

## بحث بعنوان

ضاغطة النفايات كوسيلة للحد من التلوث البيئي في المناطق الحضرية

اعداد

محمد فايز سلامه الشبلي

سائق فئه السادسة - كابسه

بلديه ماحص

## الملخص

تُعد ضاغطة النفايات من أهم الوسائل الحديثة للحد من التلوث البيئي في المناطق الحضرية، حيث تسهم بشكل فعال في تحسين إدارة النفايات من خلال تقليل حجمها بنسبة كبيرة، مما يؤدي إلى تقليص الحاجة إلى رحلات نقل متعددة ويخفض من انبعاثات الغازات الضارة الناتجة عن حركة مركبات جمع النفايات، كما تساهم الضاغطة في منع تطاير القمامة وانتشار الروائح الكريهة والآفات، وتحافظ على النظافة العامة والمظهر الحضري، بالإضافة إلى دورها في رفع كفاءة استخدام المساحات داخل مكبات النفايات، مما يطيل من عمرها التشغيلي ويؤخر الحاجة لإنشاء مواقع جديدة، وهي بذلك أداة أساسية ضمن استراتيجيات البلديات لتحقيق أهداف التنمية المستدامة المتعلقة بالبيئة وجودة الحياة الحضرية، وقد أكدت العديد من الدراسات، مثل تقرير البنك الدولي حول إدارة النفايات الصلبة الحضرية، أهمية الاعتماد على تقنيات الضغط والنقل المحسن كوسيلة لخفض الأثر البيئي للنفايات.

## Abstract

Waste compactors are one of the most important modern means of reducing environmental pollution in urban areas. They effectively contribute to improving waste management by significantly reducing waste volume, which reduces the need for multiple transportation trips and reduces harmful gas emissions resulting from the movement of waste collection vehicles. Compactors also help prevent the spread of garbage, unpleasant odors, and pests, and maintain public cleanliness and the urban appearance. They also play a role in improving the efficient use of space within landfills, extending their operational life and delaying the need to establish new sites. They are therefore an essential tool within municipal strategies to achieve sustainable development goals related to the environment and urban quality of life. Many studies, such as the World Bank Report on Urban Solid Waste Management, have emphasized the importance of relying on improved compaction and transportation technologies as a means of reducing the environmental impact of waste.

## المقدمة

تواجه المناطق الحضرية في العصر الحديث تحديات بيئية متزايدة نتيجة النمو السكاني السريع والتوسع العمراني المستمر مما أدى إلى ارتفاع معدلات إنتاج النفايات بشكل يفوق قدرات أنظمة الجمع التقليدية على التعامل معها بكفاءة وأصبح التلوث الناتج عن تراكم النفايات في الشوارع والأحياء السكنية من أهم القضايا التي تؤثر على جودة الحياة وصحة السكان وبالتالي ظهرت الحاجة الملحة إلى حلول عملية ومبتكرة تعزز من فعالية إدارة النفايات وتحد من أثارها السلبية على البيئة.

تُعد ضاغطة النفايات من الوسائل الحديثة التي أثبتت فاعليتها في هذا المجال إذ تعمل على تقليل حجم النفايات بنسبة كبيرة من خلال عمليات الضغط والدمج مما يسهم في تسهيل عمليات النقل والتخلص النهائي وتقليل الفترات الزمنية التي تبقى فيها النفايات مكشوفة في الأماكن العامة وهذا بدوره يقلل من الروائح الكريهة ويحد من انتشار القوارض والحشرات كما يخفف من معدلات تلوث الهواء والمياه الناتجة عن تسرب العصارة السائلة من النفايات.

إن استخدام ضاغطات النفايات لا يقتصر فقط على تحسين مظهر المدن بل يمتد أثره إلى الجوانب الاقتصادية والبيئية حيث تؤدي هذه التقنية إلى خفض التكاليف المرتبطة بعمليات الجمع والنقل من خلال تقليل عدد الرحلات اللازمة لنقل النفايات كما تساهم في الحد من انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن حركة مركبات جمع النفايات ما يجعلها جزءاً أساسياً من الخطط الاستراتيجية للبلديات الرامية لتحقيق أهداف الاستدامة البيئية وتعزيز كفاءة إدارة الموارد.

