# الفصل الرابع /التجميع (Collection of MSW)

وتعني عمليات التقاط وتجميع النفايات من مختلف المواقع والمصادر وتفريغها في عجلات التجميع ومن ثم طرحا في أمكنة التفريغ. وتعتبر عملية تفريغ حمولة عجلة النفايات والرجوع إلى نقطة الانطلاق هو جزء من عملية التجميع .

**أنواع أنظمة التجميع : يوجد نوعان من أنظمة التجميع وهما كما يلي :**

**1- نظام حاويات التجميع(HCS (Hauled Container System**

يستعمل هذا النوع من التجميع في المناطق التي لها تولد نفايات عال نسبيا وفي المناطق التجارية وفي التجمعات السكانية مثل العمارات حيث توضع النفايات في حاويات ضخمة توزع في مناطق مختارة حول الموقع وبعدها تقوم سيارات التجميع برفع جميع الحاوية وتفريغها وبعدها ترجع إلى نفس الموقع . وتعتبر السيارات التي تقوم بنقل المخلفات الإنشائية والسكراب من ضمن هذا النظام .

**2- نظام الحاويات المتنقلة بين المحطات(CSC (Stationary Container System**

وفيها يتم استخدام سيارات التجميع الاعتيادية لتجميع النفايات المنزلية فقط وتكون غير مخصصة لنقل المواد الإنشائية الثقيلة، وتتطلب عادة إلى سائق واحد مع عاملين لعملية التجميع وقد تكون العجلة مجهزة بوسائل تمكنها من رفع وتفريغ الحاويات الصغيرة بواسطة أذرع أمامية يمكن أن يقوم السائق بهذه العملية وبذلك لا تحتاج إلى عمال إضافيين. غالبا تكون هذه السيارات مجهزة بمكبس صغير يقوم بزيادة كثافة النفايات وبذلك يستطيع الحاوية المثبتة في العجلة من استيعاب كمية أكبر من النفايات التي يمكن رفعها .

**نسبة الكبس(Compaction ratio)**:وهي النسبة بين كثافة النفايات في السيارة إلى كثافتها في أمكنة الخزن أو هي النسبة بين حجم النفايات قبل أن تكبس في العجلة إلى حجم النفايات في العجلة بعد أن تكبس .

**مثال** : أوجد نسبة الكبس في عجلة تجميع النفايات إذا علمت أن وزن السيارة وهي محملة بالنفايات 12800 كغم ووزنها وهي فارغة 9800 كغم وان حجم السيارة هو 4.5 م$^3$ وأن كثافة النفايات قبل تفريغها في السيارة هي 360 كغم/م$^3$ ؟ أحسب كذلك نسبة الزيادة في كثافة النفايات في حاوية عجلة التجميع نتيجة الكبس؟

**الحل** : 1- نوجد وزن النفايات في عجلة التجميع : 12800-9800=3000 kg

2-نوجد كثافة النفايات داخل حاوية عجلة التجميع: 3000/4.5=666.67 kg/m$^3$

3- نوجد نسبة الكبس :666.67/350=1.9

4- نحسب نسبة الزيادة في الكثافة :90% = 1- 1.9

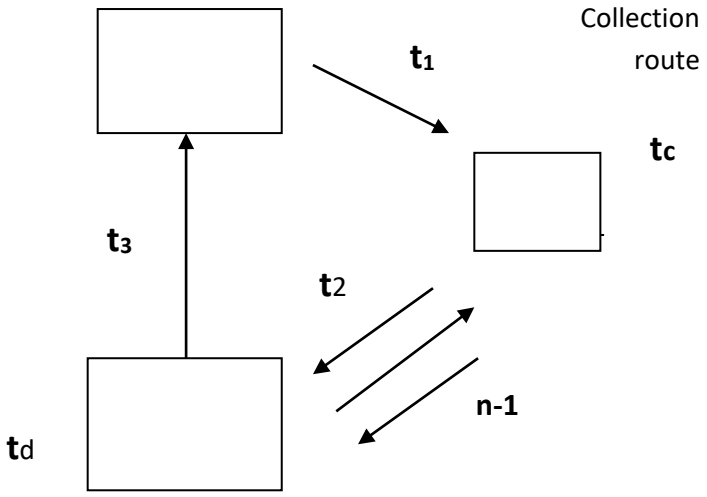
هذا يعني أن الكابسة المثبتة على عجلة التجميع قد بزيادة كثافة النفايات بنسبة 90%.

