذا كانت الحاوية الخاصة بذلك موجودة قرب مدخل البناء فإني بكل سرور سألقي بالورق المستهلك فيها ". ويمكن أيضاً تحديد ساحات أو حاويات خاصة بالزجاج بحيث يقوم الشخص الذي لا يريد بيع هذه النفايات إلى المراكز المخصصة بنقلها إلى الحاويات الخاصة القريبة جداً من منزله.

جمع المواد القابلة للتدوير من السكان *Curbside Recycling :*

يقوم السكان في هذه الطريقة بترك نفاياتهم القابلة للتدوير ضمن أكياس خاصة على الرصيف في المكان الذي يقومون عادةً بوضع نفاياتهم فيه، أو يقوموا بتفريغ نفاياتهم القابلة للتدوير ضمن حاويات خاصة بذلك موجودة على الرصيف، قريباً من مكان إلقاء نفاياتهم الأخرى. يجري الجمع في بعض البلدان من مداخل الأبنية، أو من عتبات الأدراج.

يمكن أن تكون المشاركة في هذه البرامج طوعية أو إلزامية، ويمكن جمع مادة واحدة أو أكثر من المواد القابلة للتدوير. وفي حال جمع أكثر من مادة يقوم السكان بإلقاء كل شكل من أشكال هذه النفايات في الحاوية الخاصة به، أو بإلقائها جميعاً في حاوية واحدة، حيث تخضع النفايات في الحالة الثانية لعملية فرز إضافية في الشركات الخاصة بذلك. يمكن تنفيذ عملية الفرز هذه مباشرة على الرصيف من قبل العمال الذين يقومون بعملية الجمع، حيث تسمح هذه الطريقة بتنفيذ البرنامج مباشرة من دون تكاليف أولية، أي من دون الحاجة إلى إنشاء شركات الفرز، على الرغم من أن هذه الطريقة في الفرز تُعد أغلى من سابقتها على المدى الطويل.

كلما كانت الالتزامات المفروضة على السكان أعقد كلما كانت نوعية المواد المستردة أفضل، وكلما كانت الحاجة إلى إعادة المعالجة أقل كان احتمال النجاح الاقتصادي للبرنامج أكبر، وكان مستوى مشاركة السكان أقل.

يجري تنفيذ هذه البرامج في ألمانيا بشكل إلزامي عبر قانون فيدرالي، بينما يجري تنفيذها في الولايات المتحدة الأمريكية بشكل إلزامي في بعض المدن، وبشكل طوعي في بعضها الآخر.

الدوافع الاقتصادية لعملية فرز النفايات الصلبة:

Economical Stimulus of Solid Waste Separation

يجري في بعض البلدان إجبار منتجي النفايات على اختلاف أشكالهم بدفع مبلغ مالي تبعاً لحجم نفاياتهم. ولا تتركز أهمية هذه المبالغ في حصول البلديات على الأموال اللازمة لحل جزء من مشكلة النفايات الصلبة، فالسكان سيدفعون لقاء نفاياتهم ضرائب تساوي بينهم جميعاً، كما أن أهمية هذه المبالغ لا تتركز في تحقيق العدالة فحسب، إنما في أهمية الدفع التفاضلي لقاء النفايات في معرفة السكان بأن هذه النفقات يغرّم بها المجتمع نتيجةً للسلوك الاستهلاكي لبعض المواطنين، وكذلك في وضع الدوافع الخاصة بضرورة تغيير هذا السلوك.

لقد سبق أن ذكرنا أن كل برامج فرز المواد القابلة للتدوير تصبح ممكنة اقتصادياً نتيجة التكاليف العالية لعمليات نقل هذه المواد إلى مواقع التخلص النهائي، أي من وجهة نظر التكاليف فإن إعادة الاستخدام عملية مربحة أكثر من عملية الطمر، إلا أن هذا العامل غير كاف وحده من أجل الحصول على المشاركة الفعالة للسكان، وبالتالي لا بد من نقل هذه الفكرة إلى كل مواطن بأكثر الطرائق توفيراً ألا وهي طريقة الدفع التفاضلي لقاء النفايات.

تجبى القيمة التفاضلية لقاء النفايات تبعاً لحجم هذه النفايات. يمكن لهذا الغرض تحديد أوعية نظامية (أو أكياس)، يجري على أساسها وضع الحسابات.

قامت بعض البلديات بتنفيذ ذلك عن طريق بيع أكياس خاصة أو لصاقات على الأكياس، يحدد ضمن سعرها سعر عملية النقل للنفايات الصلبة، يقوم السكان بوضع نفاياتهم حصراً ضمن هذه الأكياس.

قامت بلديات أخرى بجباية ضرائب ثابتة خلال السنة يجري مقابلها توزيع عدد محدد من الأكياس أو اللصاقات، وفي حال ازدادت حاجة المواطن لهذه الأكياس عن العدد السابق يقوم هذا المواطن بشرائها إضافياً. ومن المهم جداً ألا تكون قيمة الضرائب

الثابتة كبيرة جداً بحيث لا تترك لدى السكان دافعاً لخفض كمية نفاياتهم، وكذلك ألا يبقى لدى السكان في نهاية السنة أكياس فارغة مدفوعة الثمن لا يمكنهم استرداد ثمنها، لأن ذلك سيؤثر في هيبة السلطات البلدية وفي الدوافع الاقتصادية لخفض كمية النفايات.

يجري جمع المواد القابلة للتدوير ضمن حاويات خاصة بذلك مجانياً أو لقاء مبالغ منخفضة جداً عن المبالغ المدفوعة لقاء النفايات غير المفروزة، فعلى سبيل المثال يجري في إحدى مدن بنسلفانيا بيع الأكياس المخصصة للنفايات غير المفروزة بسعر$2، بينما يجري بيع الأكياس المخصصة للمواد المسترجعة القابلة للتدوير بسعر$ 0.75 .

يشجع الدفع التفاضلي لقاء النفايات سكان البيوت المستقلة على تخمير نفايات الحدائق بأنفسهم. وبالمناسبة يجري في بعض المناطق السكنية، التي تشكل نفايات الحدائق فيها نسبة كبيرة من النفايات البلدية، إلزام السكان بالدفع التفاضلي لقاء نفايات الحدائق لاغير، بينما يقوم السكان جميعاً بالدفع المتساوي لقاء نفاياتهم المنزلية الأخرى. يقوم السكان في هذه المناطق بجمع نفايات حدائقهم ضمن أكياس خاصة مما يشجعهم على تخمير نفايات حدائقهم بأنفسهم، وكذلك سيقود في النهاية إلى تقليص النفايات، وإلى فصل نفايات الحدائق عن باقي كتلة النفايات مما يسهل عملية تخميرها من قبل البلديات.