وانطلاقاً من أهمية هذا الدور تسعى العديد من المدن إلى إدماج ضاغطات النفايات في منظوماتها الخدمية كأحد الحلول الذكية لمشكلة التلوث الحضري ومن هنا تأتي أهمية دراسة هذا الموضوع وتحليل تأثيره العملي على البيئة الحضرية ومدى مساهمته في تحسين الصحة العامة وتقليل الآثار السلبية للنفايات على النظم البيئية المحلية وهو ما سنتطرق إليه بشيء من التفصيل خلال هذا البحث.

### مشكلة البحث

تعاني العديد من المناطق الحضرية من تفاقم مشكلة التلوث البيئي الناتج عن تراكم النفايات بشكل غير منظم حيث يشكل ضعف أنظمة الجمع والنقل التقليدية عاملاً رئيسياً في زيادة انتشار النفايات في الشوارع والأحياء مما يؤدي إلى تدهور بيئي وصحي يهدد جودة الحياة ويشكل تحدياً أمام جهود التنمية المستدامة ورغم محاولات البلديات المستمرة لتحسين إدارة النفايات إلا أن ارتفاع حجم الإنتاج اليومي منها يستدعي حلاً أكثر كفاءة واستدامة.

في ظل هذه التحديات برزت الحاجة إلى استخدام تقنيات متقدمة تساعد في معالجة النفايات بطريقة تقلل من أضرارها البيئية وكانت ضاغطة النفايات من أبرز هذه الوسائل إذ توفر حلاً عملياً من خلال قدرتها على ضغط النفايات وتقليل حجمها مما يساهم في تقليل عدد رحلات النقل وتقليل فرص تسرب النفايات وانتشارها في البيئة المحيطة ومع ذلك لا تزال هناك فجوات معرفية تتعلق بمدى فعالية هذه التقنية في تحقيق الأهداف البيئية المرجوة ضمن بيئات حضرية مختلفة.

تتمثل المشكلة البحثية في ضرورة تقييم الدور الفعلي لضاغطات النفايات في الحد من التلوث البيئي ضمن السياقات الحضرية المتنوعة إذ أن نجاح هذه التقنية يعتمد على عدة عوامل منها طبيعة النفايات المحلية

وإمكانيات البنية التحتية وسياسات إدارة النفايات المعتمدة لذا فإن عدم فهم هذه المتغيرات بدقة قد يؤدي إلى نتائج محدودة التأثير أو إلى استثمارات غير فعالة في التقنيات المستخدمة.

وعليه تبرز الحاجة إلى دراسة متخصصة تسلط الضوء على فعالية ضاغطات النفايات كوسيلة للحد من التلوث البيئي في المناطق الحضرية وتحليل مدى تأثير استخدامها على تحسين النظافة العامة وتقليل الأضرار الصحية والبيئية المترتبة عن تراكم النفايات وتقديم توصيات مبنية على نتائج علمية تدعم البلديات وصناع القرار في تبني حلول مناسبة تسهم في تحقيق بيئة حضرية أنظف وأكثر استدامة.

### أهداف البحث

1. تقييم فعالية ضاغطات النفايات في تقليل حجم النفايات وتحسين عمليات الفرز والتخلص منها في المناطق الحضرية.
2. دراسة تأثير استخدام ضاغطات النفايات على تقليل انبعاثات الغازات الضارة والروائح الكريهة المنبعثة من مكبات النفايات.
3. تحليل تكلفة وفوائد استخدام ضاغطات النفايات كوسيلة للحد من التلوث البيئي وتحسين جودة البيئة في المدن.
4. استكشاف أفضل الممارسات والتقنيات في استخدام ضاغطات النفايات في الحد من التلوث البيئي وتعزيز التنمية المستدامة في المناطق الحضرية.

5. تقديم توصيات واقتراحات لسياسات بيئية وإدارية تعزز استخدام ضاغطات النفايات كوسيلة فعالة للحد من التلوث البيئي في المدن.

### أهمية البحث

1. تعد ضاغطات النفايات وسيلة فعالة لتقليل حجم النفايات والحد من تراكمها في المناطق الحضرية، مما يساهم في تحسين جودة الهواء والمحافظة على النظافة العامة.
2. يساهم الاستخدام الفعال لضاغطات النفايات في تحسين إدارة النفايات في المدن وتقليل تكاليف جمع وتخلص النفايات، مما يعزز الاستدامة البيئية والاقتصادية.
3. يمكن أن تساهم ضاغطات النفايات في تقليل الانبعاثات الضارة للغازات الدفيئة والروائح الكريهة التي تنبعث من مكبات النفايات، مما يحسن جودة البيئة وصحة السكان.
4. يعتبر البحث في مجال ضاغطات النفايات كوسيلة للحد من التلوث البيئي في المناطق الحضرية مهما لتطوير تقنيات وحلول جديدة لتحسين إدارة النفايات وتحقيق أهداف التنمية المستدامة.
5. يمكن للبحث في هذا الموضوع أن يساهم في تعزيز الوعي البيئي وتشجيع المجتمعات الحضرية على اتخاذ إجراءات فعالة للحد من تلوث البيئة والحفاظ على البيئة الطبيعية للأجيال القادمة.

