مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الهندسية المجلد (17) العدد (3) 1995
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (17) No (3) 1995

تكنولوجيا جمع ونقل القمامة المنزلية

الدكتـــور هيثـــم شـــــاهين*
الدكتور عبد القـــادر وزان*

☐ الملخّص ☐

تشكل عملية إدارة المخلفات الصلبة (القمامة) عبئا كبيرا على كاهل كل المجتمعات الحديثة التي تتميز بأنماط زائدة من الاستهلاك.

ويجب التخلص من هذه المخلفات كل يوم حرصا على الصحة العامة خصوصا في المدن الكبيرة المزدحمة.

تقسم تقنيات إدارة المخلفات الصلبة إلى الجمع والنقل والمعالجة. وتتطلب عمليتا الجمع والنقل الجزء الأكبر من كلفة إدارة القمامة حيث تصل كلفتهما إلى 70% من الكلفة الإجمالية.

يتعرض البحث الحالي إلى تكنولوجيا جمع ونقل القمامة المنزلية ويركز على الطرق الملائمة لمدن القطر العربي السوري. كما يتناول البحث مثالا تطبيقيا عن مدينة اللاذقية.

* مدرس في قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الهندسية المجلد (17) العدد (3) 1995
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (17) No (3) 1995

Technology of Collecting and Transporting Domestic Solid Waste

Dr. Haytham SHAHEEN*
Dr. Abd Al-Kader WAZAN*

❐ ABSTRACT ❐

The most important problem facing all countries and cities which apply various kinds of consumption is the Solid Waste Management during the recent years. It is necessary to dispose of the Domestic Solid Waste daily, especially in big cities, to protect the public health.

The Solid Waste Management is devided into three processes:
Collection of solid waste.
Transportation of solid waste.
Treatment of solid waste.

But the cost of collection and transportation processes is very high and it is about 70% of total cost.

The research explains the applicable methods of solid waste management in Syria and gives an example for Lattakia City.

* Lecturer at Environemntal Department, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

1- تكنولوجيا جمع ونقل المخلفات المعاشية الصلبة:

يعتبر جمع المخلفات الصلبة من الأحياء السكنية من المتطلبات الصحية الأساسية في المجتمعات الحديثة. وتزال المخلفات في فترات زمنية قصيرة ومنتظمة. إذ تقوم الهيئة المسؤولة (البلدية) بوضع خطة منظمة لجمع ونقل المخلفات الصلبة، وتشمل الخطة ما يلي:

- تحديد الفترات الدورية لإزالة المخلفات المعاشية الصلبة.
- مراقبة المشاريع وتعيين كمية المخلفات التي تجب إزالتها.
- تحديد نظام عمل سيارات النقل الخاصة بالنفايات وتعيين خطوط سيرها.
- التنسيق مع مستثمري المساكن حول جمع وإزالة المخلفات.

تحدد فترات إزلة المخلفات حسب الظروف الصحية مع الأخذ بالاعتبار الظروف المحلية لكل مدينة أو تجمع سكني. لا تتجاوز فترة حفظ المخلفات ثلاثة أيام في الأوقات الباردة (الشتاء)، ويوماً واحداً في الأوقات الدافئة. أما المخلفات الغذائية فيجب إزالتها يومياً في فصل الصيف، وكل يومين في فترات السنة الباردة.[1]

يتم تحديد فترات نقل المخلفات السائلة (للأحياء غير المزودة بشبكة صرف صحي) حسب سعة حفر التجميع وعدد السكان ومعدل التجميع. مع التأكيد على تنظيف حفر التجميع مرة واحدة كل ستة أشهر على الأقل.

يوضع نظام عمل سيارات النقل حسب شروط عملها (2-1.5) وردية، ويتضمن ذلك يوم العطلة أيضاً. مما يسمح بالاستثمار الكامل للسيارات الناقلة وتقليل كلفة إزالة المخلفات الغذائية. كما يوضع مخطط يوضح خط سير هذه السيارات بحيث يضمن خدمة جميع المناطق في أوقات محددة وبأقل مسافة سير ممكنة للسيارات.

تحدد تكنولوجيا جمع ونقل المخلفات المعاشية الصلبة حسب الظروف المحلية، وهي بشكل أساسي:[1-5]

1. عدد طوابق الأبنية.
2. كثافة البناء.
3. درجة تزويد الأبنية بوسائل الراحة.
4. السيارات الخاصة المتوفرة لنقل المخلفات الصلبة وميزات هذه السيارات.
5. نوع حاويات جمع المخلفات.
6. طريقة التخلص من المخلفات والاستفادة منها.

2- تصنيف أنظمة جمع وإزالة المخلفات:

تصنف أنظمة جمع وإزالة المخلفات الصلبة حسب طريقة جمعها أو حسب طريقة إزالتها [2].

2-1: حسب طريقة جمع المخلفات:

تقسم طرق جمع المخلفات الصلبة إلى طريقتين:

2-1-1: موحدة:

تجمع جميع أشكال المخلفات المعاشية الصلبة وأنواعها في حاوية واحدة ويتم نقلها والتخلص منها بشكل مشترك.