**ملاحظات حول تصميم المسارات وخصائص الطرق التي يتم فيها التجميع: (Collection route)**

1) قدر الإمكان تصمم طرق التجميع قريبة من مداخل ومخارج الطرق الشريانية الرئيسية .
2) التجميع يبدأ من المناطق المرتفعة وينتهي بالمناطق المنخفضة.
3) يراعى في تصميم طرق التجميع أن تكون الحاويات التي يتم تجميعها في الأخير هي أقرب ما تكون إلى أمكنة الطرح .
4) في المناطق ذات الكثافة المرورية العالية، يراعى أن يكون تجميع الحاويات فيها مبكرا .
5) في المناطق ذات تولد النفايات العالي، يراعى أن يكون تجميع الحاويات فيها مبكرا أو في بداية العمل اليومي للتجميع .
6) تجميع النفايات في الحاويات المتفرقة في يوم واحد وفي دورة واحدة من التجميع لتقليل الكلفة .
7) يراعى في تصميم الطرق حمولة السيارات وأوزانها وعدد دورا ت التحميل .

## حساب الزمن المصروف في عملية التجميع

## *Time spent collecting refuse*




**مخطط يوضح الزمن الذي يصرف في عملية تجميع النفايات**

لو فرضنا أن :

$t_1$ = الزمن المصروف من الكراج إلى بداية التجميع

$t_c$ = الزمن الذي يصرف في عملية التجميع.

$t_3$ = الزمن الذي يصرف من أمكنة الطرح إلى الكراج في نهاية اليوم.

$t_2$ =الزمن الذي يصرف في عملية قيادة العجلة من موقع التجميع إلى موقع الطرح .

$t_d$ = الزمن الذي تصرفه العجلات في تفريغ الحمولة في أمكنة الطرح .

$t_b$ = الزمن الذي يصرف في التوقفات من استراحة وعطلات وغيرها .

$T_t$ = الزمن الكلي المصروف لتجميع النفايات وليوم واحد .

n = عدد الدورات من منطقة التجميع إلى أمكنة الطرح

$$T_t=t_1+t_c+t_2+t_d+(n-1)(2t_2+t_d)+t_3+t_b$$

$$T_t=t_1+(2n-1)t_2+nt_d+t_3+t_b+t_c$$

**مثال** : افترض أنه يحتاج 0.4 ساعة لقيادة سيارة النفايات من الكراج إلى بداية التجميع ويحتاج 0.4 ساعة لقيادة السيارة مابين مكان التجميع ومكان الطرح ويحتاج إلى 0.25 ساعة للرجوع من مكان الطرح إلى الكراج ويحتاج 0.2 ساعة لتفريغ الحمولة في مكان الطرح . طاقم التحميل غاليا يعطى لهم استراحتين ولمدة 15 دقيقة لكل استراحة وأن العجلة لها توقفات يومية غير متوقعة 30 دقيقة كمعدل (أي أن مجموع التوقفات أصبح ساعة كاملة)، فإذا علمت أن العجلة تعمل دورتين يوميا إلى مكان طرح النفايات، ما هو الزمن المصروف في عملية التجميع (داخل الحي السكني) إذا علمت أن الزمن الكلي للعمل اليومي هو 8 ساعات؟

**الحل:**

$$T_1=t_1+t_c+t_2+t_d+(n-1)(2t_2+t_d)+t_3+t_b$$

$$8 = 0.4+ t_c+0.4+0.2+(2-1)(2*0.4+0.2)+0.25+1$$

$$t_c=4.75 \text{ hr.}$$

## حساب معدل الزمن المطلوب لكل توقف لعجلة التجميع (ts)
## (average time for one stop)

**الزمن المطلوب لكل توقف = الزمن المطلوب لقيادة السيارة بين توقف وآخر + الزمن المصروف في كل توقف لتفريغ الحاويات**

لو فرضنا أن معدل سرعة السيارة أثناء عملية التجميع مابين التوقفات هو 2 م/ ثا ، فإن الزمن المصروف للقيادة مابين التوقفات = **0.5D**