يشجع الدفع التفاضلي لقاء النفايات على الاستخدام المتكرر لكثير من التجهيزات عن طريق إصلاحها أو بيعها أو إعطائها لمن يستفيد منها. يقوم بعض السكان أحياناً بالحصول مجاناً على التجهيزات المستخدمة من السكان، وتجميع هذه التجهيزات في مرآبه ليقوم ببيعها بأسعار زهيدة بعد بعض الإصلاحات الطفيفة عليها، حيث إن إعطاء هذه الأغراض مجاناً لهذا الشخص سيكون أرخص من رميها مقابل النقود. إن تنفيذ البلديات لبرامج مشابهة لبرامج هؤلاء الأشخاص عن طريق تخصيص ساحات لرمي الأغراض غير اللازمة، والتي لا تزال مفيدة بحيث يقوم الراغب من السكان في أخذ حاجته منها غير ممكن نظراً لتطبيق الدفع التفاضلي لقاء النفايات، حيث سرعان ما تمتلئ هذه الساحات بالنفايات العادية.

تشير إحدى الدراسات إلى انخفاض حجم النفايات نتيجةً لتطبيق الدفع التفاضلي لقاء النفايات بنسبة 18%. يشير معارضو هذه البرامج إلى أن انخفاض حجم النفايات يمكن أن يكون نتيجةً لزيادة كثافتها في أكياس الجمع، وليس نتيجةً لتطبيق الدفع التفاضلي لقاء النفايات. يشير سكان مدينة سياتل الأمريكية، وهي أول مدينة طبقت هذه البرامج، إلى أن تطبيق الدفع التفاضلي لقاء النفايات يشجع بعض السكان على التخلص من نفاياتهم بشكل غير قانوني كحرقها مثلاً في الحديقة الخلفية للمنزل، مما ينعكس سلباً على الوضع البيئي العام في المنطقة، وهذا أحد أسباب انخفاض حجم النفايات.

تقود الدوافع الاقتصادية في الواقع بعض الأشخاص إلى التخلص من نفاياتهم بشكل غير قانوني، وهذا أمر لا مفر منه، إلا أننا أشرنا سابقاً إلى أنه ليس هناك طريقة واحدة مستقلة نستطيع باستخدامها حل مشكلة النفايات الصلبة، وأن العناصر المختلفة للإدارة المتكاملة للنفايات الصلبة قادرة على دعم بعضها بعضاً، لذلك فمن المهم أن يترافق لدينا برنامج الدفع التفاضلي لقاء النفايات مع البرامج الفعالة الأخرى لتقليص النفايات الصلبة؛ أي أن يكون بإمكان السكان التخلص من جزء من نفاياتهم مجاناً أو بسعر منخفض؛ أي من المهم أن تنظر السلطات البلدية إلى الدفع التفاضلي لقاء النفايات كأحد عناصر برنامج حل مشكلة النفايات الصلبة وليس كوسيلة لتغطية النفقات البلدية المنفقة على نقل النفايات الصلبة.

وتجدر الإشارة إلى فعالية تطبيق سعر الرهن على بعض المنتجات، والذي يستطيع المستهلك استرداده لدى إعادة المنتج بعد الاستخدام، في تخفيض كمية هذه المنتجات ضمن كتلة النفايات العامة. يجب وضع سعر الرهن بدقة وتناسب، بحيث يكون أكبر من السعر المعروض من قبل البلديات على مواد التدوير، إلا أنه أيضاً يجب ألا يكون كبيراً جداً بحيث يشجع على سرقة هذه المنتجات. يجري عادةً وضع سعر الرهن على المنتجات التي يكون وقوعها في كتلة النفايات العامة غير مرغوب فيه مثل مدخرات السيارات.

مشاركة السكان في عملية فرز النفايات الصلبة:

Public contribution in Solid Waste Recycling

لا بد من الإشارة إلى أن الدوافع الاقتصادية والقوانين لن تحل مشكلة النفايات الصلبة من دون وجود الدوافع الأخلاقية لدى السكان، أي إنها لن تعوض عن ضرورة العمل مع المجتمع. لذلك يجب أن تحظى البرامج المطبقة باعتراف السكان بأنها برامج عقلانية وذكية وإلا فإنها ستشجع السكان على التصرفات اللاقانونية.

نستطيع زيادة فعالية مشاركة السكان في هذه البرامج عن طريق ما يأتي:

1–البدء بالمشاريع الصغيرة (المشاريع التجريبية): إن الأفكار الجديدة في المجتمع يتبناها عادةً أشخاص محددون، ثم تدخل تدريجياً إلى المجتمع الواسع، فمن الأفضل في البداية تنفيذ البرنامج بمشاركة أشخاص فعالين، مثلاً مشاركة 400 شخص تقريباً من أماكن مختلفة من منطقة المشروع المخدم، ولكن ليس بمشاركة حي سكني بتعداد 400 نسمة.

2–اطلاع السكان على المعلومات عن الحل المعتمد قبل ثلاثة أشهر أو أكثر من بداية البرنامج.

3–التعاون مع مختلف الهيئات والمؤسسات الاجتماعية.

4–التوجه إلى السكان بمعلومات واضحة ومحددة يجد السكان فيها الأجوبة على كثير من أسئلتهم، والتي تتضمن :

–لماذا يجب القيام بإعادة معالجة المواد القابلة للتدوير؟

–ما الفائدة التي ستلحق بالحي وبسكانه من جراء تطبيق هذا البرنامج؟

–متى وأين سيتم جمع المواد القابلة للتدوير؟

–كيف يتم تحضير المواد لعملية الجمع؟

يجب التوجه إلى السكان بإيجابية حتى لو كانت المشاركة إلزامية للسكان؛ أي يجب الحديث عن الفائدة من المشاركة، وليس عن العقوبة من عدم المشاركة.

5–التنظيم الدقيق لعمل البرنامج، والتخفيف قدر الإمكان من تغيير القواعد والظروف والتسلسل للعمليات.

6–يجب الانتباه للتفاصيل المرتبطة بالجهد المبذول، فعل سبيل المثال يمكن أن تغير الحاويات المخصصة للمواد القابلة للتدوير مستوى مشاركة السكان.