2-1-2: منفصلة:

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

وتتميز الطريقة المنفصلة بما يلي:

1. تسمح بتوفير المواد الأولية التي يمكن استخدامها مرة ثانية.
2. تقلل من كمية المخلفات التي يجب إزالتها بسيارات نقل المخلفات.
3. تؤدي إلى الاقتصاد في مصادر الطاقة نتيجة لاستخدام المواد المصنوعة أكثر من مرة.

إلا أن استخدام الطريقة المنفصلة يؤدي إلى زيادة عدد المستخدمين وزيادة عدد الحاويات وسيارات النقل الخاصة بكل نوع من المواد التي تصلح ثانية للاستخدام. تجمع بشكل منفصل، وبصورة عامة، المخلفات المنزلية الغذائية، الورق، الزجاج والمعادن. ويحقق الجمع المنفصل للمخلفات الغذائية عائداً اقتصادياً جيداً. حيث يتم استخدامها في صناعة أعلاف الحيوانات. ويبين الجدول رقم (1) تركيب المخلفات الغذائية المنزلية.

الجدول (1):

المحتوى التقريبي للعناصر الغذائية في المخلفات المنزلية الغذائية بالمائة من كتلة المادة الرطبة

العناصر (المكونات)	% من المادة الرطبة
خضار	89.6
اللحوم ومنتجاتها	2.3
السمك	1.6
الخبز والمعجنات	3.4
قشور البيض	0.4
مكونات أخرى	2.7

وتدل الأبحاث على أنه في 1kg مخلفات منزلية غذائية يوجد 0.2 وحدة علف، وأن 1ton من المخلفات المنزلية الغذائية المستخدمة في إطعام الحيوانات الداجنة يسمح بالحصول على 50kg من اللحم ويوفر حوالي 250kg من العلف.[1]

ينظم جمع المخلفات الغذائية في جميع الأبنية السكنية وتحفظ المخلفات الغذائية بشكل مؤقت في حاويات خاصة ومغطاة بشكل كامل في مكان الجمع. ثم تنقل إلى أماكن صناعة العلف للحيوانات بسيارات خاصة لها حاويات. حيث تغسل السيارات بعد كل تفريغ كما تطهر الحاوية التي فيها.

2-2: حسب طريقة إزالة المخلفات:

يمكن تمييز نظامين لنقل أو إزالة المخلفات الصلبة هما: نقل المخلفات بوساطة السيارات الخاصة بنقل المخلفات وإزالة المخلفات بنقلها في أنابيب.[1-3]

2-2-1: نقل المخلفات الصلبة بوساطة السيارات الخاصة بنقل المخلفات:

هذه الطريقة واسعة الانتشار في التطبيق العملي. ويمكن استخدامها لجمع وإزالة المخلفات المعاشية الصلبة من مختلف الأحياء السكنية ومهما كانت درجة التزويد بأساليب الراحة (الرفاهية). حيث تجمع المخلفات في حاويات ثم تنقل بالسيارات الخاصة الموافقة إلى مكان المعالجة.

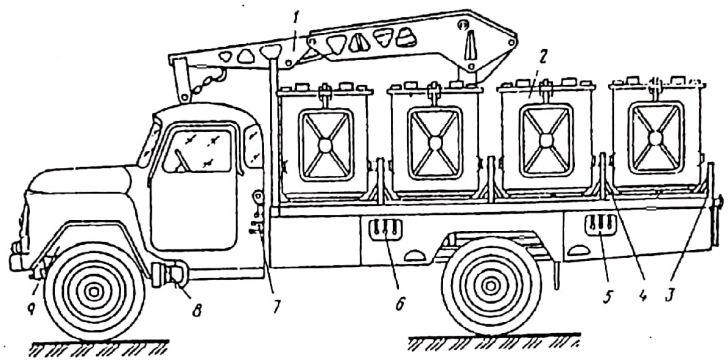
ونميز هنا بين نظامين للحاويات المستخدمة:

2-2-1-1: نظام الحاويات المنقولة Hauled – Container System (HCS):

يتم جمع المخلفات المعاشية الصلبة في حاويات، سعة الواحدة $0.75m^3$. ويسمح

تصميم الحاوية بتحميلها بشكل آلي في السيارات الناقلة. ولهذا الغرض تستخدم سيارات نقل خاصة M-30، تحمل بوقت واحد /8/ حاويات أربع من كل جانب، فتكون سعتها الإجمالية $6m^3$. الشكل رقم (1).

توضع الحاويات على سكتي حديد على جانبي السيارة، وتزود بدعامات رافعة وتثبت بمسامير ارتكازية خاصة مزودة بقطع معدنية للتثبيت بحيث تمنع سقوطها عن السيارة أثناء النقل والتفريغ. يركب ذراع الآلة الرافعة على السيارة.