لو فرضنا أن( **Nc** ) تمثل عدد الحاويات التي يتم تفريغها في كل توقف، وأن الزمن المطلوب لتفريغ الحاوية =10 ثانية فان الزمن المطلوب لكل توقف لعجلة التجميع سوف يكون كما يلي :

**ts = 0.5D + 10 Nc**

**مثال :** إذا كان معدل المسافة مابين التوقفات في أمكنة التجميع 80 م وأنه وجد بشكل عملي أن لكل توقف حاويتين تفرغ في العجلة ، ما هو الزمن المصروف في التوقف الواحد لهذه العجلة اذا علمت ان زمن تفريغ الحاويات يستغرق 10 ثا ؟

ts = 0.5D + 10 Nc
ts = 0.5*80 + 10 *2= 60 sec.

**مثال أخر :** لو فرضنا أن معدل سرعة السيارة أثناء عملية التجميع مابين التوقفات هو 3 م/ثا وإذ اكان معدل المسافة مابين التوقفات في أمكنة التجميع 80 م ، وأنه وجد بشكل عملي أن لكل توقف ثلاث حاويات تفرغ في العجلة ،وأنه يحتاج 12 ثا لتفريغ كل حاوية ، ما هو الزمن المصروف في التوقف الواحد لهذه العجلة

ts = 0.33D + 12 Nc
ts = 0.33 *80 + 12 *3= 62.4 sec.

## إيجاد عدد التوقفات لعجلة النفايات (N)

يمكن إيجاد عدد التوقفات لعجلة النفايات في الصيغة التالية :

**N= tc / (ts*n)**

(N) : عدد التوقفات للعجلة
tc : يمثل الزمن الكلي المصروف في تجميع النفايات (ثا)
ts : المعدل الزمني المصروف لتوقف واحد (ثا)
n : عدد مرات تحميل السيارة في اليوم

**مثال**: إذا كان الزمن المصروف في التوقف الواحد (ts) هو 60 ثا ، وأن الزمن الكلي المصروف في تجميع النفايات ($t_c$) هو 4.75 ساعة وأن عجلة التجميع تعمل حمولتين في اليوم الواحد ، احسب عدد التوقفات لهذه العجلة في اليوم الواحد ؟

**Solution:**
N= tc / (ts*n)
N= (4.75*3600)/(60*2)
= 142.5 stops/truck load

## إيجاد حجم عجلة التجميع (Vehicle Sizing)(V)

يمكن إيجاد حجم عجلة التجميع من معرفة كل من عدد التوقفات التي تقفها العجلة للتجميع وكذلك حجم النفايات المطروحة في كل توقف وكذلك نسبة الكبس التي تحققها العجلة حيث كلما حققت العجلة نسبة كبس أكبر سوف يكون حجم العجلة المطلوبة أصغر وما يلي : **V=vN/r**

**V=** حجم عجلة التجميع ($م^3$)
v = حجم المخلفات المطروحة من كل بيت ($م^3$/توقف)
**r** = نسبة الكبس

**مثال** : احسب حجم عجلة النفايات المطلوبة إذا كان نسبة الكبس لمكبس العجلة 3.5 وأن التوقفات لهذه العجلة هي لبيوت منفردة حيث يضع كل بيت نفايات 0.25 $م^3$ ؟ ملاحظة : اعتبر أن عدد التوقفات هي نفسها للمثال السابق 142.5

**Solution:**

V= v N/r

V= (0.25*142.5)/ 3.5=10.2 $m^3$

**واجب بيتي** : أعد حل المثال السابق إذا كان عملت السيارة رحلة واحدة يوميا، ثم أعد حل السؤال مرة ثانية إذا عملت السيارة ثلاث رحلات في اليوم الواحد ؟ بعد ذلك اعمل مقارنة في حالة الرحلة الواحدة والاثنتين والثلاثة مرتبة بشكل جدول.