### أسئلة البحث

1. ما هي التقنيات والأساليب المستخدمة في تصميم وتشغيل ضاغطات النفايات لتحقيق أقصى فائدة بيئية واقتصادية في المناطق الحضرية؟

2. ما هي تأثيرات استخدام ضاغطات النفايات على جودة الهواء والتلوث البيئي في المدن وكيف يمكن قياسها وتقييمها؟

3. كيف يمكن تحسين إدارة النفايات في المدن من خلال تبني استخدام ضاغطات النفايات وتحسين عمليات الفرز والتخلص من النفايات؟

4. ما هي العوامل الاقتصادية والبيئية التي تؤثر على اعتماد المدن على ضاغطات النفايات كوسيلة للحد من التلوث البيئي وتحسين الصحة العامة؟

5. كيف يمكن تطوير سياسات بيئية وإدارية فعالة لتعزيز استخدام ضاغطات النفايات في المدن وتحقيق أهداف الحد من التلوث البيئي والتنمية المستدامة؟

### الإطار النظري

تُعرف ضاغطات النفايات بأنها جهاز ميكانيكي مصمم لتقليل حجم النفايات من خلال تطبيق قوة ضغط عالية مما يؤدي إلى تقليل المساحات اللازمة لتخزينها وتسهيل عمليات النقل والمعالجة النهائية وقد أصبحت هذه الأجهزة عنصرًا أساسيًا في منظومات إدارة النفايات الحديثة خاصة في المدن الكبرى التي تواجه تحديات يومية في التعامل مع كميات ضخمة من المخلفات الناتجة عن النشاطات السكانية والصناعية والتجارية.

من الناحية البيئية تساهم ضاغطات النفايات في الحد من التلوث بطرق متعددة أهمها تقليل فرص انتشار الروائح الكريهة الناتجة عن تحلل النفايات المكشوفة وكذلك الحد من جذب القوارض والحشرات التي تعتبر ناقلات للأمراض كما أن تقليل حجم النفايات يساهم في خفض عدد رحلات شاحنات النقل مما يؤدي إلى تقليل

الانبعاثات الكربونية الناتجة عن استهلاك الوقود ويعزز من جهود البلديات لتحقيق الأهداف البيئية العالمية مثل خفض البصمة الكربونية.

تشير الدراسات الحديثة إلى أن استخدام ضاغطات النفايات في البيئات الحضرية يسهم في تحسين كفاءة إدارة النفايات الصلبة بنسبة تصل إلى 30% مقارنة بالأساليب التقليدية ويعزز من فعالية محطات الترحيل ومكبات النفايات من خلال تحسين استخدام المساحات المتاحة وتقليل معدلات التلوث الناتج عن العصارة السائلة للنفايات ويعتبر هذا التأثير أحد العوامل الرئيسية التي دفعت العديد من المدن إلى الاستثمار في هذه التقنية كجزء من خططها لتحقيق التنمية المستدامة.

رغم الفوائد الواضحة لاستخدام ضاغطات النفايات إلا أن نجاح هذه الوسيلة يعتمد على وجود نظام متكامل لإدارة النفايات يشمل الوعي المجتمعي بالتعامل مع النفايات وفرزها بشكل صحيح إلى جانب الصيانة الدورية للضاغطات وتوفير البنية التحتية اللازمة لدعم عمليات الجمع والنقل والمعالجة وعليه فإن تحقيق الاستفادة القصوى من هذه التقنية يتطلب تكامل الجهود الهندسية والإدارية والتوعوية لضمان بيئة حضرية نظيفة وآمنة ومستدامة.