الشكل (1): الشكل العام لسيارات نقل المخلفات الصلبة M-30 ذات الحاويات المتبدلة:
رافعة، 2- حاوية، 3- دعامة قلابة، 4- تثبيت الدعائم، 5،6،7- لوحات توجيه (قيادة) الرافعة، 8- لوحة اختيار الاستطاعة، 9- قاعدة السيارة.

تنزع الحاويات الفارغة عن سيارات النقل وتوضع في المساحات المخصصة لها. أما الحاويات الممتلئة بالمخلفات الصلبة فتحمل على السيارات وتثبت بشكل جيد. يجب أن تكون الساحات، التي تضع عليها حاويات جميع المخلفات، أفقية ومغطاة بطبقة كتيمة من الإسفلت. كما يجب أن تكون الحاويات بعيدة عن المنازل والمنشآت المخصصة للأطفال (مدارس، رياض الأطفال، الملاعب،...) والأماكن المخصصة للاستجمام مسافة لا تقل عن 20m. عند الوصول إلى مكان معالجة المخلفات (مصنع المخلفات)، تنزل الحاويات المليئة وتحمل الحاويات الفارغة. وجميع هذه العمليات آلية، بحيث يكفي شخص واحد لخدمة هذه الطريقة هو سائق سيارة نقل المخلفات.

تغسل الحاويات الفارغة في محطة خاصة ثابتة لغسل الحاويات وهي تتألف من مضخات ومنصة توجيه وتجهيزات الغسيل. تثبت آلة الغسل إما على نقطة خاصة للغسل حسب حركة سير ناقلات المخلفات وإما في مكان التخلص من المخلفات أو معالجتها. ويتم غسل الحاويات عادة خارج مساحة

المناطق السكنية، بحيث يتيح استبعاد انتشار روائح المخلفات في مكان جمعها.

يعتبر نقل المخلفات الصلبة بهذه الطريقة صحياً. لكن من جهة أخرى، فإن كمية المخلفات لا توافق دائماً سعة الحاويات. فنقل المخلفات غير المرصوصة يكون فعالاً لمسافات محدودة.

يحسب عدد الحاويات اللازمة لجمع المخلفات الصلبة في نظام الحاويات المنقولة، N_{HC}، بالعلاقة التالية:

$$N_{HC} = V.t.k_1.k_2.k_3/365v \quad (1)$$

حيث V: حجم المخلفات المتجمعة سنوياً في القطاع المدروس (m^3).

t: الزمن الدوري لإزالة المخلفات، day،

k_1: عامل التجميع غير المتساوي للمخلفات ($k_1 = 1.25$).

k_2: عامل يأخذ صيانة الحاويات بعين الاعتبار ($k_2 = 1.05$).

k_3: عامل يحسب كما يلي: $k_3 = 1 + \frac{B_1}{B_2}$

(B_1: عدد الحاويات الموجودة على السيارة،

B_2: عدد الحاويات المستخدمة الموزعة في مكان جمع المخلفات).

v: حجم الحاوية الواحدة، m^3.

تعطى قيم العامل k_3 لمختلف فترات نقل المخلفات الصلبة في الجدول رقم (2).

الجدول (2): قيم العامل k_3

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	1.04
كل ثلاثة أيام	1.33	1.17	1.11	1.08	1.07	1.06	1.04

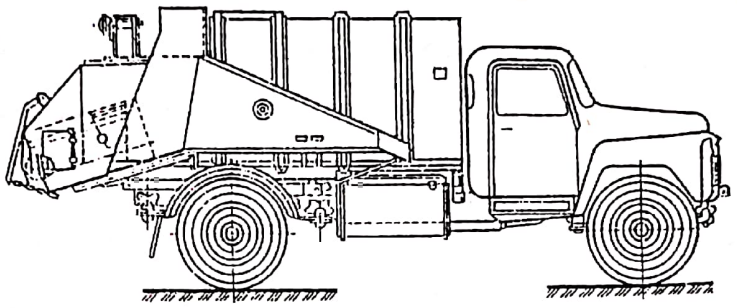
2-1-2-2: نظام الحاويات الثابتة Stationary Container System (SCS):

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 ($0.75m^3$) أو ($0.55m^3$).

وتتوزع 6....5 حاويات في المساحة الواحدة، تفصل بينها مسافة لا تقل عن 350mm. ولنقل المخلفات بهذه الطريقة يستخدم نوعان من السيارات: سيارات ذات تحميل يدوي (M-93,M53) وسيارات ذات تحميل آلي أوتوماتيكي (Ko-404,Ko-413,M-50A,Ko-415) ويبين الشكل رقم (2) أحد أنواع هذه

السيارات. كما نعطي في الجدول رقم (3) المخلفات استخداماً.

المواصفات الفنية لأكثر أنواع سيارات نقل



الشكل (2): الشكل العام لسيارة نقل المخلفات الصلبة M53.