7–يجب أن يكون العمل مع المجتمع مستمراً بحيث يتم دوماً شحن مشاركة السكان في البرنامج عن طريق الملصقات والإعلانات الدورية عبر مختلف وسائل الإعلام، فضلاً عن ضرورة إجراء تقويم دوري لعمل البرنامج، ومحاولة تصحيح الأخطاء.

تظهر الخبرات في مجال هذه البرامج أن مشاركة السكان تزداد باضطراد إذا ما وزعت الحاويات الخاصة بالمواد القابلة للتدوير على السكان، كما ستعطي هذه الطريقة سبباً لمنظمي البرنامج للتوجه شخصياً إلى السكان. يجب أن تكون هذه الحاويات جميلة ولامعة ومختلفة عن الحاويات المخصصة لجمع النفايات العادية، كما يجب أن تزود بأيد للحمل أو بعجلات أو بكليهما. يفضل أن يكون في قعر الحاوية ثقب يسهل عملية غسلها. كما يجب أن يوضع على هذه الحاويات ملصق يشرح باختصار عن طريق الكتابة أو الرسم المواد التي يجب وضعها، وكيفية تحضير هذه المواد لذلك. كل هذه التفاصيل الصغيرة تؤثر بشكل جدي في عملية مشاركة السكان في هذه البرامج. تُعد منشآت الأطفال وخصوصاً المدارس أكثر الأقنية أهميةً للتأثير في السكان، حيث يُعد الأطفال أكثر تقبلاً للأفكار الجديدة وأقدر على نقلها إلى ذويهم.

أساليب جمع النفايات الصلبة

الأوعية المخصصة لأغراض الحفظ الجماعي:

استخدمت السلطات البلدية في أنحاء العالم عدة طرائق للحفظ الجماعي للنفايات الصلبة البلدية لم ينتشر منها إلا الحاويات المعدنية الثابتة والمنقولة نذكر منها :

1– المستودعات الكبيرة: وهي عبارة عن غرف من البلوك أو الخرسانة تتحدد سعتها تبعاً للمنطقة المخدمة وتواتر الجمع والمساحة المتوافرة. تُعد عملية تحديد المواقع المناسبة لإقامة هذه المستودعات من أهم مشكلات استخدام هذه الطريقة، حيث يعادل حجم المستودع الواحد حجم صندوق سيارة جمع النفايات الصلبة تقريباً(يستقبل كل من المستودعات المستخدمة في مدينة

الإسكندرية في جمهورية مصر العربية بشكل وسطي حوالي $20\ m^3$ من النفايات الصلبة البلدية يومياً)، هذا فضلاً عن ضرورة توفير المساحات الكبيرة حول هذه المستودعات والمخصصة لعمليات التفريغ، وكذلك ضرورة وصل هذه الساحات بطريق مناسب لإجراء عمليات مناورة سيارات جمع النفايات الصلبة.

2- المخازن الحاوية: والمخزن هنا عبارة عن حائط مضلع مصنع من الحديد أو الخرسانة بسعة $1\text{-}10\ m^3$ يحجز النفايات الصلبة خلفه. تقام هذه المخازن عادةً على حواف الطرق الفرعية أو على مقربة من الساحات الخالية، وتصمم بحيث يكون لها مدخل واحد لاغير يدخل منه السكان لإلقاء نفاياتهم، وكذلك يدخل منه عمال الجمع لتفريغ محتوياته ضمن سلال يحملونها لنقلها فيما بعد إلى سيارة الجمع المرافقة .

من مساوئ هذه الطريقة :

1-تراكم أكوام النفايات عند المدخل مباشرةً مما يجعل النفايات تتكدس خارج المخزن .

2-يجد نابشو القمامة والحيوانات الضالة، ونواقل المرض طريقاً سهلاً إلى النفايات.

3-تتعرض النفايات المتجمعة مباشرة إلى مياه الأمطار المتساقطة.

4-يتحول استخدام هذه المخازن عن الغرض المخصص له مما يجعل عملية جمع النفايات من هذه المخازن عمليةً خطرة صحياً على عمال الجمع.

3- أوعية الحفظ الخرسانية الثابتة: هذه الأوعية عبارة عن غرف من الخرسانة ذات فتحة سقفية لإلقاء القمامة وفتحة جانبية للتفريغ باستخدام الشوكات. يتراوح ارتفاع جدران هذه الأوعية $1.2\text{-}1.5\ m$، ولا تتجاوز سعتها $2\ m^3$. تعاني هذه الطريقة من صعوبات عملية التفريغ نظراً لأن النفايات ليست من المواد سهلة التدفق، فضلاً عن المشكلات الناجمة عن عطب أغطية فتحات التفريغ أو اختفائها بكاملها مما يجعل النفايات تنساب من خلالها، الأمر الذي يشجع السكان على إلقاء نفاياتهم فوق كومة النفايات الصلبة المتجمعة، وبالتالي لا بد من إجراء أعمال الصيانة الدورية على هذه الأغطية.

4- براميل سعة 400 لتر: تستخدم عادةً البراميل المستخدمة سابقاً لتوزيع الزيوت أو المنتجات النفطية، كوعاء رخيص الثمن لحفظ النفايات، على أن يكون له غطاء ومسكات تسهل عمليات الرفع والتفريغ. تحتاج هذه البراميل إلى الصيانة الدورية من قبل الشركات المسؤولة، حيث تدهن من الداخل بالبيتومين، ومن الخارج بمواد مقاومة للصدأ، وإلا فإن الحواف الحادة المتشكلة عن عملية الصدأ قد تصيب عمال الجمع بالجروح.

يمكن تحسين فعالية استخدام طرائق الحفظ الجماعي عن طريق التوعية المستمرة للمواطنين، والصيانة الدائمة لها مع عدم السماح بامتلاء أوعيتها ومخازنها، أو طفح محتوياتها، وكذلك عن طريق اختيار الموقع المناسب لهذه الأوعية.

لم تجد طرائق الحفظ الجماعي السابقة انتشاراً واسعاً في الاستخدام؛ نظراً لصعوبات الصيانة، وعدم إمكانية المحافظة على الظروف الصحية المناسبة حولها مع صعوبات عملية التفريغ من أوعيتها ومخازنها وتحولها دائماً عن الهدف الذي خصصت له، وعبث الأطفال بها، وانتشار الأوبئة والأمراض، والروائح الكريهة، والحشرات، والقوارض، والحيوانات الضالة حولها فضلاً عن المنظر السيئ الذي تسببه، وإمكانية وصول نابشي القمامة بسهولة إليها، وتعرضها المباشر للأمطار.