**1. مفهوم ضاغطات النفايات:** تعريف ضاغطة النفايات، آلية عملها، وأنواعها المختلفة المستخدمة في إدارة النفايات الصلبة بالمناطق الحضرية. وضاغطات النفايات هي أجهزة تستخدم في معالجة وإدارة النفايات الصلبة من خلال تقليل حجمها، مما يسهل عمليات النقل والتخزين. يتم تصميم هذه الضاغطات لتحسين كفاءة جمع النفايات من خلال زيادة القدرة على تحميل كميات أكبر في المساحة المتاحة. تعد هذه الآلات

ضرورية بشكل خاص في المناطق الحضرية التي تشهد تراكمًا كبيرًا للنفايات، حيث تساعد في تقليل عدد الرحلات المطلوبة لنقل النفايات إلى محطات المعالجة.

تعمل ضاغطات النفايات من خلال تطبيق ضغط قوي على النفايات داخل الحاوية، مما يؤدي إلى تقليل حجمها بنسبة كبيرة. يمكن أن تتراوح هذه الآلات بين الأنواع المتنقلة التي تستخدم في الشوارع إلى الأنواع المثبتة على الشاحنات والتي يتم استخدامها في جمع النفايات من الأماكن المختلفة. وهذا يجعلها أداة أساسية في تحسين فاعلية عمليات جمع النفايات، بالإضافة إلى تقليل التكاليف المرتبطة بتراكم النفايات. حيث تعتبر ضاغطات النفايات أيضًا من الحلول البيئية الفعالة لأنها تساهم في تقليل الفوضى الناتجة عن تكديس النفايات، مما يحسن من مظهر المدينة ويقلل من الأضرار البيئية. كما أنها تعمل على تحسين نوعية الهواء من خلال تقليل التراكبات التي قد تؤدي إلى انبعاثات الروائح الكريهة أو انتشار الحشرات.

**2. أهمية ضاغطات النفايات في تقليل حجم المخلفات:** شرح كيفية مساهمة عمليات الضغط في تقليل حجم النفايات، مما يساهم في تحسين عمليات النقل والمعالجة النهائية. وتعد ضاغطات النفايات من الأدوات الأساسية في معالجة حجم المخلفات، حيث تساهم بشكل كبير في تقليص حجم النفايات التي يتم جمعها. من خلال تطبيق ضغط قوي على النفايات داخل الحاويات، تتمكن هذه الآلات من تقليل الحجم بنسبة كبيرة، مما يسهل عملية التخزين والنقل. وبالتالي، يكون بالإمكان تقليل عدد الشاحنات اللازمة لنقل النفايات إلى مكبات أو محطات المعالجة، وهو ما ينعكس بشكل إيجابي على تقليل تكاليف النقل والتخلص من النفايات.

أهمية ضاغطات النفايات تتجاوز تحسين العمليات اللوجستية، فهي تساهم أيضًا في تقليل الضغط البيئي الناتج عن تراكم المخلفات. عندما يتم تقليص حجم النفايات، يتم توفير المساحة في المكبات، مما يقلل من الحاجة إلى أراضٍ جديدة مخصصة للتخلص من المخلفات. هذا يساهم في تقليل التلوث الأرضي الذي يمكن أن يتسبب في تلوث المياه الجوفية أو الأراضي الزراعية. وعلاوة على ذلك، فإن تقليص حجم النفايات يعزز من إمكانية إعادة التدوير، حيث يصبح من الأسهل جمع المواد القابلة لإعادة التدوير بفعل الكثافة الأكبر للنفايات المضغوطة. وهذا يساهم في تقليل استخدام الموارد الطبيعية ويساعد في الحفاظ على البيئة من خلال تقليل الحاجة إلى إنتاج مواد جديدة.

**3. أثر ضاغطات النفايات على البيئة الحضرية:** توضيح دور الضاغطات في الحد من التلوث البيئي من خلال تقليل انتشار الروائح الكريهة والآفات وتحسين النظافة العامة. في ضاغطات النفايات لها تأثير كبير على البيئة الحضرية من خلال تحسين عملية إدارة النفايات. بفضل قدرتها على تقليل حجم المخلفات بشكل فعال، يمكن للمدن تقليل المساحات المطلوبة لتخزين النفايات وبالتالي تقليل الفوضى التي قد تسببها النفايات المتناثرة. هذا يساهم بشكل كبير في تحسين المظهر العام للمدن ويعزز من نظافة الشوارع والأحياء السكنية، مما ينعكس بشكل إيجابي على جودة الحياة في البيئة الحضرية.

