

مقرر الهندسة البيئية

Dr.-Ing.Nesreen Khallouf

تركيب و خواص مخلفات المدن

د.م . نسرين خلوف



الخواص الكيميائية للنفايات الصلبة
CHEMICAL PROPERTIES OF SOLID
WASTE

2





جامعة
المنارة

الخواص الكيميائية للمخلفات

الخواص
الكيميائية

التحليل الكيميائي العام

محتوى الطاقة

نسبة المادة الخاملة

التحليل الكيميائي الحدي
(التفصيلي)

٣٥



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.



التحليل الكيميائي العام

- فيتم مثلاً التركيز على نسبة الفوسفور والبوتاسيوم ونسبة الكربون إلى النتروجين يضاف إليها قيمة pH النفايات في حالات اقتراح طريقة التحويل إلى سماد،
- ويظهر الجدول (٦) التحليل الكيميائي العام للمخلفات الصلبة المنزلية لدول شرق البحر الأبيض المتوسط.
- تجدر الإشارة إلى أن هذا التحليل يخص الجزء العضوي من كتلة النفايات الصلبة،
- لذلك غالباً ما يتم فرز الجزء غير العضوي من كتلة النفايات عندما يصار إلى كتابة الصيغة الكيميائية التقريبية لكتلة النفايات الصلبة.



التحليل الكيميائي العام

الجدول (٦) : التحليل الكيميائي العام للنفايات الصلبة المنزلية لدول شرق البحر الأبيض المتوسط.

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



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 أكبر 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 950°C ،
- أما الجزء المتطاير من هذه العينة في هذه الدرجة فيسمى بالمادة المتطايرة.



محتوى الطاقة ونسبة المادة الخاملة (الرماد)

□ لحساب محتوى الطاقة للعينة في الحالة الجافة، أي بعد إزالة رطوبتها نستخدم العلاقة الآتية:

$$E^d = \frac{1}{1 - M} \cdot E^p$$

□ حيث: M: الرطوبة النسبية للعينة، %.
E^p: محتوى الطاقة في العينة الرطبة، KJ/Kg.
E^d: محتوى الطاقة في العينة الجافة، KJ/Kg.



محتوى الطاقة ونسبة المادة الخاملة (الرماد)

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

$$E^r = \frac{1}{1 - M - A} \cdot E^p$$

□ حيث :

E^r : محتوى الطاقة في العينة بعد الاحتراق KJ/Kg.

A: النسبة المئوية للرماد المتبقي بعد الاحتراق من الكتلة الكلية

للعينة، %.



محتوى الطاقة ونسبة المادة الخاملة (الرماد)

□ وهناك علاقات تقريبية كثيرة تعطي محتوى الطاقة للعينة الطبيعية لكتلة النفايات الصلبة مثل علاقة Dulong الآتية المستخدمة في الولايات المتحدة الأمريكية:

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

□ 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.



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.

□ و يفيدنا هذا التحليل في اشتقاق الصيغة الكيميائية التقريبية لكتلة النفايات والتي نستخدمها خلال الدراسات التقنية والاقتصادية التكنولوجية معالجة النفايات الصلبة.



الخواص البيولوجية للمخلفات

□ 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 نسبياً؛
- ولا عضويات صلبة.



الخواص الجرثومية للمخلفات

- تعد النفايات وسطاً مناسباً لتكاثر عدد هائل من الميكروبات الممرضة ؛ كالعصيات التيفية والباراتيفية (نظيرة التيفية) والمتحولات الزحارية ، والكوليرا... إلخ ، فضلاً عن بيوض الديدان المعوية ، والإسكارس إلخ ،
- وكذلك تعد مكاناً لنمو عدد كبير من الذباب والبعوض والحشرات ... إلخ ،