الجدول (3): المواصفات العامة لسيارات نقل المخلفات الصلبة

المواصفات		M-50	Ko-415	M-50A	Ko-413
كتلة المخلفات الصلبة المنقولة، Kg		4225	9000	4225	2400
حجم صندوق السيارة، m^3		12.2	24	15	7.5
عامل رص المخلفات		1.82	To 3	To 2	1.7-2
زمن تفريغ السيارة، minute		7	30	7	7-5
الأبعاد، mm	الطول	8100	8600	7620	5900
	العرض	2500	2500	26455	2300
	الارتفاع	3455	3350	3300	2700

تابع الجدول

المواصفات		M-53	M-30	Ko-404
كتلة المخلفات الصلبة المنقولة،Kg		-	1200	-
حجم صندوق السيارة، m^3		7	6	6.5
عامل رص المخلفات		1.5	-	To 2
زمن تفريغ السيارة،minute		5	12	-
الأبعاد،mm	الطول	6625	7600	7600
	العرض	2230	2454	2230
	الارتفاع	2460	3130	2550

يتعين عدد الحاويات الموضوعة في خدمة القطاع المدروس في حال عدم تبديلها بالعلاقة التالية:

$$N_{SC} = \frac{V.t,k_1.k_2}{365v} \quad (2)$$

أما عدد السيارات اللازمة لنقل المخلفات الصلبة فيحسب بالعلاقة، N_{tk}:

$$N_{tk} = \frac{Q_{year}}{365Q_{day}.k_4} \quad (3)$$

حيث:

Q_{year}: كمية المخلفات الصلبة المنقولة سنوياً حسب النظام المعتمد، m^3.

Q_{day}: كمية المخلفات الصلبة التي تنقلها السيارات يومياً، m^3.

k_4: عامل استثمار مجموع السيارات.

وتحسب كمية المخلفات المنقولة يومياً Q_{day} بالعلاقة:

$$Q_{day} = P.E \quad (4)$$

حيث P: عدد الرحلات في اليوم،

E: كمية المخلفات المنقولة في رحلة واحدة، m^3.

يحدد عدد الرحلات في اليوم P بالعلاقة التالية:

$$P = \frac{[T-(T_0+T_1)]}{(T_2+T_3+2T_4)} \quad (5)$$

حيث T: زمن الوردية، hour

T_0: زمن انتقال السيارة من الكاراج إلى مكان العمل وبالعكس، hour

T_1: زمن التحضير، hour

T_2: زمن التحميل، hour

T_3: زمن التفريغ، hour

T_4: زمن الرحلة من مكان التحميل إلى مكان التفريغ، hour.

2-2-2: إزالة المخلفات الصلبة باستخدام نظام الأنابيب:

تجمع المخلفات الصلبة، بالطريقة التقليدية، في أوعية خاصة أو أكياس من النايلون موجودة ضمن الأبنية السكنية، ثم

تحمل لتفرغ في الحاويات المخصصة لجمع المخلفات في الأحياء.

يمكن أن تتم عملية إزالة المخلفات الصلبة أيضاً بوساطة أنابيب مصنوعة من الاسمنت أو الاسبستوس. ويجب أن تكون هذه الأنابيب ذات وجه داخلي أملس وكتيم (لا يحوي فجوات أو شقوق أو نتوءات) كما يجب أن تكون متماسكة وملحومة جيداً في أماكن الوصلات. ويستخدم نظام الأنابيب لإزالة المخلفات في الأبنية السكنية التي يزيد عدد طوابقها عن الخمس[1، 3].

وتتمتع طريقة الأنابيب الناقلة، بالمقارنة مع الطرق المعروفة لنقل المخلفات، بالميزات التالية:

1. تتمتع بخواص صحية وجمالية تساهم في حماية الوسط المحيط،
2. تخلص العاملين (المستخدمين) من الأعمال الصعبة غير المرغوب بها.
3. هي طريقة آلية ويمكن أتمتة جميع مراحل العمل.
4. هي طريقة مريحة للسكان.

تتم إزالة المخلفات الصلبة بوساطة الأنابيب الناقلة وذلك باتباع إحدى الطرق التالية:

2-2-2-1: طريقة التعويم:

تستخدم طريقة نقل المخلفات المنزلية السائلة وشبكة الصرف الصحي في المدن لتعويم المخلفات المنزلية الصلبة. فبعد تقطيع المخلفات الصلبة في المنازل أو الأحياء إلى قياسات صغيرة (3-12mm) ، يتم صرفها في شبكة الصرف مع مياه الصرف الصحي وذلك من أجل تمديدها. وتكون كمية الماء اللازمة liters(10-5) لكل kg(1) مخلفات صلبة. ثم تصل النفايات الصلبة عن طريق شبكة الصرف الصحي إلى محطة معالجة مياه الصرف لتعالج معها.

