المحاضرة الثانية

مقرر حماية البيئة – السنة الخامسة

الدكتور المهندس بسام العجي

قسم الهندسة البيئية –كلية الهندسة المدنية- جامعة دمشق

Solid Waste Management

إدارة النفايات الصلبة

4/2023

DAMASCUS UNIVERSITY
CIVIL ENGINEERING FACULTY
SANITARY AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Dr.Eng. Bassam Al Aji

TYPES AND PROPERTIES OF SOLID WASTE - INTEGRATED SOLID WASTE MANAGMENT- METHODS OF SOLID WASTE DISPOSAL - HAZARDOUS SOLID WASTES

أنواع النفايات الصلبة وخواصها

TYPES AND PROPERTIES OF SOLID WASTE

يشمل مصطلح النفايات الصلبة مختلف النفايات ذات الطور الصلب ونصف الصلب الناتجة عن النشاط البشري بأشكاله كافة، كما يشمل نفايات الشوارع والساحات، والنفايات الناتجة عن محطات تنقية المياه ومعالجتها. وتصنف النفايات الصلبة تبعاً لأصولها إلى: نفايات بلدية، ونفايات زراعية، ونفايات محطات المعالجة والتنقية، ونفايات صناعية، والنفايات خطرة.

1-1- أنواع النفايات الصلبة:

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. 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.

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 أو أن تكون ذات منشأ نباتي. 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 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) .

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.

1-2- 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:

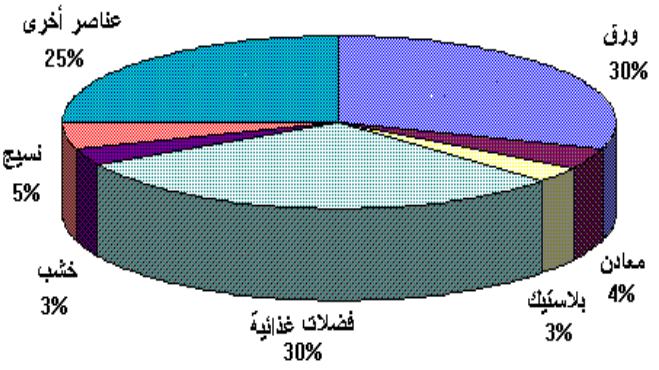
- مستوى رفاهية المنطقة السكانية: وتعني وجود أنظمة الرفاهية؛ كأنظمة الإمداد المائي المركزي، وأنظمة الصرف الصحي، وأنظمة التدفئة المركزية، وأنظمة إمداد الغاز المركزية، وكذلك أنظمة جمع النفايات الصلبة المنزلية بواسطة القساطل.
- الظروف المناخية ومدة استمرار الطقس الجاف.
- مستوى المعيشة: يؤثر مستوى معيشة الفرد بشكل كبير في كمية النفايات الصلبة الناتجة عنه ونوعيتها.
- استهلاك السكان للخضار والفواكه.
- تطور التغذية الاجتماعية.

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

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. يمكن التعبير عن التركيب المورفولوجي بالشكل التخطيطي المبين في الشكل (1-1) الذي يبين التركيب المورفولوجي للنفايات الصلبة المنزلية الخاصة بإحدى المدن الأوربية.



الشكل (1-1): الشكل التخطيطي للتركيب المورفولوجي للنفايات الصلبة المنزلية الخاصة بإحدى المدن الأوربية

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.

يتم اعتماد إحدى القياسات الآتية أثناء حساب أبعاد عناصر النفايات:

$$Sc = L$$
$$Sc = (L+W)/2$$
$$Sc = (L+W+H)/3 \quad (1\text{-}1)$$
$$Sc = \sqrt{L.W}$$
$$Sc = (L.W.H)^{\frac{1}{3}}$$

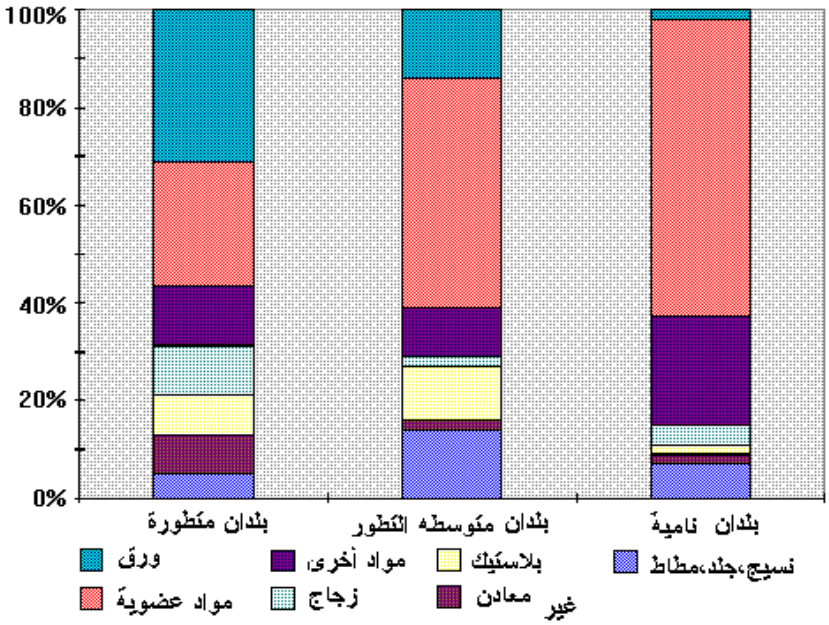
حيث: Sc – القياس المعتمد.