الإدارة المتكاملة للنفايات الصلبة
الجمع - الفرز - النقل - التدوير - المعالجة

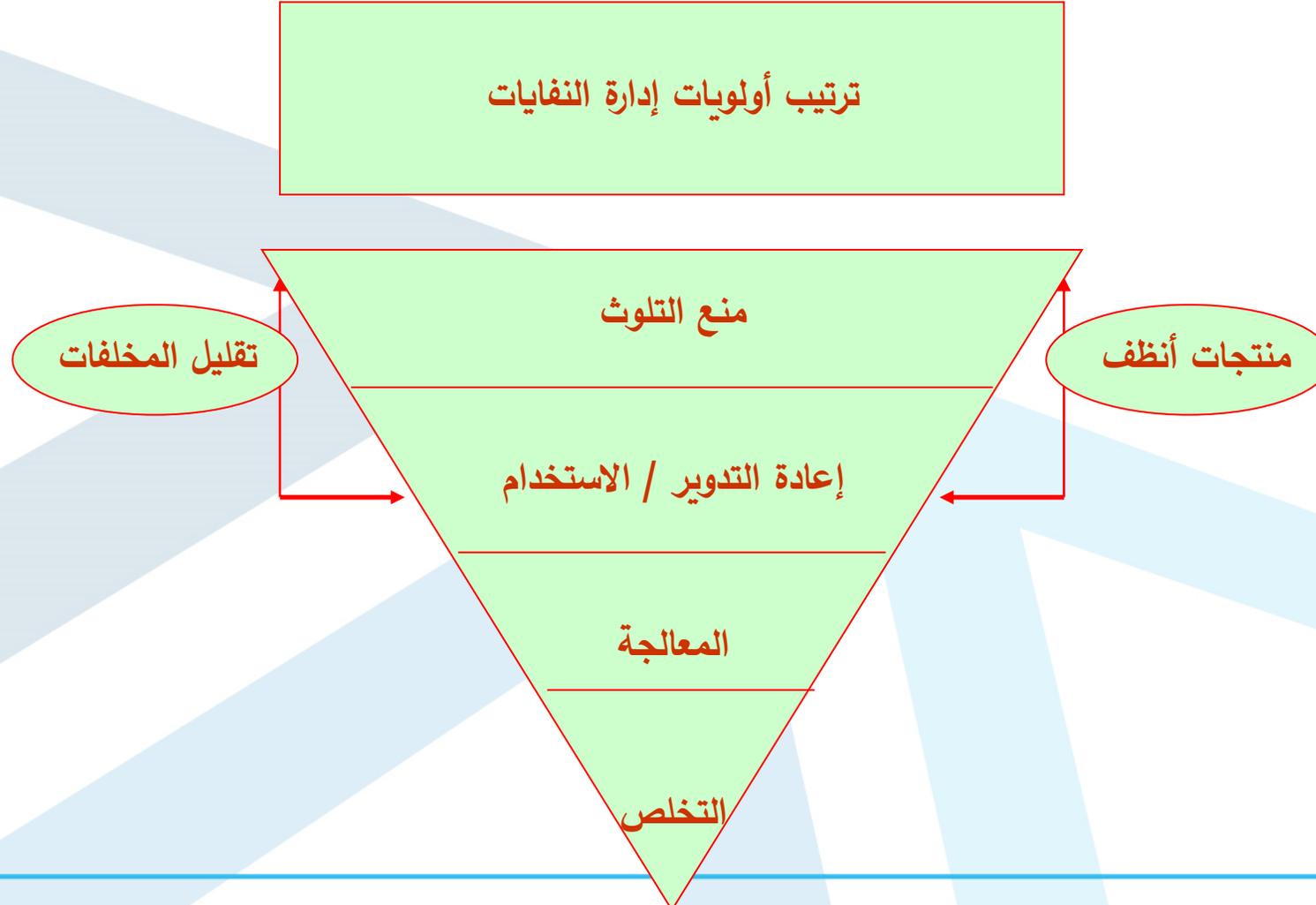


مفهوم الإدارة المتكاملة للنفايات

□ يقصد بالإدارة المتكاملة للنفايات التعامل فنياً وإدارياً مع النفايات في منظومة شاملة خلال دورة حياتها الكاملة، بدءاً من مرحلة التولد، ثم التخزين، والجمع من المصدر، والنقل الى مواقع مناسبة للتخزين المرحلي أو المعالجة، ومن ثم امكانية استرجاع المواد، ثم التخلص النهائي بطرق آمنة بيئياً،

□ مع مراعاة الاعتبارات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية والتخطيطية والتشريعية والمؤسسية الى جانب الاعتبارات الفنية .





تكنولوجيا جمع و نقل المخلفات المعاشية الصلبة

- يعتبر جمع المخلفات الصلبة من الاحياء السكنية من المتطلبات الصحية الأساسية في المجتمعات الحديثة .
- و تزال المخلفات في فترات زمنية قصيرة و منتظمة .
- إذ تقوم الهيئة المسؤولة (البلدية) بوضع خطة منظمة لجمع و نقل المخلفات الصلبة و تشمل الخطة ما يلي :
- ✓ تحديد الفترات الدورية لإزالة المخلفات المعاشية الصلبة .
- ✓ مراقبة المشاريع و تعيين كمية المخلفات التي تجب ازالتها .
- ✓ تحديد نظام عمل سيارات النقل الخاصة بالنفايات و تعيين خطوط سيرها .



تكنولوجيا جمع و نقل المخلفات المعاشية الصلبة

- تحدد فترات إزالة المخلفات حسب الظروف الصحية اخذين بالاعتبار الظروف المحلية لكل مدينة أو تجمع سكني .
- لا تتجاوز فترة حفظ المخلفات ثلاثة أيام في الأوقات الباردة (الشتاء) ، و يوما واحدا في الاوقات الدافئة .
- أما المخلفات الغذائية فيجب إزالتها يوميا في فصل الصيف ، و كل يومين في فترات السنة التي تقل الحرارة فيها عن صفر درجة مئوية.
- يتم تحديد فترات نقل المخلفات السائلة (للاحياء غير المزودة بشبكة صرف صحي) حسب سعه حفر التجميع و عدد السكان و معدل التجميع . مع التأكيد على تنظيف حفر التجميع مرة واحدة كل ستة أشهر على الاقل .



تكنولوجيا جمع و نقل المخلفات المعاشية الصلبة

19

- تحدد تكنولوجيا جمع و نقل المخلفات المعاشية الصلبة حسب الظروف المحلية ،
و هي بشكل أساسي :
- عدد طوابق الابنية .
 - كثافة البناء .
 - درجة تزويد الابنية بأساليب الراحة .
 - السيارات الخاصة المتوفرة لنقل المخلفات الصلبة و ميزات هذه السيارات .
 - نوع و حجم حاويات جمع المخلفات .
 - طريقة التخلص من المخلفات و الاستفادة منها .



تصنيف أنظمة جمع و إزالة المخلفات

تصنيف أنظمة و جمع و إزالة المخلفات الصلبة حسب:

❖ طريقة جمعها

❖ طريقة إزالتها .