يمكن تلخيص سيئات هذه الطريقة بما يلي:

1. الكلفة الكبيرة لشبكات الصرف.
2. الكلفة الكبيرة للاستثمار.
3. ضرورة إيجاد أمكنة لحفظ المواد التي لا يمكن تقطيعها في المنازل (الزجاج، المعادن، الأحجار والأدوات المنزلية القديمة وحوالي 25-35% من المخلفات الصلبة المتجمعة يومياً.
4. ضرورة استخدام سيارات خاصة للتخلص من المخلفات غير القابلة للتقطيع.
5. تقلل المواد المهشمة العائمة من فعالية تصريف أنابيب الصرف الصحي لأن المواد الصلبة تعلق وتلتصق على الجدران.
6. يستدعي استخدام هذه الطريقة توسيع منشآت معالجة مياه الصرف الصحي.

2-2-2-2: الطريقة الهيدروليكية:

تطبق هذه الطريقة في نقل المخلفات الصلبة لمجموعة من الأبنية السكنية. وتتلخص في أن المخلفات تنقل مع مياه

الصرف في أنابيب نقل النفايات الموضوعة تحت المجلى إلى حجرة خاصة في الحي ومن هناك تزال بسيارات خاصة مزودة بمضخات وصهاريج مرة أو مرتين في الأسبوع.

تجمع الأوراق بشكل منفصل وذلك لتقليل الضغط على محطات المعالجة.

تظهر سيئات هذه الطريقة فيما يلي:

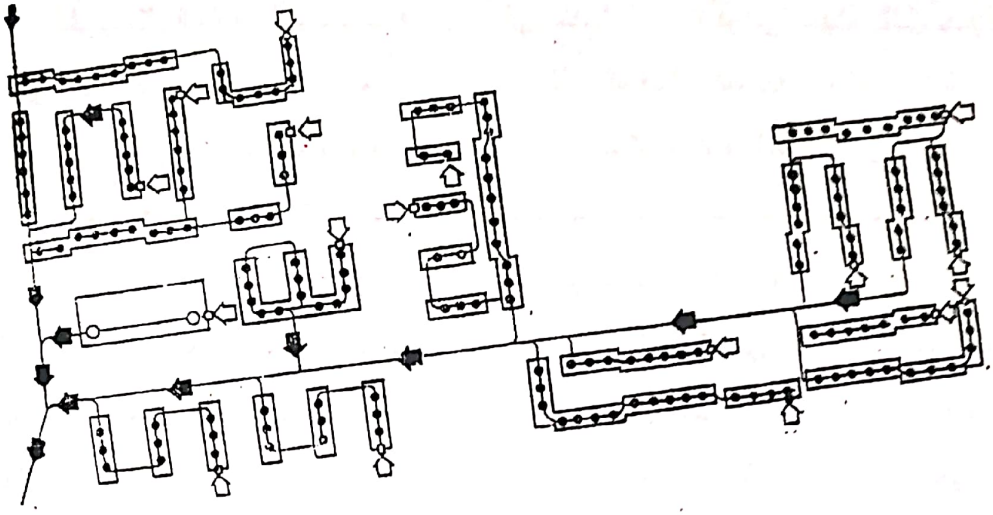
1. صعوبة معالجة المخلفات المعاشية الرطبة.
2. ضرورة التخلص من المخلفات كبيرة الحجم بسيارات نقل خاصة.
3. زيادة استهلاك الماء.
4. تغير درجة كثافة مياه الصرف الصحي التي تؤدي إلى صعوبات في تشغيل واستثمار محطات معالجة مياه الصرف الصحي.

2-2-2-3: نقل المخلفات الصلبة باستخدام الهواء المضغوط:

تستخدم الخاصة الناقلة لتيار الهواء في نظام خاص لأنابيب النقل، والتي تنشأ فيها خلخلة (تفرغ هوائي) حيث تنقل جميع مكونات المخلفات الصلبة بالحالة المعلقة.

تستخدم هذه الطريقة لجمع وإزالة المخلفات المعاشية الصلبة في الأحياء السكنية الجديدة (الشكل 3) حيث يمكن تخديم من 5000 إلى 6000 شقة سكنية. كما يمكن استخدامها في الأبنية التجارية والحكومية العامة والأبنية الصحية (المشافي).