***الحاويات المعدنية** Metal Typical Containers :*

تستخدم الحاويات المعدنية بنوعيها الثابت والمنقول بشكل واسع جداً في الوقت الحالي، نظراً لمحاسنها الكثيرة مقارنة مع أساليب الحفظ الجماعي السابقة والتي نذكر منها :

1- أن للحاويات المعدنية ارتفاعاً يمنع وصول الأطفال إليها.

2- إمكانية تغطيتها، ومنع وصول الأمطار إليها، وتراكمها فيها.

3- سهولة صيانتها، وسهولة مكننة عملية جمع النفايات الصلبة منها.

4- ذات حجوم مختلفة تناسب معظم سيارات الجمع.

وعموماً يجب أن تتصف الحاويات المعدنية المستخدمة لحفظ النفايات الصلبة البلدية بالمواصفات الآتية:

1- يجب أن تنفذ الحاويات المعدنية من مواد كتيمة، وأن تكون ذات سطح داخلي أملس ويفضل أن يكون لها غطاء.

2- يجب أن تكون سهلة الغسل والتعقيم.

3- يجب أن تحافظ على الأمان الصحي للبيئة المحيطة؛ أي ألا تتبعثر النفايات منها، وألا تتطاير.

يشترط في مكان وضع الحاويات المعدنية ما يأتي:

1- يجب أن تكون بعيدة عن البيوت السكنية، ومنشآت الأطفال، والمنشآت الغذائية، وأمكنة استراحة السكان بمسافة لا تقل عنm 20 ولا تزيد عن 100 m عن المنشآت المخدمة.

2- يجب أن يتناسب حجمها مع حجم النفايات المتراكمة بين تواترين متتاليين للجمع، وأن يكون عددها مناسباً تماماً ،فزيادة عدد الحاويات سوف يتسبب بارباك لعملية الجمع، بينما يسبب نقص عددها تراكم النفايات الصلبة حولها.

3- يجب ألا يعيق مكان وضع الحاويات حركة مرور السيارات أو الأشخاص ، فيجب أن تبعد عادةً عن مواقف الباصات، وعن منعطفات الطرقات.

4- يفضل أن تحاط الحاويات بسور خرساني، أو بلوكي، أو شبكي، أو قرميدي، أو بمزروعات خضراء كالياسمين مثلاً.

5- يجب أن توضع الحاويات على مساحات إسفلتية أو خرسانية مستوية (غير متعرجة) مع ميل خفيف باتجاه اقتراب سيارات الجمع % 0.02 تقريباً.

6- يجب أن توضع الحاويات على مسافة لا تقل عن 1m عن سورها، وبحدود 35cm عن بعضها بعضاً في حال وجود أكثر من حاوية في موقع واحد.

3-4- أساليب جمع النفايات الصلبة المنزلية من المناطق السكنية:

هناك عدة أساليب لجمع النفايات الصلبة المنزلية من المناطق السكنية تختلف عن بعضها بحجم العمل المطلوب من ساكن المنزل وهي :

1- الجمع من نقاط الحفظ الجماعي:

يتسم هذا الأسلوب بالسهولة والكلفة المتدنية، إلا أن قسما كبيرا من النفايات المنزلية سوف يلقى في الشوارع المؤدية لنقاط الحفظ الجماعي هذه في حالات تباعدها الكبير، وذلك بسبب تكاسل السكان البعيدين عن هذه النقاط من إيصال نفاياتهم إليها، مما يزيد بشكل كبير من تكاليف تنظيف الشوارع. تتبع إنتاجية سيارة الجمع اليومية لنوعية نقاط الحفظ الجماعية المستخدمة وسعتها.

2-الجمع من المربع السكاني:

تقوم سيارة الجمع طبقا لهذا الأسلوب بالسير في طريق محدد وثابت وعلى مراحل منتظمة مرة كل يومين أو كل ثلاثة أيام، وتتوقف السيارة عند كل مفترق وتدق جرسا يدعو سكان الحي إلى حمل قمامتهم بأنفسهم إلى السيارة وتسليمها إلى العمال لتفريغها وإعادتها. يتميز هذا الأسلوب بأنه يحافظ على الشوارع نظيفة إلا أن التخلف عن موعد السيارة أو الغياب خارج المنزل في هذا الوقت يعني تراكم النفايات في المنزل حتى الموعد الجديد للسيارة. يمكن أن يعمل على سيارة الجمع عامل واحد لاغير بإنتاجية 10 tons تقريباً يومياً للسيارة.

3-الجمع من حافة الرصيف:

يحتاج هذا الأسلوب إلى خدمة منتظمة، ومواعيد عمل دقيقة للغاية، حيث يقوم السكان بوضع أوعيتهم على الرصيف قبل مواعيد التجميع، ويسترجعونها بعد إتمام التفريغ، إلا أن سرقة هذه الأوعية، أو عبث الأولاد بها بسبب تكاسل السكان في استرجاع أوعيتهم بسرعة بعد التفريغ يسيء إلى الناحية الجمالية للشوارع، لذلك يفضل في هذا الأسلوب استخدام الأكياس البلاستيكية بدلاً من استخدام الأوعية القابلة للتنظيف وإعادة الاستخدام. يفضل أن يتم الجمع بهذا الأسلوب يومياً بدلاً من الجمع مرة واحدة أو

مرتين في الأسبوع كما في الولايات المتحدة الأمريكية. يمكن أن يعمل على سيارة الجمع عامل واحد يجمع النفايات من رصيف واحد للشارع أو عاملان يقومان بالجمع عن طرفي الشارع.

4–الجمع من باب إلى باب:

لايقوم صاحب البيت بأي دور في هذا الأسلوب من الجمع، حيث يقوم عامل الجمع بالدخول إلى حديقة المنزل أو ساحته، أو يطرق بابه ليحمل وعاء النفايات إلى السيارة لتفريغه وإعادته. وهذا الأسلوب مكلف في حالات التجميع على مراحل متقاربة، حيث إن السيارة تفقد جزءاً كبيراً من إنتاجيتها مما يفرض تخفيض تواتر عملية الجمع، وذلك ما يجعل هذه الطريقة غير مناسبة للمناطق الحارة .