تصنيف أنظمة جمع و إزالة المخلفات

حسب طريقة جمع المخلفات

تقسم جميع طرق جمع المخلفات الصلبة الى اثنتين :

□ موحدة

تجمع جميع أشكال المخلفات المعاشية الصلبة و أنواعها في حاوية واحدة و يتم نقلها و التخلص منها بشكل مشترك

□ منفصلة

تجمع المخلفات المعاشية الصلبة حسب المكونات الأساسية لها في حاويات مستقلة للمخلفات الغذائية أو المخلفات التي يمكن استخدامها مرة ثانية. و تنقل بشكل منفصل في سيارات الى مكان المعالجة .



تصنيف أنظمة جمع و إزالة المخلفات

حسب طريقة إزالة المخلفات

يمكن تمييز نظامين لنقل و إزالة المخلفات الصلبة هما :

- نقل المخلفات بواسطة السيارات الخاصة بنقل المخلفات
- إزالة المخلفات بنقلها في انابيب



نقل المخلفات بواسطة السيارات الخاصة بنقل المخلفات

23

- هذه الطريقة واسعة الانتشار في التطبيق العملي .
- و يمكن استخدامها لجمع و ازالة المخلفات المعاشية الصلبة من مختلف الاحياء السكنية و مهما كانت درجة التزويد بأساليب الراحة (الرفاهية) .
- حيث تجمع المخلفات في حاويات ثم تنقل بالسيارات الخاصة الموافقة الى مكان المعالجة .
- و نميز هنا بين نظامين للحاويات المستخدمة :
 - ✓ نظام الحاويات المنقولة (HCS) Hauled-Container System
 - ✓ نظام الحاويات الثابتة (SCS) Stationary Container System



نقل المخلفات بواسطة السيارات الخاصة بنقل المخلفات

نظام الحاويات المنقولة (HCS)

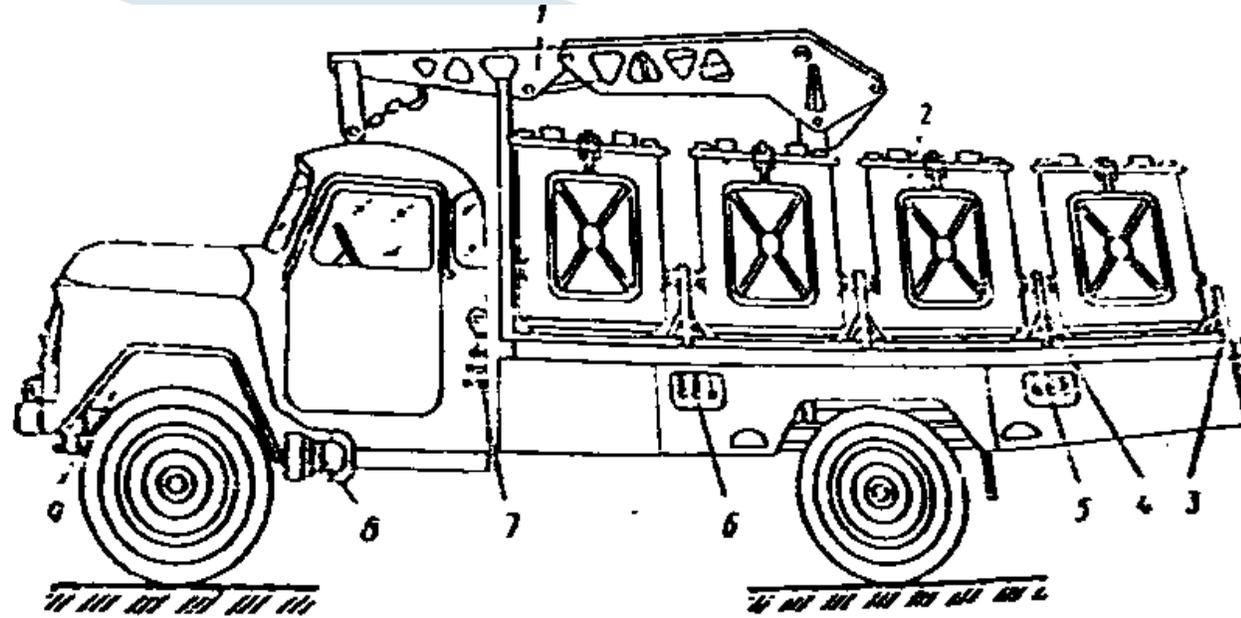
- يتم جمع المخلفات المعاشية الصلبة في حاويات ، سعة الواحدة (0.75) متر مكعب.
- يسمح تصميم الحاوية بتحميلها بشكل الي في السيارات الناقلة .
- و لهذا الغرض تستخدم سيارات نقل خاصة M-30تحمل بوقت واحد 8 حاويات أربع من كل جانب ، فتكون سعتها الاجمالية 6 متر مكعب
- تنزع الحاويات الفارغة عن سيارات النقل و توضع في المساحات المخصصة لها.
- اما الحاويات الممتلئة بالمخلفات الصلبة فتحمل على السيارات و تثبت بشكل جيد .
- يعتبر نقل المخلفات الصلبة بهذه الطريقة صحيا . لكن من جهة اخرى ، فان كمية المخلفات لا توافق دائما سعة الحاويات . فنقل المخلفات غير المرصوفة يكون فعالا لمسافات محدودة .