L – طول عنصر النفايات.

W – عرض عنصر النفايات.

H – ارتفاع عنصر النفايات.

يعطي التركيب المورفولوجي الحبي المشترك للنفايات الصلبة معلومات أدق وأكمل عن خواص هذه النفايات.



الشكل(2-1): تأثر التركيب المورفولوجي في تطور البلد.

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(2-1). 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 (2-1): 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
–مخلفات حدائق	30-80	60	55-225	100
–خشب	15-40	20	130-320	235
–زجاج	1-4	2	160-480	195
–عبوات قصدير	2-4	3	50-160	85

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 $105\ ^OC$ 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 (1-2).

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 (3-1) 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 طاقة النفايات الصلبة (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 (4-1).

الجدول (3-1):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 (4-1) :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
–رماد	60-80	70	2300-11600	7000
3–نفايات بلدية	-	-	9300-13950	11600

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 ، %.

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 (1-5) 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 (1-5): 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 الجرثومية (البكتريولوجية) للنفايات الصلبة:

Bacteriological (bacterial) Properties of Solid Wastes

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.

مسألة –1–:

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 .

الحل: ننشئ جدولا حسابيا لتحديد كل من الوزن الجاف للعينة، والكثافة، ومحتوى الطاقة، والصيغة الكيميائية التقريبية بالاعتماد على الجداول (1-2)،(1-4)، (1-5).

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

بالاعتماد على نتائج العمود /4/ في الجدول السابق وبتطبيق العلاقة (1-2) 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 (1-3) نجد محتوى الطاقة للعينة الجافة :

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

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

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

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

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

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:

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

وكمية الهيدروجين الإضافية الناتجة عن رطوبة الجزء العضوي :

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

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 :

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

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 .

مسألة -2-:

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 :

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

<u>مسألة رقم -3-:</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:

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

إدارة النفايات الصلبة SOLID WASTE MANAGEMENT

ظهرت النفايات الصلبة مع ظهور الإنسان الأول إلا أنها لم تتفاقم بشكل كبير إلا بعد التزايد الكبير للكثافة السكانية والتطور الحضاري الهائل للمجتمعات البشرية. 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 ملايين الذباب 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.

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:

- زيادة معدل الطرح اليومي للفرد، والحجم العام للنفايات الصلبة .
- زيادة تعقيد مواصفات النفايات الصلبة باحتوائها على كميات أكبر من العناصر الخطرة ايكولوجياً.
- زيادة تشدد القوانين الحكومية الخاصة بالتعامل مع النفايات الصلبة.
- زيادة معارضة السكان للطرائق التقليدية في معالجة النفايات الصلبة.
- زيادة تعقيد اقتصاد إدارة النفايات الصلبة .

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.

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. وتتلخص 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.

أولويات البرامج المتكاملة لإدارة النفايات الصلبة:

أولاً: تقليص النفايات الصلبة من مصادر تشكلها:

يقصد بذلك تخفيض كمية النفايات الصلبة، أو تخفيض سميتها أو الاثنتين معاً وذلك من خلال:

- ترشيد استهلاك المواد الأولية

- زيادة العمر الاستثماري للسلع المنتجة
- تخفيض كمية المواد المستخدمة في تعليب وتغليف السلع الاستهلاكية

ثانياً: الاستفادة من النفايات الصلبة كمصدر ثانٍ للمواد الأولية:

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

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

- الزجاج: يجري إعادة تصنيع الزجاج المسترد بحالة جيدة عن طريق طحنه وإعادة صهره ليعاد استخدامه من جديد.
- العبوات الفولاذية والألومينية: تُعد عمليات تدوير العبوات الفولاذية والألومينية أكثر عمليات التدوير ربحاً.
- الورق: يجري استخدام النفايات الورقية المخلوطة أو ذات النوعية المنخفضة لإنتاج الورق والمحارم والكرتون.
- النفايات البلاستيكية: تظهر النفايات البلاستيكية في كتلة النفايات البلدية ضمن سبعة أنواع:

أنواع النفايات البلاستيكية الموجودة ضمن كتلة النفايات الصلبة البلدية.

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.

بينت الخبرات المتراكمة 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.
- محاولة جذب السكان للمشاركة في هذه البرامج.
- وضع هدف واضح للبرنامج.

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

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

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.

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.

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.

4-الجمع من باب إلى باب:

لا يقوم 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 .

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 اختصاصيي 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.