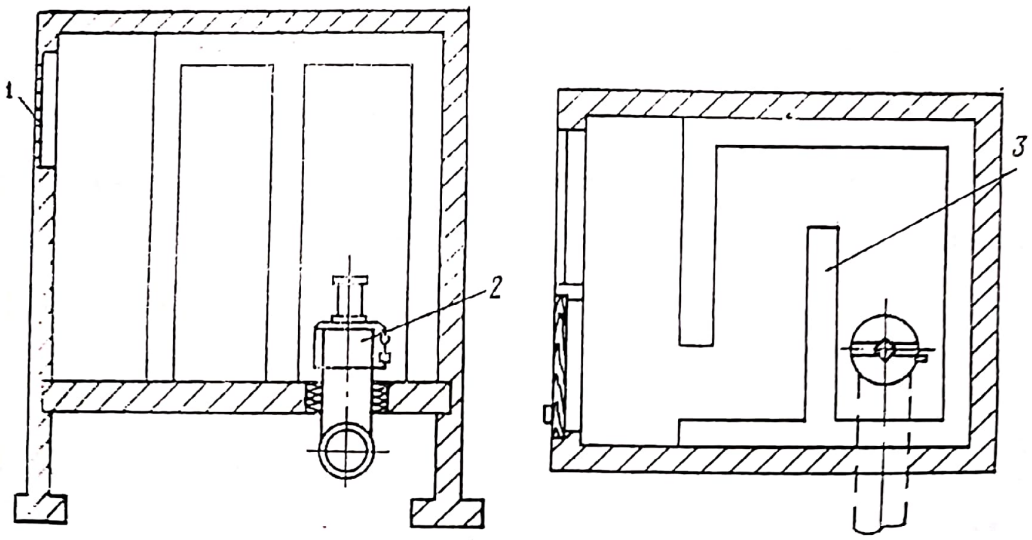
تجمع المخلفات المعاشية الصلبة عبر الأنابيب التي تكون الجزء الأساسي في نظام التفريغ باستخدام الهواء المضغوط. حيث توجه جميع عمليات النقل والمراقبة لمرور النفايات بشكل أتوماتيكي كامل. تنشأ خلخلة الهواء في هذا النظام من عنفة تفريغ هوائية (توربين فراغي). يدخل الهواء في أنبوب نقل المخلفات من خلال صمام هوائي متوضع في حجرة خاصة (الشكل 4). عندما ينفتح الصمام فإن الهواء المسحوب يكتسب سرعة بحدود (25-30m/sec) مما يكفي لنقل كل المخلفات المعاشية الصلبة.



الشكل (3): مخطط نظام الأنابيب ذات الهواء المضغوط لنقل المخلفات الصلبة في الأحياء السكنية

⇒ هواء، ⇐ مخلفات معاشية صلبة.

ومن الضروري الإشارة هنا إلى أن سرعة التيار الهوائي الناقل تزداد بزيادة قطر الأنبوب الناقل للمخلفات. ويمكن إعطاء بعض قيم تسارع التيار الهوائي الموافقة لأقطار الأنابيب الناقلة في الجدول رقم (4). أما تسارع تعويم المكونات الأساسية للمخلفات المعاشية الصلبة فتعطى في الجدول رقم (5).



الشكل (4): صمام هوائي ماص في حجرة تهوية عازلة للصوت:

1- شبك، 2- صمام، 3- عازل للصوت.

الجدول (4): سرعة التيار الهوائي الموافقة لأقطار أنابيب نقل المخلفات الصلبة.

قطر الأنبوب (mm)	سرعة الهواء (m/sec)
450	27-24
500	30-26
600	32-28

ينفتح صمام الإغلاق لأنبوب جمع المخلفات من الأبنية السكنية بشكل أوتوماتيكي، فتنتقل المخلفات الصلبة تحت تأثير وزنها الذاتي وتأثير خلخلة الهواء إلى أنبوب نقل المخلفات الرئيسي ومنه إلى خزان تجميع حلزوني، حيث يجري ترسيبها ثم يتم تكثيفها من خلال رصها بمكبس خاص لتحمل بعد ذلك في الحاوية المخصصة لذلك. وعندما تملأ الحاوية تنقل على سيارات خاصة بنقل المخلفات إلى مصنع معالجة النفايات أو إلى مكان الطمر أو أي مكان آخر محدد. الشكل رقم (5).

يمكن تلخيص ميزات هذه الطريقة بما يلي:

1- يمكن استخدام أنبوب التنظيف المركزي لإزالة الغبار في المباني السكنية والعامة وفي تنظيف الأدراج والأقبية.

2- يوصى بتطبيق طريقة الهواء المضغوط لجمع النفايات والغبار في المشافي.

3- عند حساب العامل الاقتصادي السنوي لاستخدام طريقة التفريغ بالهواء المضغوط بالمقارنة مع الطرق الأخرى، يؤخذ بعين الاعتبار أن مدة خدمة سيارات النقل هي 6) (years ومدة خدمة طريقة التفريغ بالهواء المضغوط هي (30 years). ويؤخذ بالاعتبار غياب الإنفاق على اقتناء سيارات نقل المخلفات وحاويات وخزانات جمع المخلفات وكذلك عدم الحاجة إلى إنشاء غرفة لجمع النفايات في الأبنية.