نقل المخلفات بواسطة السيارات الخاصة بنقل المخلفات

نظام الحاويات المنقولة (HCS)

25



نقل المخلفات بواسطة السيارات الخاصة بنقل المخلفات

نظام الحاويات المنقولة (HCS)

□ يحسب عدد الحاويات اللازمة لجمع المخلفات الصلبة في نظام الحاويات المنقولة
بالعلاقة التالية :
NHC

$$NHC = V.t.k1.k2.k3/365v$$

□ حيث :

V: حجم المخلفات المتجمعة سنويا في القطاع المدروس بالمتر مكعب .

t: الزمن الدوري لإزالة المخلفات day.

K1: عامل التجميع غير المتساوي للمخلفات $k1 = 1.25$

K2: عامل يأخذ صيانة الحاويات بعين الاعتبار $k2 = 1.05$

v: حجم الحاوية الواحدة .



نقل المخلفات بواسطة السيارات الخاصة بنقل المخلفات

جامعة
المنيرة

نظام الحاويات المنقولة (HCS)

K3: عامل يحسب كما يلي :

$$K3 = 1 + \frac{B1}{B2}$$

B1: عدد الحاويات الموجودة على السيارة .

B2: عدد الحاويات المستخدمة و الموزعة في مكان جمع المخلفات .

او من الجدول حسب عدد الرحلات و مدة ازالة المخلفات :

الزمن الدوري لنقل المخلفات	عدد الرحلات اليومية						
	1	2	3	4	5	6	7
كل يوم	2	1.5	1.33	1.25	1.2	1.17	1.14
كل يومين	1.5	1.25	1.17	1.13	1.1	1.08	1.07
كل ثلاث ايام	1.33	1.17	1.11	1.08	1.07	1.06	1.04

27



نقل المخلفات بواسطة السيارات الخاصة بنقل المخلفات

نظام الحاويات الثابتة (SCS)

- تتميز هذه الطريقة عن السابقة بأن المخلفات الصلبة تجمع في حاويات ثابتة ثم تفرغ منها في سيارات خاصة مزودة بحاوية أو صندوق ثابت .
- تستخدم حاويات بسعة 0.75 او 0.55 متر مكعب .
- تتوزع من 5-6 حاويات في المساحة الواحدة تفصل بينها مسافة لا تقل عن 350mm .
- لنقل المخلفات بهذه الطريقة يستخدم نوعان من السيارات ، سيارات ذات تحميل يدوي و سيارات ذات تحميل الي .
- يتعين عدد الحاويات في حال عدم التبديل بالعلاقة التالية :

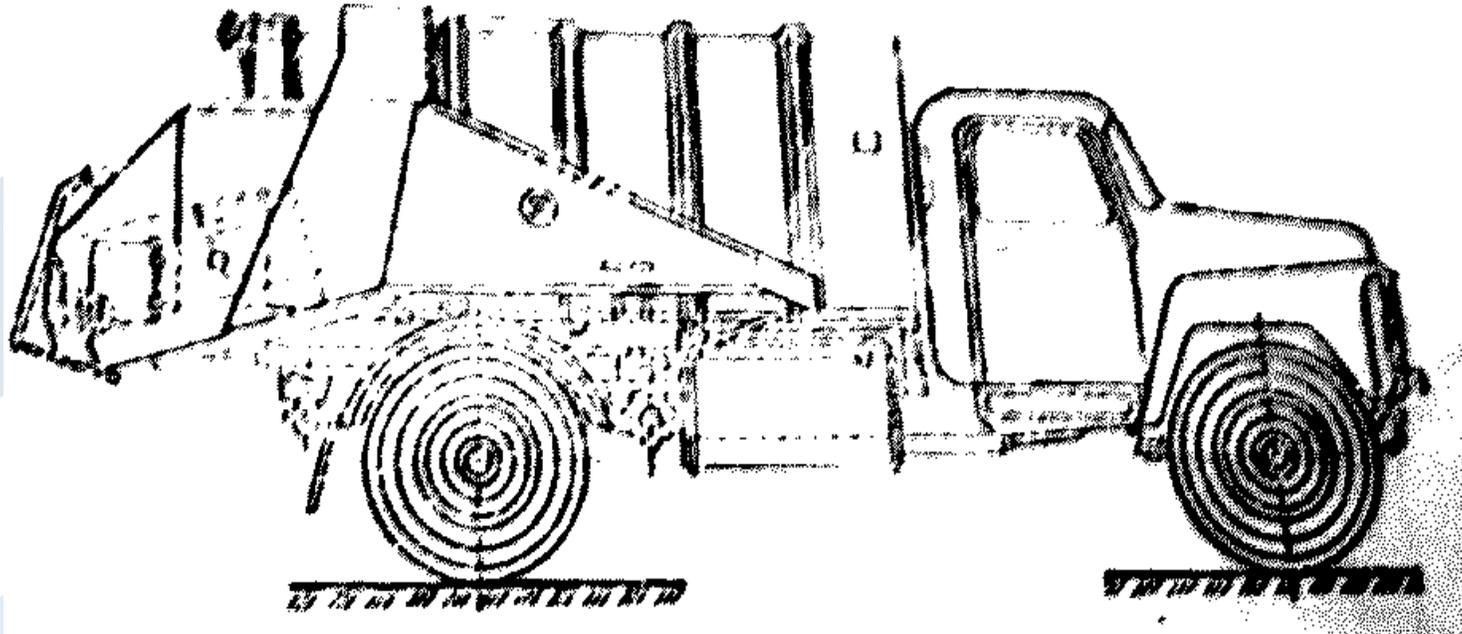
$$NHC= V.t.k1.k2/365v$$



نقل المخلفات بواسطة السيارات الخاصة بنقل المخلفات

نظام الحاويات الثابتة (SCS)

29



حساب عدد السيارات اللازمة لنقل المخلفات الصلبة

$$Ntk = \frac{Qyear}{365 * Qday * k4}$$

حيث :

Qyear: كمية المخلفات الصلبة المنقولة سنويا حسب النظام المعتمد بالمتر مكعب .