استخدمت قديماً أنظمة صرف النفايات الصلبة المنزلية ضمن شبكات الصرف الصحي، وذلك بعد طحن هذه النفايات ضمن أحواض مشابهة للمجالي موزعة على المطابخ السكنية، ومزودة بفرّامات تقوم بتقطيع الفضلات الغذائية بعد حلها بالماء بمعدل 8-10 l لكل 1-4.5 kg من الفضلات الغذائية. إلا أن هذه الأنظمة لم تجد انتشاراً واسعاً للأسباب الآتية:

1–لا يمكن التخلص من جميع عناصر النفايات الصلبة المنزلية بهذه الطريقة، لذلك لا بد من عمليات الجمع والنقل التقليدية لعناصر النفايات الأخرى رغم سهولة هذه العمليات مقارنةً مع عمليات الجمع والنقل التقليدية للنفايات الصلبة المنزلية التي تحوي في تراكيبها فضلات الطعام سريعة التعفن.

2–الضجيج العالي المتشكل نتيجة عمل الفرّامات المركبة في الشقق السكنية.

3– الجهد الكبير الذي تفرضه هذه الفرامات على الشبكة الكهربائية. ويقدر مصروف الطاقة بحدود 15-20 kW لكل كيلوغرام واحد من النفايات الصلبة المنزلية.

4–تشكل الفضلات الغذائية المطحونة عبئاً كبيراً على شبكة الصرف الصحي وعلى محطات المعالجة.

5–إن ظروف النقل الهيدروليكي للنفايات الصلبة تفرض متطلبات قاسية على أبعاد النفايات المنقولة والتي يجب ألا تزيد أبعادها عن 7-10 mm.

6–زيادة الاستهلاك المائي نتيجة ضرورات حل الفضلات الغذائية بالماء.

4-5- قساطل صرف النفايات الصلبة:

تُعد أنظمة صرف النفايات الصلبة ضمن قساطل الصرف من أكثر أنظمة تجميع النفايات الصلبة راحةً بالنسبة لسكان الأبنية متعددة الطوابق والعالية، حيث يقوم الساكن برمي النفايات الصلبة ضمن قسطل شاقولي عبر صمام استقبال النفايات الموجود على طابقه أو على طابق أعلى أو أخفض من طابقه، لتصل إلى الحاويات الموجودة في أسفل هذا القسطل ولتنقل بعدها إلى سيارات الجمع.

قسطل الصرف الجاف البارد *Cold Dry Vertical Gravity Trash Chute*:

تُعد هذه الأنظمة أكثر أنظمة القساطل انتشاراً حيث يمكن إنشاء هذه الأنظمة في الأبنية الآتية :

1–الأبنية السكنية التي يرتفع فيها مستوى أرضية الطابق الأخير عن مستوى الأرض أكثر من 11.2 m.

2–أبنية التعليم العالي التي يزيد عدد طوابقها عن ثلاثة طوابق .

3–الفنادق التي تتسع لأكثر من 100 مكان .

4–المشافي التي تزيد عن طابقين فأكثر، والتي تتسع لأكثر من 250 سريراً.

5–الأبنية العامة الأخرى ذات الارتفاع الطابقي أكثر من 5 .

تنشأ هذه القساطل في بيت الدرج أو قريبا من الأدراج الخارجية في المناطق الحارة، أما في المناطق الباردة فيفضل وضعها في عمق البناء. توضع قساطل صرف النفايات الصلبة في الأبنية العامة قريبة من غرف الخدمة.

قسطل الصرف الحار *Hot Vertical Gravity Trash Chute:*

يبنى هذا القسطل بشكل رئيسي في المنشات العلاجية، حيث يتم التخلص من النفايات الخطرة بيولوجياً بشكل مباشر في أماكن تشكلها. تزود الحجرة السفلية لهذا القسطل بتجهيزات خاصة بإمداد الغاز وحرق النفايات. تجري عمليات الحرق مرة واحدة على الأقل يوميا ويفضل أن تتم هذه العمليات ليلاً. يجب دراسة عمليات الإزالة المرافقة لمنتجات الحرق (الخبث، بقايا الاحتراق المتطايرة) وتُعد هذه المنتجات من أكبر مساوئ هذا القسطل،الأمر الذي قلّص بشكل كبير من انتشاره في الاستخدام .

قسطل الصرف الرطب *Wet Vertical Gravity Trash Chute:*

تزود الحجرة العلوية في هذا القسطل بتجهيزات خاصة بإمداد المياه وتوزيعها لغسل السطح الداخلي من القسطل، أما الحجرة السفلية فتجهز بخزان تجميع مع تجهيزات طحن وتفتيت النفايات موصولة مع خزان وسيطي مرتبط بأنظمة الصرف الصحي. تقوم أجهزة التفتيت بفرز النفايات أوتوماتيكياً بحيث يتم إخراج المواد غير العضوية والمعادن من كتلة النفايات المطحونة. لم يجد هذا النظام استخداماً واسعاً بسبب غلاء تجهيزاته، وارتفاع تكاليف إنشائه .

تخديم قسطل الصرف الجاف البارد *Serving of Vertical Gravity Trash Chute:*

يتم تخديم قساطل الصرف الجاف من قبل عناصر خدمة مخصصة لذلك، وتتضمن عمليات التخديم ما يأتي :

1-الإزالة المستمرة والدورية للنفايات من حجرة الاستقبال السفلية، وغسل الحاويات بعد كل عملية تفريغ .

2-التطهير الدوري لعناصر القسطل، والتنظيف اليومي الرطب للحجرة السفلية وصمامات الاستقبال والأرضيات الواقعة أسفل هذه الصمامات بواسطة محاليل مائية من الصودا والصابون.

3-الكشف الصحي على عناصر القسطل(وجود نواقل المرض) وإخبار الجهات المختصة عن الوضع غير الطبيعي.

4-الكشف على كتامة إغلاق الصمامات ووضع الجوانات المطاطية وعمل أنظمة التهوية، وعمل المضخات في حالات تواجدها .... الخ وذلك مرتين في الشهر على الأقل.

5-السيطرة على الانسدادات في حالات حدوثها .

يضاف إلى التخديم السابق عمليات الإصلاح الدوري على عناصر القسطل مرة واحدة كل خمس سنوات، ويتم إجراء إصلاحات شاملة على مجموعة القسطل مرة كل تسع سنوات.