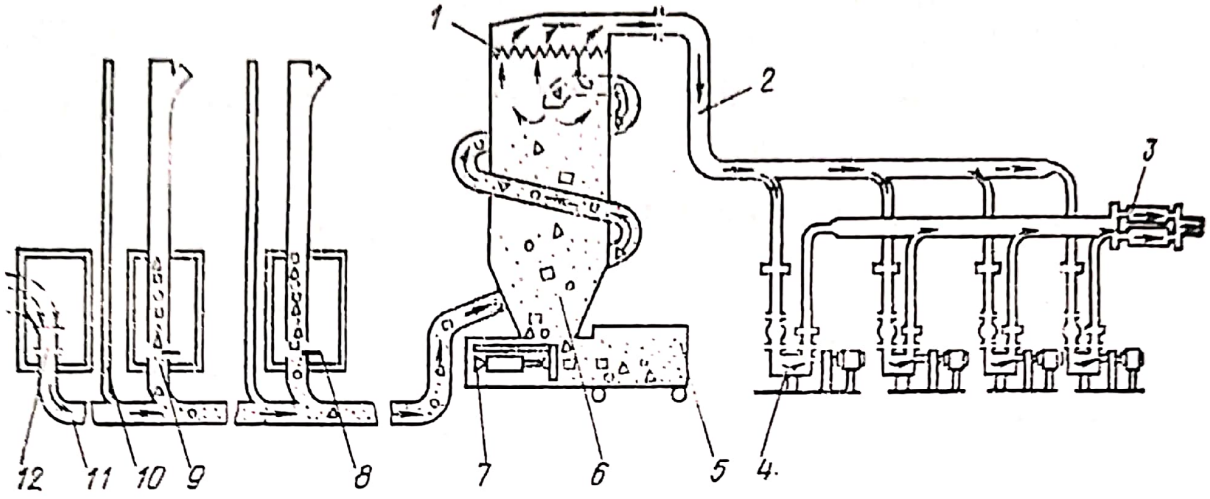
أما عيوب هذه الطريقة فهي:

1. نصف القطر الفعال لنظام إزالة المخلفات بحدود (2-3Km) فقط. وذلك لأن تخلخل الهواء ينخفض بشكل كبير عندما يكون طول الأنابيب كبيرا.
2. ضرورة نقل المخلفات كبيرة الحجم بسيارات نقل المخلفات.
3. صعوبة تنظيم الجمع المنفصل للمخلفات الصلبة.
4. زيادة الطاقة الكهربائية بمقدار الضعف بالمقارنة مع طريقة النقل بالسيارات.

طريقة التفريغ بضغط الهواء تؤدي إلى إنقاص الإنفاق على الاستثمار والصيانة، ولكنها ترفع الكلفة الرئيسية للتجهيزات بمعدل (2-3) مرة بالمقارنة مع الطريقة التقليدية (استخدام سيارات نقل النفايات). [1-2]

الجدول (5): سرعة تعويم مكونات المخلفات المنزلية الصلبة، m/sec

المكونات	قياس الحبيبات mm							
	5-10	10-20	20-30	30-450	50-70	70-100	100-150	150-200
الزجاج:								
مكسر	7.2-11.3	8.3-13.9	8.8-14.4	10.2-17.4	11.8-19.5	-	-	-
علب، زجاج	-	-	-	14.4-21.5	17.7-24.6	18.6-29.6	-	-
المعدن:								
مسامير، صواميل	16.6-23.2	16.6-23.2	23.5-41.6	-	-	-	-	-
علب، أغطية	-	-	-	8.3-14.2	10.2-18.2	12.4-26.8	10.6-15.1	9.8-12.2
الحجارة،الفحم،الجص والملاط	6.6-13.9	6.6-13.9	11.1-19.4	13.7-22.2	13.8-25.1	16.4-31.2	-	-
العظام	4.6-9.2	6.6-9.2	6.2-13.4	10.2-14.4	12.7-20.8	14.3-26.4	-	-
المطاط	-	-	4.6-8.8	5.6-10.3	6.8-12.4	8.1-20.1	7.8-10.4	6.1-7.4
الجلد	-	-	3.7-7.5	4.2-9.4	6.6-13.1	9.9-18.8	5.6-6.8	2.8-4
الخشب ذو نسبة رطوبة%:								
0-10	-	-	7.9-8.5	10.7-12.2	9.8-15.8	19.5-22.3	18.1-19.2	-
10-20	-	-	8.5-8.8	12.2-14.9	15.8-17.4	22.3-26.2	19.2-21.4	-
20-40	-	-	8.8-9.2	14.9-16.2	17.4-20.3	26.3-31.2	21.4-24.3	-
المخلفات الغذائية ذات الرطوبة%:								
0-30	-	9.2-11.8	10.8-11.8	12.1-14.6	18.2-19.8	23.1-25.4	-	-
30-60		11.8-14.9	11.8-19.1	14.6-21.8	19.8-28.2	25.4-23.2	-	-
60-80	-	14.9-15.8	19.1-22.4	21.8-23.2	28.2-29.6	32.1-34.7	-	-



الشكل (5): إزالة المخلفات الصلبة المعاشية بنظام التفريغ بالهواء المضغوط:

1- جهاز تنقية هواء (فلتر)، 2- أنبوب نقل الهواء النظيف، 3- كاتم (مخمد) صوت، 4- توربين فراغي، 5- حاوية، 6- خزان حلزوني، 7- مكثف (مكبس)، 8- صمام باب، 9- أنبوب جمع المخلفات، 10- أنبوب التنظيف المركزي من الغبار، 11- الأنبوب الرئيسي لنقل المخلفات الصلبة، 12- صمام هواء.