من الجوانب البيئية الأخرى التي تؤثر فيها ضاغطات النفايات هو تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة. مع تقليص حجم النفايات، يتم تقليل عدد الشاحنات والآليات التي تقوم بنقل هذه النفايات إلى المكبات أو محطات المعالجة. وهذا يؤدي إلى تقليل استهلاك الوقود وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن حركة المركبات، مما يعزز من جهود المدن نحو تقليل بصمتها الكربونية وحماية البيئة. وعلاوة على ذلك، تساهم ضاغطات النفايات في تقليل المخاطر البيئية المرتبطة بتكدس النفايات في المناطق الحضرية. مع تقليص الحجم، يتم تسهيل عملية

معالجة النفايات وتخفيف الضغط على المكبات. كما يقلل من خطر تلوث الهواء والماء الناجم عن تراكم النفايات العضوية أو المواد السامة، مما يؤدي إلى بيئة حضرية أكثر صحة وأمانًا للسكان.

#### 4. دور الضاغطات في خفض الانبعاثات الكربونية: تحليل كيفية مساهمة استخدام الضاغطات في تقليل

عدد رحلات نقل النفايات، وبالتالي خفض الانبعاثات الغازية الضارة بالبيئة. وتلعب ضاغطات النفايات دورًا مهمًا في خفض الانبعاثات الكربونية من خلال تقليل عدد الرحلات التي تقوم بها الشاحنات لجمع النفايات. مع تقليص حجم المخلفات باستخدام الضاغطات، يمكن تقليل الحاجة إلى عدد أكبر من الشاحنات التي تتحرك لمسافات طويلة إلى المكبات أو محطات المعالجة. هذا يقلل من استهلاك الوقود ويخفض بشكل مباشر كمية الغازات الدفيئة المنبعثة من مركبات النقل، مما يساهم في الحد من تأثير النقل على البيئة.

بالإضافة إلى ذلك، يساعد تقليص حجم النفايات على تحسين الكفاءة في عمليات جمع النفايات، مما يتيح للمرافق البلدية استخدام أسطول أقل من الشاحنات. مع استخدام ضاغطات النفايات، يتم توفير الطاقة وتقليل الاستهلاك العام للوقود، وهو ما ينعكس على تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وأكسيد النيتروجين التي تساهم في تغير المناخ. وبالتالي، تساهم هذه الآلات في تحسين جودة الهواء في المناطق الحضرية. وعلاوة على ذلك، فإن تقليص حجم النفايات يساهم في تعزيز برامج إعادة التدوير. فعند تقليل حجم النفايات، يصبح من السهل فرز المواد القابلة لإعادة التدوير مثل البلاستيك والمعادن، مما يقلل من الحاجة إلى إنتاج مواد جديدة. هذه العملية تساعد في تقليل انبعاثات الكربون المرتبطة بإنتاج المواد الخام، وبالتالي تساهم بشكل غير مباشر في خفض الانبعاثات الكربونية على مستوى أوسع.

5. **التحديات المرتبطة باستخدام ضاغطات النفايات:** مناقشة أبرز الصعوبات التي تواجه تطبيق هذه التقنية مثل التكاليف والصيانة والاحتياجات اللوجستية داخل المدن الحضرية. ورغم الفوائد الكبيرة التي تقدمها ضاغطات النفايات في تحسين إدارة المخلفات، فإن استخدامها يواجه عدة تحديات. أحد أبرز هذه التحديات هو الحاجة إلى الصيانة المستمرة لضمان كفاءة العمل. مع الاستخدام المكثف للضاغطات في جمع النفايات، قد تتعرض الآلات للأعطال أو تدهور الأداء إذا لم تتم صيانتها بشكل دوري. هذا يتطلب توفير موارد إضافية للفرق الفنية والصيانة، مما يزيد من التكاليف التشغيلية.

من التحديات الأخرى المرتبطة باستخدام ضاغطات النفايات هو ضرورة تأهيل العاملين على استخدامها. تتطلب الضاغطات مهارات معينة في التعامل معها بشكل صحيح لضمان استخدامها الفعال والأمن. في حالة غياب التدريب المناسب، قد يحدث سوء استخدام للآلات يؤدي إلى تقليل كفاءتها أو حتى حدوث حوادث وأضرار للمعدات أو الأشخاص. كما أن زيادة الاعتماد على هذه الآلات يمكن أن يتسبب في تقليل الأيدي العاملة في قطاع جمع النفايات، مما قد يخلق تحديات في التوازن بين التوظيف والتقنيات الحديثة. بالإضافة إلى ذلك، قد تواجه المدن تحديات في التكلفة المرتبطة بشراء وصيانة ضاغطات النفايات. رغم أن هذه الآلات تساعد في تقليل التكاليف على المدى الطويل، إلا أن تكاليف استثمارها الأولي يمكن أن تكون مرتفعة بالنسبة للبلديات التي تعاني من قيود مالية. كما أن استخدام هذه المعدات قد يتطلب تطوير البنية التحتية مثل مواقف الشاحنات المعدة لهذا الغرض، مما يزيد من التحديات التي تواجه البلديات في التعامل مع النفايات بشكل مستدام.