## كلفة التجميع (Economics of collection)

يتبين لنا من مقارنة النتائج في المثال السابق أنه إذا عملت السيارة رحلة واحدة يوميا فأن حجمها سوف يكون 24.6 $م^3$ وتحتاج إلى زمن قليل ولكن غالبا تكون غالية الثمن وإذا عملت السيارة ثلاث رحلات يوميا فأن حجمها سوف يكون 5.4 $م^3$ ولكن زمن التجميع سوف يكون ثلاثة أمثال الرحلة الواحدة ولكن ثمن العجلة سوف يكون قليل، فأيهما تختار ولكي نجيب على هذا السؤال يجب عمل تحليل اقتصادي وحسب الطريقة التالية:

**الكلفة السنوية لتجميع طن واحد من النفايات =الكلفة الكلية/الوزن الكلي للنفايات المتجمع**

**الكلفة الكلية = كلفة العجلة + كلفة العمال**

**كلفة العجلة = كلفة الشراء الأولية (أ)+كلفة الصيانة والوقود(ب)*حجم السيارة**

إن كل من الثوابت ( أ )،( ب) يمكن أن نحصل على بياناتها من الشركة المصنعة ومن المسح الميداني وغالبا يكون الثابت ( ب) معتمدا على حجم السيارة المختارة ولهذا يمكن أن نضع كلفة العجلة بالقانون التالي :

**كلفة عجلة التجميع السنوية = أ + ب*حجم السيارة**

**أما كلفة العمال فيمكن حسابها من معرفة مقدار الراتب اليومي أو الشهري أو السنوي لكل عامل * عدد العمال .**

**مثال :** افترض أن كلفة شراء عجلة لتجميع النفايات 10000 دولار/سنة وأن كلفة الصيانة والوقود مرتبط بحجم العجلة حيث تبين أنه يعادل ( 4000 *حجم العجلة ) ، وافترض أن هذه العجلة تحتاج إلى عاملي تجميع حيث يحصل كل عامل على أجور 15 دولار في الساعة، وان العجلة والعمال يعملون خمسة أيام في الأسبوع ولمدة ثمان ساعات يوميا ولرحلتين يوميا،احسب كلفة تجميع الطن الواحد من النفايات سنويا ؟ ملاحظه اعتبر أن حجم النفايات المطروحة في الأسبوع الواحد ولكل دار 0.25 م$^3$ ,وأن حجم السيارة هو 10.2 م$^3$ وان كثافة النفايات هي 120 كغم/م$^3$ وأن عدد التوقفات لكل رحلة هو 142.5؟

**الحل :**

**1**- نحسب كلفة العجلة من شراء وصيانة وكما يلي :

كلفة العجلة = كلفة الشراء الأولية ( أ ) + كلفة الصيانة والوقود( ب )*حجم السيارة

كلفة العجلة =10000+4000*10.2=50700 دولار /سنة

**2**- نحسب كلفة العمال وكما يلي :

عدد العمال(2) * أجور العامل الواحد في الساعة(15) *عدد ساعات العمل (8)* عدد أيام العمل في الأسبوع(5)*عدد أسابيع العمل في السنة (52)=62400 دولار/سنة

**3**- نحسب الكلفة الكلية = كلفة العجلة +كلفة العمال= 62400+50700 =113100 دولار/سنة

**4**- نحسب عدد الدور التي يمكن أن تخدم أسبوعيا وكما يلي :

عدد التوقفات للرحلة الواحدة (142.5)* عدد الرحلات اليومية (2) * عدد أيام العمل (5)=1425

**5**- نحسب وزن النفايات الكلي المتجمع في السنة الواحدة :

حجم النفايات المطروحة من كل دار أسبوعيا (0.25)* كثافة النفايات (120) * عدد الدور التي يمكن أن تخدم أسبوعيا (1425) * عدد الأسابيع في السنة الواحدة (52)=2223000 كغم=2223 طن

**6**- نحسب الكلفة السنوية للطن الواحد = الكلفة الكلية /الوزن الكلي =113100/2223=50.8 دولار/سنة