3- مثال تطبيقي عن مدينة اللاذقية:

نقترح استخدام نظام الحاويات الثابتة (SCS) لجمع القمامة في مدينة اللاذقية الوارد في الفقرة (2-2-1-2) وكذلك السيارات الموافقة له والمبينة مواصفاتها في الجدول رقم (3). أما سبب اقتراح استخدام النظام المذكور فهو أن السيارات تزود بمكبس لرص القمامة مما يزيد من كميتها المنقولة بالمقارنة مع نظام الحاويات المنقولة (HCS). فقد تبين من خلال الدراسات الميدانية التي قام بها طلاب السنة الخامسة في قسم الهندسة البيئية (1994-1995) بالتعاون مع مديرية التنظيف الصحي التابعة لبلدية اللاذقية أن التقنية المقترحة توافق التقنية الموجودة وبذلك يمكن إجراء المقارنة.[3]

المعطيات:

كتلة القمامة اليومية 230-270 t/day.

كتلة القمامة السنوية 270×365=98550 t/year.

نعتبر كثافة القمامة $D = 0.23\ t/m^3$.

حجم القمامة السنوي = V_{year}

$98550/0.23 = 428478\ m^3/year$.

حساب عدد الحاويات:

باعتبار القمامة تزال كل يوم يكون t = 1day.

عامل التجميع غير المتساوي للقمامة = k_1 1.25.

عامل صيانة الحاويات $k_2 = 1.05$.

سعة الحاوية الواحدة $v = 0.75\ m^3$.

يحسب عدد الحاويات باستخدام القانون

$$P = \frac{[T - (T_0 + T_1)]}{(T_2 + T_3 + 2T_4)} \qquad Nsc = \frac{V\, t\, k_1\, k_2}{365v}$$

$$P = \frac{[8 - (0.2 + 0.5)]}{(0.1 + 0.1 + 2 \times 1.2)} = 3 \quad Nsc = \frac{428478.1.1.25.1.05}{365.0.75} = 2054 \ containers$$

وهو عدد الحاويات اللازمة حاليا لجمع القمامة في مدينة اللاذقية.

حساب عدد السيارات:

نحسب عدد السيارات Ko-413 باعتبار:

زمن عمل السيارات T = 8hour.

زمن انتقال السيارات من الكاراج إلى مكان العمل وبالعكس T_0 = 0.2hours.

زمن التحضير T_1 = 0.5 hour.

زمن التحميل T_2 وزمن التفريغ T_3 يؤخذان من الجدول رقم (3).

زمن الرحلة من مكان التحميل إلى مكان التفريغ T_4 = 1.2 hours.

وعامل استثمار مجموع السيارات = k_4 0.75.

ويتم الحساب كما يلي:

عدد رحلات السيارة Ko-413 في اليوم:

كمية القمامة التي تنقلها السيارة كل يوم مع عامل رص(1.8):

$$Q_{day} = 3 \times 7.5 \times 1.8 = 40.5 \ m^3$$

حيث يعبر الرقم $7.5m^3$ عن حجم صندوق السيارة Ko-413 (جدول 3).

عدد السيارات Ko-413 اللازمة:

$$N_{tk} = \frac{Q_{year}}{365 Q_{day}.k_4}$$

$$N_{tk} = \frac{428478}{365 \times 40.5 \times 0.75} \approx 39$$

وهو عدد السيارات اللازمة لنقل القمامة في مدينة اللاذقية.

الاستنتاجات:

بعد مقارنة الأرقام التي حصلنا عليها مع عدد الحاويات والسيارات الموجودة حاليا نجد أن هناك نقصا كبيرا نبينه في الجدول التالي:

	المطلوبة	الموجود
عدد الحاويات	2054 حاوية	400 حاوية + 500 برميل
عدد السيارات	39 سيارة	23 سيارة

وتتجلى آثار النقص في عدد الحاويات بانتشار أكوام القمامة على الأرض بجوار الحاويات العاجزة عن استقبال كميات جديدة!

REFERENCES المراجع

[1]- D.A. Yaroshevsky, U.F. Melnekov, E.N.Korsakova. Sanitary Technology of Cities. – Moscow: Stroyzdat, 1990-319p.

[2]- Domestic wastes Disposal/A.N Merny, D.N. Benyamovsky, E.M. Bukreev, X.N. Nekogosove, V.V. Raznochek V.N. Cereslenko. – Stroyzdat, 1985-245p.

[3]- Haytham Shaheen. How to solve the problem of solid waste in Lattakia City. The tenth international conference on Solid Waste Management, Philadelphia , PA, USA, November 13-16, 1994.

[4]- E.C. Turovsky. Nonhazardous Sludg Treatment.Moscow: Stroyzdat, 1988-256p.

[5]- Victor M. Ehlers, Ernest W. steel. Municipal and Rular Sanitation. TMH Edition-3rd reprint, New Delhi, 1984. – p.74-103.