إن عمل هذه الأنظمة يستند إلى تعاون السكان، لذلك يجب أن يتم توعية السكان دوماً بخصوص استخدام هذه القساطل عن طريق النصائح الآتية:

1-يجب إلقاء النفايات على دفعات غير كبيرة، ويجب تفتيت النفايات الكبيرة لتسهيل عبورها عبر الصمام، وينصح بتغليف النفايات المفتتة قبل إلقائها في القسطل.

2-يمنع إلقاء النفايات القابلة للانفجار أو المحتوية على مواد قابلة للاشتعال.

3-تنقل النفايات الضخمة التي لا يمكن تجزئتها إلى حاويات خاصة موضوعة في المنطقة.

1-5-أنظمة جمع النفايات الصلبة البلدية بطريقة الحاويات المعدنية:

Municipal Solid Waste Collection by Container Systems

هناك نموذجان لأنظمة جمع النفايات الصلبة البلدية بطريقة الحاويات المعدنية هما: أنظمة الحاويات المنقولة، وأنظمة الحاويات الثابتة. ويعتمد اختيار هذا النظام أو ذاك لمنطقة ما على العوامل الآتية:

1-الظروف الصحية المفروضة على المنطقة، والتي تحددها درجة رفاهية هذه المنطقة.

2-دورية المعالجة الصحية للحاويات، وإمكانية إجراء هذه العملية مباشرةً في مكان وجود الحاوية.

3-الكثافة السكانية، وغزارة توليد النفايات الصلبة.

4-وجود المشاريع الفصلية في المنطقة المدروسة(المعارض، والمهرجانات، والشاليهات البحرية، والمسابح البحرية الصيفية...الخ) .

5-بُعد مكان التخلص النهائي، أو محطة الترحيل في حال وجودها عن منطقة التخديم.

6–نوع سيارات جمع النفايات الصلبة المتوافرة وعددها.

أنظمة جمع النفايات الصلبة بطريقة الحاويات المنقولة:

Municipal Solid Waste Collection by a Hauled Container Systems

يتم في هذه الأنظمة حفظ النفايات ضمن حاويات نظامية، تقوم سيارة الجمع بنقلها مع النفايات إلى مواقع التخلص النهائي، أو محطات الترحيل في حال وجودها، ليتم تفريغها وإعادتها فارغة ونظيفة إلى موقعها الأساسي. وهناك أنواع كثيرة لهذه الأنظمة بحسب أنواع المركبات المستخدمة ،حيث تستخدم العربات القلابة والعربات المقطورة...الخ. تقوم المركبات بنقل حاوية واحدة في كل رحلة أو بنقل عدة حاويات ، حيث تقوم المركبات التي تنقل عدة حاويات في عربتها باستبدال الحاويات الممتلئة بالنفايات بحاويات فارغة ونظيفة دون العودة بعد كل تبديل إلى موقع التخلص النهائي أو محطة الترحيل. يكثر استخدام هذه الأنظمة عند جمع النفايات الضخمة ونفايات الأنقاض، وفي جمع نفايات المشاريع الفصلية، وكذلك لجمع نفايات المناطق ذات التوليد الغزير للنفايات الصلبة، والمناطق الحارة ذات الرفاهية العالية وذلك نظراً لإمكانية استخدام حاويات بأحجام كبيرة.

إن استخدام هذه الأنظمة في عمليات الجمع يحافظ على ظروف صحية عامة جيدة نسبياً، حيث إن عمليات غسل الحاويات تحدث في مواقع التخلص النهائي وبعد كل عملية تفريغ، فضلاً عن عدم وجود تماس مباشر لعمال الجمع مع النفايات الصلبة.

أنظمة جمع النفايات الصلبة البلدية بطريقة الحاويات الثابتة:

Municipal Solid Waste Collection by a Stationary Container Systems

يتم تفريغ حمولة الحاويات في هذه الأنظمة في أماكن حفظ النفايات الصلبة ضمن سيارات مخصصة لذلك، تحوي تجهيزات كبس النفايات الصلبة داخل السيارة. تقسم هذه الأنظمة بحسب آلية تحميل النفايات الصلبة إلى أنظمة ذات تحميل يدوي، وأنظمة ذات تحميل آلي. يتم استخدام الأنظمة ذات التحميل اليدوي في حالات الجمع من المساكن المتفرقة عند استخدام الأوعية غير النظامية، وفي حالات تعذر وصول السيارة إلى نقاط التجميع.

وبفضل السماح بتعدد أشكال الحاويات الثابتة وأحجامها، لأن ذلك ينعكس إيجاباً على إمكانيات جمع النفايات الصلبة بأشكال مختلفة تناسب مختلف مصادر النفايات الصلبة .

6-4- تواتر عمليات جمع النفايات الصلبة البلدية :

إن تواتر عملية الجمع هو عبارة عن الزمن الذي يفصل جمعين متتاليين للنفايات الصلبة من أمكنة حفظها، وبالتالي فللتواتر علاقة مباشرة مع الظروف المناخية للمنطقة ومستوى رفاهيتها، يضاف إلى ذلك الظروف الاقتصادية للسكان، ومستوى الضرائب المفروضة من قبل المؤسسات البلدية على عمليات النظافة.

يمكن تصنيف تواترات عمليات الجمع للنفايات الصلبة البلدية كما يأتي:

1–التواتر مرة واحدة كل أسبوع : يتسم هذا التواتر بانخفاض الكلفة اللازمة لعملية الجمع، أي انخفاض الجهد المبذول، وكذلك انخفاض استهلاك وقود السيارات، إلا أن التخزين الطويل للنفايات الصلبة قد يسبب مشكلات صحية وبيئية في منطقة التخديم، تتمثل بانتشار نواقل المرض والروائح في المنطقة، مما يفرض تنفيذ هذا التواتر في المناطق الباردة مع مراعاة ضرورة الإدارة الجيدة لعمليات جمع النفايات الصلبة.

2–التواتر مرتان في الأسبوع: تزداد الكلفة الاقتصادية في هذا التواتر مقارنةً مع التواتر السابق بينما تقل نسبياً المشكلات الصحية والبيئية في منطقة التخديم. ينتشر استخدام هذا التواتر في المناطق المعتدلة .