K4 : عامل استثمار مجموع السيارات .

Qday: كمية المخلفات الصلبة التي تنقلها السيارات يوميا بالمتر مكعب . و تحسب

من العلاقة التالية :

$$Qday = P.E$$

حيث :

P: عدد الرحلات في اليوم .

E: كمية المخلفات المنقولة في رحلة واحدة بالمتر مكعب



حساب عدد السيارات اللازمة لنقل المخلفات الصلبة

□ يحدد عدد الرحلات في اليوم P بالعلاقة التالية :

$$P = \frac{[T - (T0 + T1)]}{(T2 + T3 + 2T4)}$$

□ حيث :

T: زمن الوردية ، hour.

T0: زمن انتقال السيارة من الكراج الى مكان العمل و بالعكس ، hour.

T1: زمن التحضير ، hour.

T2: زمن التحميل ، hour.

T3: زمن التفريغ ، hour.

T4: زمن الرحلة من مكان التحميل الى مكان التفريغ ، hour.



ازالة المخلفات الصلبة باستخدام نظام الانابيب

- يمكن ان تتم عملية ازالة المخلفات الصلبة بواسطة انابيب مصنوعة من الاسمنت او الاسبستوس .
- و يجب ان تكون هذه الانابيب ذات وجهة داخلي املس و كتيم .
- يستخدم نظام الانابيب لإزالة المخلفات في الابنية السكنية التي يزيد عدد طوابقها عن الخمس .
- ذلك باتباع أحد الطرق التالية :
 - ❖ طريقة التعويم
 - ❖ الطريقة الهيدروليكية



طريقة التعويم

- حيث يتم تقطيع المخلفات المنزلية الصلبة في المنازل او الاحياء الى قياسات صغيرة (٣-١٢) mm ويتم صرفها في شبكة الصرف مع مياه الصرف الصحي
- ثم تصل النفايات الصلبة عن طريق شبكة الصرف الصحي الى محطة المعالجة لتعالج معها .

33

الطريقة الهيدروليكية

- تتلخص هذه الطريقة بأن المخلفات تنقل مع مياه الصرف في أنابيب نقل النفايات الموضوعه تحت المجلى الى حجرة خاصة في الحي.
- و من هناك تزال بسيارات خاصة مزودة بمضخات و صهاريج مرة او مرتين بالأسبوع .



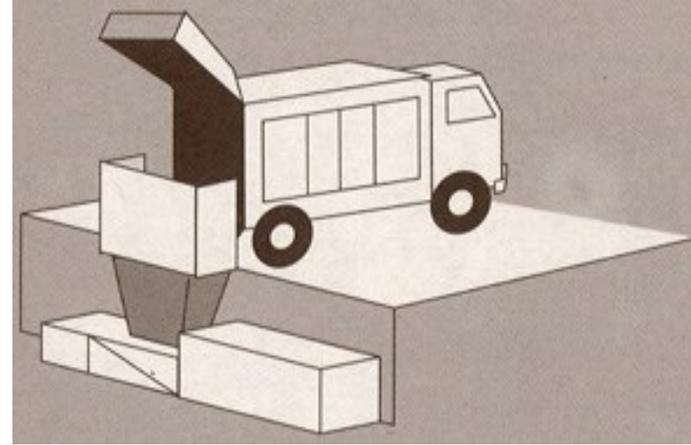
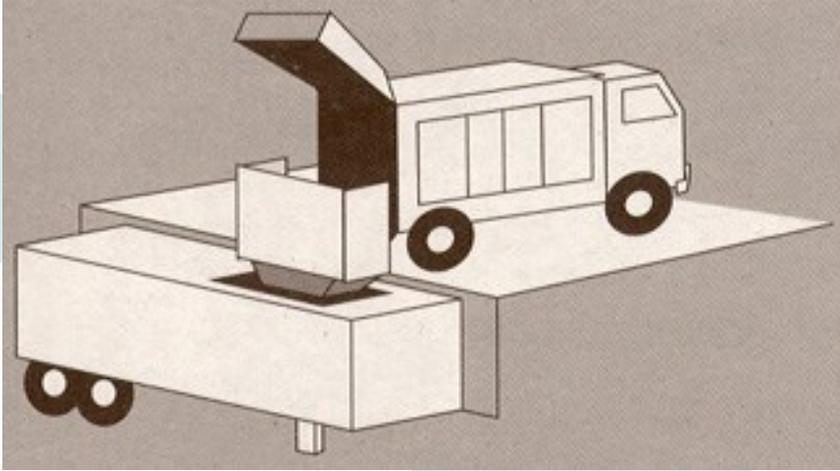
- عندما يكون عدد سكان الحي لا يقل عن 80-90 الف نسمة في المدن الكبيرة ،
- و التي تبعد عنها منطقة التخلص من المخلفات أكثر من 20km
- يعتبر استخدام سيارات نقل المخلفات ذات السعة الصغيرة غير اقتصادي بسبب انخفاض انتاجيتها .
- لذلك من المفيد هنا تنظيم محطات لتجميع المخلفات الصلبة ، إذ انه يتم في هذه الحالة جمع و نقل المخلفات الصلبة على مرحلتين :
- ❖ المرحلة الاولى :
- يتم جمع المخلفات المعاشية الصلبة من الاحياء السكنية بواسطة سيارات جمع صغيرة و سهلة الحركة ثم نقلها الى محطة التجميع .
- ❖ لمرحلة الثانية :
- يتم نقل المخلفات الصلبة من محطة التجميع بواسطة وسائل نقل ذات سعات كبيرة الى مكان المعالجة .