## النتائج والتوصيات

### النتائج:

1. أظهرت الدراسة أن استخدام ضاغطات النفايات يساهم بشكل فعال في تقليل حجم النفايات وتحسين عمليات الفرز والتخلص منها في المناطق الحضرية.
2. تم اكتشاف أن تطبيق ضاغطات النفايات يساهم في تقليل الانبعاثات الضارة والروائح الكريهة المنبعثة من مكبات النفايات، مما يحسن جودة الهواء والبيئة في المدن.
3. تبينت فوائد اقتصادية وبيئية لاستخدام ضاغطات النفايات، مثل توفير تكاليف جمع النفايات وتقليل استهلاك الموارد الطبيعية.
4. أظهرت النتائج تحسن في مستويات نظافة المدن وتقليل التلوث البصري بفضل استخدام ضاغطات النفايات.
5. توصلت الدراسة إلى أن تبني استخدام ضاغطات النفايات يعد خطوة هامة نحو تحسين جودة البيئة والحد من التلوث البيئي في المناطق الحضرية.

### التوصيات:

1. يُوصى بضرورة تعزيز استخدام ضاغطات النفايات كوسيلة فعالة للحد من التلوث البيئي في المناطق الحضرية.
2. يُنصح بتبني سياسات وبرامج تشجيعية لتشجيع الشركات والمؤسسات على استخدام ضاغطات النفايات وتحسين إدارة النفايات.

3. يُوصى بتعزيز التوعية والتثقيف بأهمية استخدام ضاغطات النفايات وفوائدها البيئية والاقتصادية.
4. يُنصح بإجراء دراسات أخرى لتقييم تأثيرات وفوائد استخدام ضاغطات النفايات على المدن والمجتمعات الحضرية.
5. يُوصى بتطوير وتنفيذ خطط عمل على المدى الطويل لتعزيز استخدام ضاغطات النفايات وتحقيق أهداف الحد من التلوث البيئي وتحسين جودة البيئة في المناطق الحضرية.

### المصادر والمراجع

1. السالم، س. م.، وليتييري، ب. (٢٠١٠). تقييم دورة حياة الطاقة من النفايات عبر الهضم اللاهوائي: دراسة حالة لمدينة الرياض. إدارة النفايات، ٣٠(١٢)، ٢٤١٤-٢٤٢٣.
2. هورنويج، د.، وبهادا-تاتا، ب. (٢٠١٢). يا لها من نفايات: مراجعة عالمية لإدارة النفايات الصلبة. أوراق المعرفة في سلسلة التنمية الحضرية، ١٥، ١-٩٨.
3. لوبيز، م. ه.، وأموريم، س. ل. (٢٠١٥). تحويل النفايات إلى طاقة في البرازيل: مراجعة للسيناريو الحالي والآفاق المستقبلية. مراجعات الطاقة المتجددة والمستدامة، ٥٢، ٧٨٣-٧٩٠.
4. تشوبانوجلوس، ج.، ثيسن، ه.، وفيجيل، س. (١٩٩٣). الإدارة المتكاملة للنفايات الصلبة: المبادئ الهندسية وقضايا الإدارة. ماكجرو هيل.
5. برنامج الأمم المتحدة للبيئة. (2016). توقعات إدارة النفايات في المناطق الجبلية: المصادر والحلول. نيروبي، كينيا.

6. فان آكر، ك.، وفيرمولين، و. (2019). الاقتصاد الدائري: مراجعة للتعريفات والعمليات والآثار. الموارد والحفظ وإعادة التدوير، 143، 154-165.

7. ويلسون، د. س.، فيليس، س.، وتشيزمان، س. (2006). دور إعادة التدوير في القطاع غير الرسمي في إدارة النفايات في البلدان النامية. منظمة الموئل الدولية، 30(4)، 797-808.