3–التواتر أكثر من مرتين أسبوعياً: تزداد الكلفة الاقتصادية كثيراً لدى اعتماد هذا التواتر، إلا أنه في الوقت نفسه تتحسن الظروف الصحية والبيئية للمنطقة المخدمة كثيراً مقارنةً مع التواترين السابقين، فتقل النفايات المتراكمة حول الحاويات، وكذلك الروائح المنبعثة منها ونواقل المرض. ويتغير هذا التواتر من ثلاث مرات أسبوعياً وحتى مرتين في اليوم الواحد. يجري اعتماد هذا

التواتر في ظروف المناطق ذات الكثافة السكانية العالية، وكذلك في المناطق ذات الرفاهية العالية، ونضطر لاعتماد هذا التواتر في ظروف الحارات الضيقة، والحارات التي يتعذر فيها وضع حاويات كبيرة، وكذلك في المناطق الحارة.

أما فيما يتعلق بتواتر عمليات جمع النفايات الصلبة غير المنزلية فإنه يتبع معدلات تراكم النفايات الصلبة وكمياتها الكلية وكذلك خدمات الجمع المفروضة، أي ضرورات الحفاظ على وضع صحي معين.

6-5- خطوط سير الجمع (مسالك سيارات الجمع):

إن خطوط سير الجمع تصف حركة السيارات أثناء تنفيذها لعملية جمع النفايات الصلبة منذ بداية إقلاعها من المرآب وحتى عودتها إليه في نهاية العمل. يتم على مسالك الجمع تحديد بداية الجمع ونهايته واتجاه حركة السيارة مع التوضيح الكتابي لأسماء مناطق التخديم للرحلة الواحدة للسيارة، ويجري عادةً وضع مخطط تفصيلي لأوقات الحركة بحيث يمكن تحديد موقع السيارة أثناء العمل، وزمن وصولها إلى مكان التفريغ، وزمن إرسالها إلى الرحلة التالية.

حتى نقوم بوضع خط سير الجمع ومخطط حركة السيارة لابد من توافر المعطيات الآتية:

1-معلومات تفصيلية عن المشروع المخدم: والمقصود بذلك معدلات تراكم النفايات الصلبة، وحجوم هذه النفايات الأسبوعية، وتواتر عملية الجمع، وعدد الحاويات المطلوبة وسعاتها وأماكن وضعها، وطبيعة اقتراب السيارة منها، وكذلك الإضاءة حول هذه الحاويات.

2-معلومات معمارية لمنطقة المشروع تبين مخطط القطاعات السكنية والمساحات حولها.

3-معلومات عن نظام عمل الطرق في المنطقة: ويتضمن ذلك قواعد الحركة على الطرق، وكثافة الحركة عليها، وتفرعاتها الداخلية.

4-معلومات متعلقة بالمؤسسات المسؤولة عن عملية الجمع: وتتضمن هذه المعلومات أنواع المركبات والسيارات المتوافرة لدى هذه المؤسسات، وحجم الطاقم العمالي الذي يمكن تأمينه، فضلاً عن الأنظمة الداخلية لهذه المؤسسات.

يجري وضع خط سير الجمع ومخططات حركة الآليات من قبل أختصاصيي النفايات الصلبة، وذلك عن طريق الخطأ والصواب أو بالاستخدام الرياضي لنمذجة عملية جمع النفايات الصلبة، ويجب خلال ذلك مراعاة ما يأتي:

1- أن يكون خط سير الجمع مستمراً، وأن يكون مرور السيارة أكثر من مرة في الشارع نفسه أقل ما يمكن.

2- أن تحدد بداية خط سير الجمع الصباحي أقرب ما يمكن إلى المرآب عندما يبدأ يوم عمل السيارة من المرآب.

3- أن يتجه خط سير الجمع قدر الإمكان نحو مكان التخلص النهائي؛ أي أن تكون الحاوية الأخيرة أقرب ما يمكن إلى مكان التخلص النهائي.

4- تجميع النفايات في الشوارع ذات الازدحام الكبير جداً، وكذلك الشوارع ذات حركة المشاة الكبيرة جداً قبل ساعات الذروة.

5- تجميع النفايات من الشوارع ذات الانحدار الكبير (% 15-12) باتجاه موافق لميل هذه الشوارع.

6- استخدام -ما أمكن- الأكواع اليمينية إلى الشوارع الفرعية في القطاعات السكنية، وذلك لتجنب التقاطع مع الحركة المقابلة للسير، أو المناورة على التقاطعات المتصالبة.

7- تجميع نفايات المناطق التي تولد أكبر كمية من النفايات خلال الجزء الأول من النهار.

يجب أن تتم متابعة خطوط سير الجمع، ومخطط عمل الآليات باستمرار أثناء عملية الاستثمار، وكذلك لا بد من متابعة التغيرات التي تطرأ على الظروف المحلية مثل:

1-ازدياد كمية النفايات المتشكلة أو انخفاضها.

2-تغير تركيب المشاريع المخدمة.

3-تغير ظروف الحركة على القطاع المخدم؛ كتغير حركة السير على أحد الطرق، أو تغير نظام الجمع، أو نوعية آليات الجمع.

تجري عمليات تخطيط مسالك سيارات الجمع وفق المراحل الآتية:

1- تحضير الخرائط المحلية لمواقع الجمع حيث يتم تحديد مواقع وضع الحاويات في كل موقع، وتحديد تواتر عملية الجمع مع تسجيل الكمية التقريبية للنفايات المتشكلة عند التحميل الآلي لها.

2- تحضير بعض المعلومات الموجزة؛ كتقدير كمية النفايات التي يمكن تجميعها يومياً، وعدد المواقع التي يمكن تخديمها خلال دورة.

3- رسم المسالك التمهيدية لكل سيارة جمع خلال يوم عمل كامل ابتداءً من المرآب وحتى العودة إليه بعد انتهاء العمل.

4- موازنة المسالك التمهيدية لسيارات الجمع، ويقصد بذلك الحسابات التفصيلية لهذه المسالك وتعديلاتها استناداً لذلك.

محطات ترحيل النفايات الصلبة

نشأت ضرورة إنشاء محطات الترحيل المرحلية للنفايات الصلبة بعد التوسعات الكبيرة جداً للمدن، وذلك نتيجة الانتقال إلى مواقع معالجة بعيدة نسبياً عن المدينة (أبعد من 16km)، وبالتالي انخفاض إنتاجية عمل آليات جمع النفايات الصلبة مما فرض ضرورة نقل النفايات الصلبة على مرحلتين، حيث تنقل النفايات الصلبة في المرحلة الأولى باستخدام آليات الجمع التقليدية إلى محطات ترحيل مرحلية قريبة، ليتم في المرحلة الثانية نقل النفايات إلى مكان التخلص النهائي بواسطة آليات ضخمة ذات خزانات كبيرة وتجهيزات ضغط وكبس متطورة. ويستخدم لهذا الغرض الشاحنات الضخمة والقطارات، وفي بعض البلدان البوارج النهرية والبحرية.