جامعة
المنارة
MANARA UNIVERSITY

محطات تجميع المخلفات الصلبة



35





الفرز والاسترداد في نقاط الجمع :

أ - بواسطة البلديات

ب - عن طريق الجمعيات أو المتعهدين المتخصصين

ميزات الفرز من المصدر:

✓ تحسين فعالية التدوير .

✓ تحسين جودة المواد المستخلصة.

✓ الكلف المنخفضة للتدوير .

✓ قيم أعلى للمواد المستخلصة.





فرز و استرداد المواد



38



الفرز في الحاويات والطرق (نرش غير صحيح)

فرز النفايات في المطامر ومواقع تجمع النفايات





محطة فرز القمامة في ريف دمشق



40



تدوير المخلفات الصلبة

المواد القابلة للتدوير

41

- ❖ إعادة تدوير الورق
- تعتبر عملية اقتصادية من الدرجة الأولى؛
- وذلك لأنه طبقًا لإحصائية وكالة حماية البيئة بالولايات المتحدة الأمريكية فإن إنتاج طن واحد من الورق ١٠٠% من مخلفات ورقية سوف يوفر (٤١٠٠ كيلو وات/ساعة) الطاقة، وكذلك سيوفر ٢٨ مترًا مكعبًا من المياه،
- الورق المعاد تدويره فإنه يستخدم في طباعة الجرائد اليومية.





❖ إعادة تدوير البلاستيك

- ينقسم البلاستيك إلى أنواع عديدة يمكن اختصارها في نوعين رئيسيين هما البلاستيك الناشف وأكياس البلاستيك،
- يتم قبل إعادة التدوير غسل البلاستيك بمادة الصودا الكاوية المضاف إليها الماء الساخن.
- بعد ذلك يتم تكسير البلاستيك الناشف وإعادة استخدامه في صنع مشابك الغسيل، والشماعات، وخراطيم الكهرباء البلاستيكية،
- ولا ينصح باستخدام مخلفات البلاستيك في إنتاج منتجات تتفاعل مع المواد الغذائية.
- أما بلاستيك الأكياس فيتم إعادة بلورته في ماكينات البلورة.



المواد القابلة للتدوير

❖ إعادة تدوير المخلفات المعدنية

- هي تتمثل أساسًا في الألومنيوم والصلب؛ حيث يمكن إعادة صهرها في مسابك الحديد ومسابك الألومنيوم.
- ويعتبر الصلب من المخلفات التي يمكن إعادة تدويرها بنسبة ١٠٠%، ولعدد لا نهائي من المرات، وتحتاج عملية إعادة تدوير الصلب لطاقة أقل من الطاقة اللازمة لاستخراجه من السبائك،
- أما تكاليف إعادة تدوير الألومنيوم فإنها تمثل ٢٠% فقط من تكاليف تصنيعه، وتحتاج عملية إعادة تدوير الألومنيوم إلى ٥% فقط من الطاقة اللازمة.

43



المواد القابلة للتدوير

❖ إعادة تدوير الزجاج

❑ صناعة الزجاج من الرمال تعتبر من الصناعات المستهلكة للطاقة بشكل كبير؛ حيث تحتاج عملية التصنيع إلى درجات حرارة تصل إلى ٦٠٠ درجة مئوية،

❑ أما إعادة تدوير الزجاج فتحتاج إلى طاقة أقل بكثير.