وقد أظهرت التجارب الاستثمارية أن استخدام هذه المحطات يؤمن كثيراً من المحاسن مقارنةً مع النقل المباشر ومنها:

1-انخفاض كلف نقل النفايات إلى مكان التخلص النهائي نظراً لانخفاض عدد آليات جمع النفايات وعدد العمال المطلوبين لعمليات جمع النفايات الصلبة، وكذلك نتيجةً للتخفيف الكبير من الوقت الضائع على هامش مسلك الجمع.

2-إمكانية مراقبة تركيب النفايات المجمعة، وإمكانية استرداد المواد القابلة لإعادة التصنيع منها وذلك في موقع محطة الترحيل.

3-استبعاد ازدحام الآليات على المطامر الصحية، وبالتالي تحسين العملية التكنولوجية لرص النفايات.

4-تخفيض عدد المطامر الصحية.

5-تخفيف شدة الحركة على الطرق الرئيسة.

إلا أن الجدوى الاقتصادية من بناء محطات الترحيل المرحلية مرتبطةً بعديد من العوامل مثل :

1-نموذج محطة الترحيل وتجهيزاتها وعددها ضمن المدينة الواحدة.

2-نماذج آليات النقل الضخمة وإنتاجياتها.

3-اختيار موقع محطة الترحيل وحجمها وحركة السير إليها.

وبالتالي فإن اقتراح إنشاء محطات الترحيل مرتبط بدراسة اقتصادية لجدوى هذا الاقتراح، وذلك بمقارنة الكلف الإنشائية والاستثمارية لهذه المحطات مع الوفر الناجم عن تخفيض زمن رحلة سيارة الجمع. وحتى يكون اقتراح إنشاء محطة الترحيل ذا جدوى اقتصادية يجب أن تتحقق العلاقة الآتية:

$$M_{di}.T_{st} \succ Co + M_{tr}.T_{st} \qquad (7\text{-}1)$$

حيث M_{di} –كلفة تجميع الطن الواحد من النفايات الصلبة بالدقيقة بالشكل المباشر، أي من دون محطة ترحيل.

M_{tr} –كلفة تجميع الطن الواحد من النفايات الصلبة بالدقيقة بوجود محطة ترحيل.

T_{st} –زمن الرحلة من محطة الترحيل وحتى موقع التخلص النهائي بالدقيقة.

Co –كلفة الإنشاء والتشغيل النوعية لمحطة الترحيل، أي لطن واحد من النفايات الصلبة.

مسألة:

إذا علمت أن كلفة نقل النفايات مباشرةً باستخدام الحاويات الثابتة(من دون محطة ترحيل) بواسطة سيارة الجمع ذات الحجم $20\ m^3$ هي $500\ s.p./h$، وكثافة النفايات في هذه السيارات $300\ kg/m^3$، وأن كلفة نقل النفايات مباشرةً باستخدام

الحاويات المنقولة(من دون محطة ترحيل) باستخدام الحاويات ذات الحجم m^3 7 هي s.p./h 180، وكثافة النفايات في هذه السيارات kg/m^3 250 ، وأن كلفة نقل النفايات بسيارات الترحيل الضخمة ذات الحجم m^3 100 هي $s.p./m^3$ 700، وكثافة النفايات ضمن هذه الآليات kg/m^3 150. فالمطلوب مناقشة اقتصادية إنشاء محطة ترحيل مرحلية؛ أي مناقشة زمن الرحلة T_{st} من محطة الترحيل وحتى موقع التخلص النهائي، إذا علمت أن كلفة تنزيل سيارة التحميل وتفريغها مع كلفة تأسيس المحطة تقدر نوعياً بـ $s.p./m^3$ 15 .

الحل:

1–نحسب كلفة نقل الطن بالدقيقة بأسلوب التجميع المباشر باستخدام الحاويات الثابتة(من دون محطة ترحيل) M'_{di} كما يأتي:

$$M'_{di} = \frac{500/60}{20.300} = \frac{8.33 s.p./\min}{6000 kg} = 1.39 s.p./ton/\min$$

2–نحسب كلفة نقل الطن بالدقيقة بأسلوب التجميع المباشر باستخدام الحاويات المنقولة(من دون محطة ترحيل) M''_{di} كما يأتي:

$$M''_{di} = \frac{180/60}{7.250} = \frac{3 s.p./\min}{1750 kg} = 1.714 s.p./ton/\min$$

3–نحسب كلفة نقل الطن بالدقيقة بوجود محطة الترحيل المرحلية M_{tr} كما يأتي:

$$M_{tr} = \frac{700/\ 60}{100.150} = \frac{11.67 s.p./\min}{15000 kg} = 0.78 s.p./ton/\min$$

4–نحسب كلفة الإنشاء والتشغيل النوعي، أي لطن واحد من النفايات الصلبة كما يأتي:

$$Co = \frac{15}{0.15} = 100 s.p./ton$$

5–نحسب الزمن الذي تتساوى فيه كلف النقل بالتجميع المباشر مع كلف النقل بوجود محطات الترحيل المرحلية ،أي ما نسميه زمن التساوي باستخدام العلاقة الآتية:

$$M_{di}.T_{st} = Co + M_{tr}.T_{st}$$

$$1.714.T''_{st} = 100 + 0.78.T_{st} \quad 1.39.T'_{st} = 100 + 0.78.T_{st}$$

بحل العلاقة السابقة نجد أن T'_{st}=164 min وأن T''_{st}=107 min . أي أنه إذا كان زمن الرحلة أقل من 164 min فمن الأفضل الاستغناء عن محطة الترحيل لاستخدام نظام الحاويات الثابتة، أما إذا كان زمن الرحلة أكبر من 164 min فإن وجود محطة الترحيل مسوغ، وإذا كان زمن الرحلة أقل من 107min فمن الأفضل الاستغناء عن محطة الترحيل لاستخدام الحاويات المنقولة، أما إذا كان زمن الرحلة أكبر من 107min فإن وجود محطة الترحيل مسوغ. ويبين الشكل (9-7) مخطط علاقة الكلفة الاقتصادية للنقل بزمن الرحلة للمسألة السابقة.