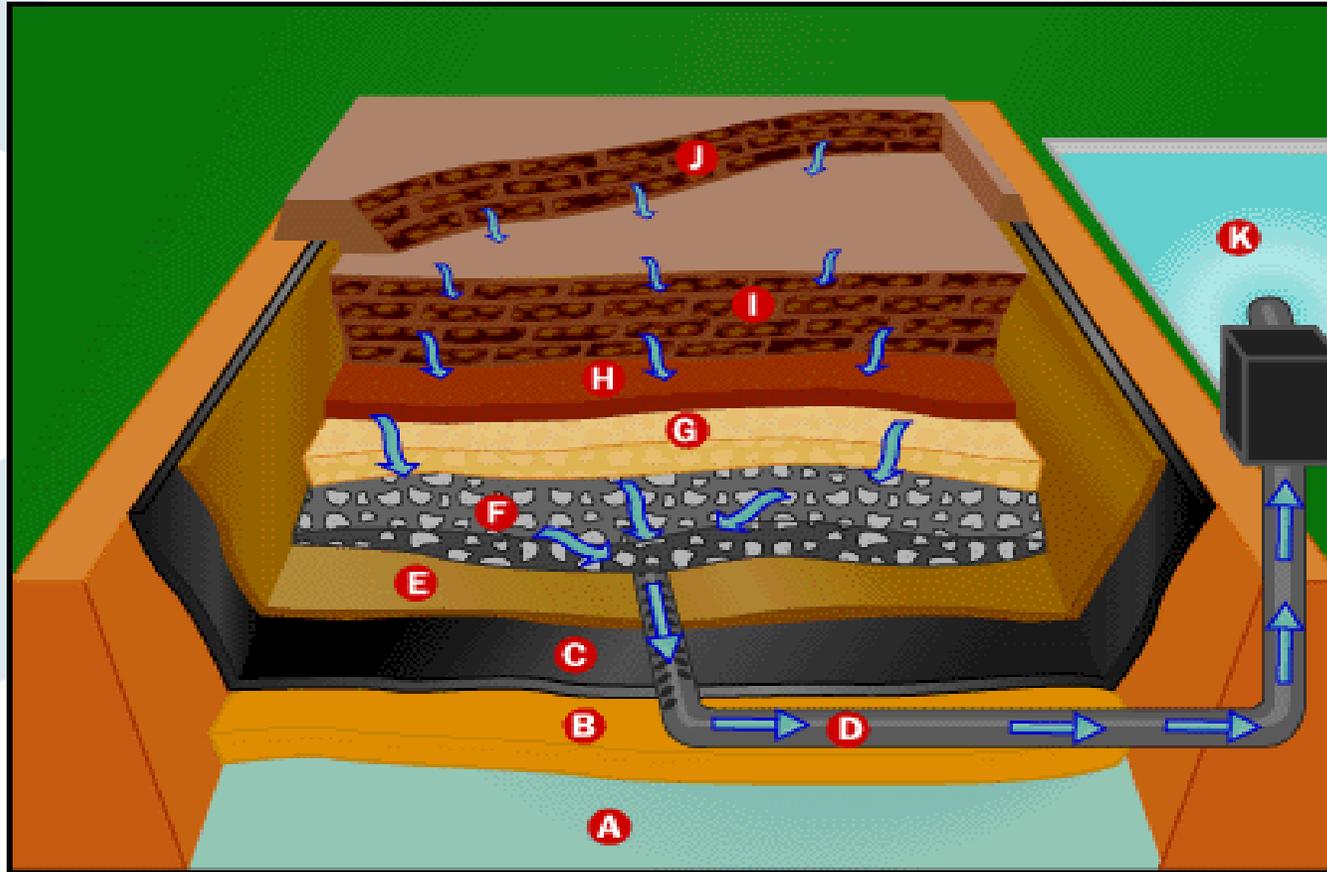
❖ إعادة تدوير المخلفات الحيوية

❑ وتتمثل المخلفات الحيوية في بقايا الأطعمة ونواتج تقليم الأشجار والحقول،

❑ ويُعاد تدوير هذه المخلفات في وحدات تصنيع السماد العضوي لإنتاج مواد ذات قيمة سمادية عالية،



المطامر الصحية للنفايات

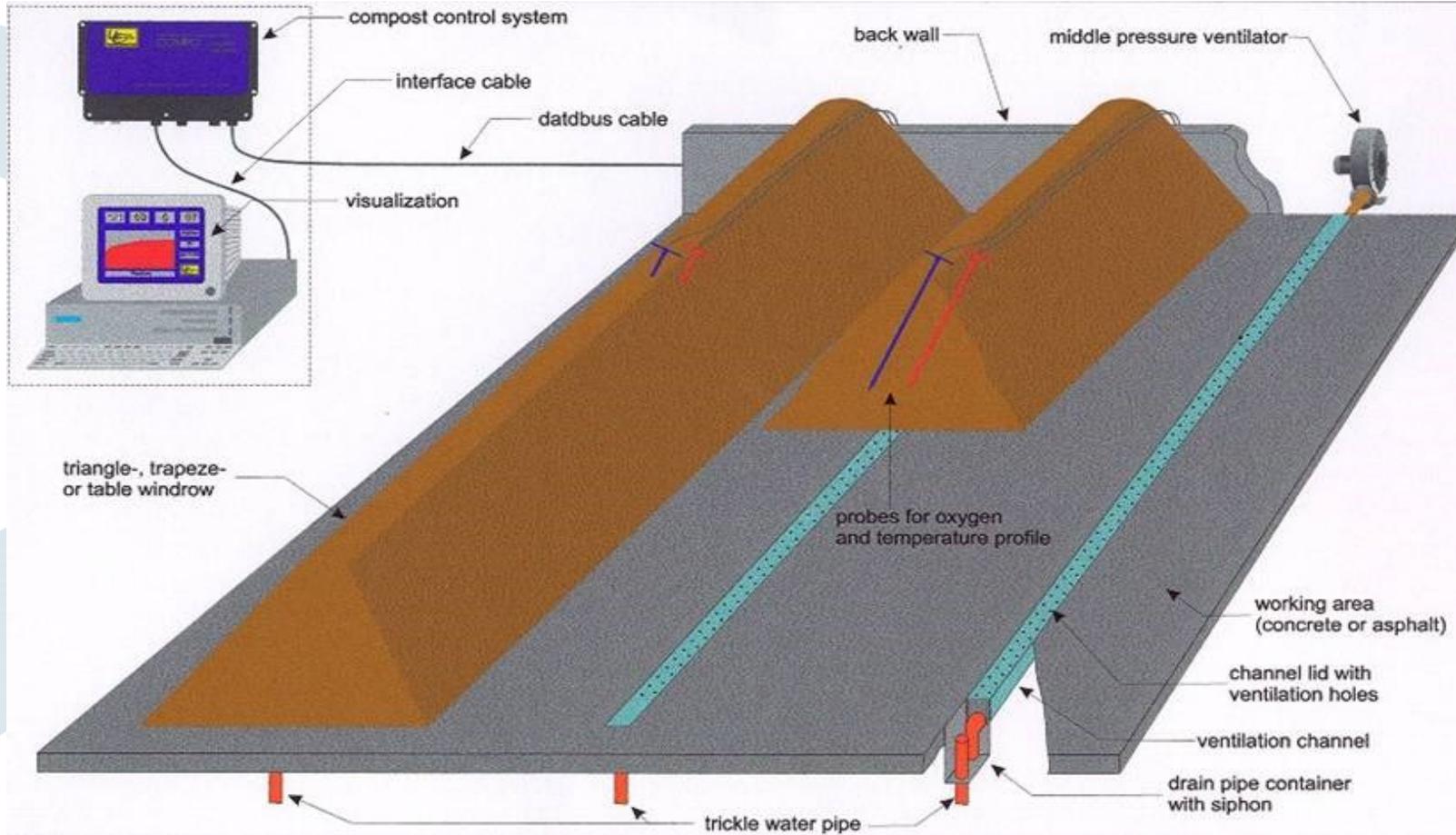


45

©2000 How Stuff Works

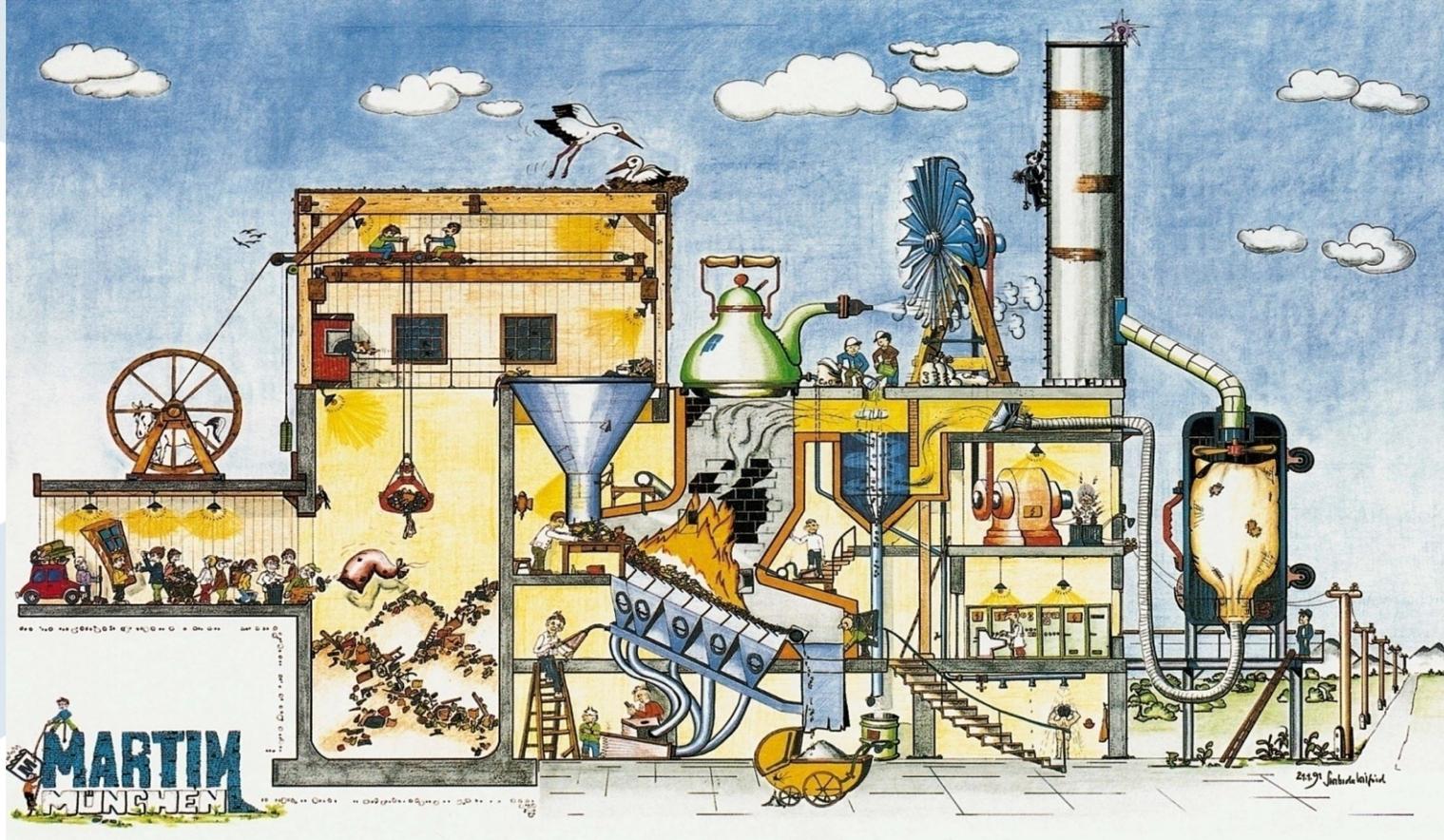


تحويل النفايات إلى سماد



46





شكراً لإصغائكم

