JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
https://jaspss.com
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (151)
2026-7-6

بحث بعنوان

إجراءات السلامة المهنية أثناء تشغيل ضاغطة النفايات

إعداد

حمد سماره عطاالله السيبيه

سائق ضاغطة – فئة سادسة

بلدية دير الكهف

JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
https://jaspss.com
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (151)
2026-7-6

الملخص

تُعد ضاغطة النفايات من المعدات الحيوية المستخدمة على نطاق واسع في البلديات، والمنشآت الصناعية، والتجارية، والسكنية الكبرى، بهدف تقليل حجم النفايات وتسهيل نقلها والتخلص منها بكفاءة. إلا أن تشغيل هذه المعدات ينطوي على مخاطر مهنية جسيمة تهدد حياة المشغلين والعاملين المحيطين، تشمل مخاطر التشابك بالأجزاء المتحركة، والسحق، والبتر، والصعق الكهربائي، والتعرض للمخاطر البيولوجية والكيميائية، ومخاطر الحريق والانفجار. يهدف هذا البحث إلى تحليل شامل لإجراءات السلامة المهنية اللازمة أثناء تشغيل ضاغطة النفايات، وتقييم مدى فعالية الإجراءات المتبعة حالياً، واستعراض أفضل الممارسات العالمية في هذا المجال.

يعتمد البحث على منهجية تحليلية وصفية تجمع بين استعراض الأدبيات العلمية، وتحليل حوادث العمل المسجلة، وتقييم بيئات التشغيل الفعلية. توصلت الدراسة إلى أن الغالبية العظمى من الحوادث المأساوية المرتبطة بضاغطة النفايات تنتج عن إهمال إجراءات العزل والتأمين أثناء الصيانة، وإزالة حواجز الأمان، والتدريب غير الكافي، وضعف ثقافة السلامة. كما أظهرت الدراسة أن تطبيق منظومة متكاملة من الضوابط الهندسية والإدارية والشخصية يسهم بشكل فاعل في الحد من الحوادث. ويوصي البحث بضرورة تبني إطار عمل شامل للسلامة يشمل التجهيز الهندسي، والتدريب الإلزامي، وتطبيق بروتوكولات العزل والتأمين، وتعزيز ثقافة السلامة الاستباقية، مع التأكيد على أن حماية العاملين ليست مسؤولية فردية بل التزام مؤسسي وقانوني وأخلاقي.

Abstract

Waste compactors are vital pieces of equipment widely used in municipalities, industrial, commercial, and large residential facilities to reduce waste volume and facilitate its efficient transport and disposal. However, operating this equipment involves serious occupational hazards that threaten the lives of operators and nearby workers. These hazards include entanglement with moving parts, crushing, amputation, electric shock, exposure to biological and chemical hazards, and the risks of fire and explosion. This research aims to provide a comprehensive analysis of the necessary occupational safety procedures during waste compactor operation, assess the effectiveness of current procedures, and review global best practices in this field.

The research employs a descriptive analytical methodology that combines a review of scientific literature, analysis of recorded workplace accidents, and an assessment of actual operating environments. The study concluded that the vast majority of tragic accidents related to waste compactors result from neglecting isolation and protection procedures (LOTO) during maintenance, removal of safety barriers, inadequate training, and a weak safety culture. The study also demonstrated that implementing an integrated system of engineering, administrative, and personal controls effectively contributes to reducing accidents. The research recommends the adoption of a comprehensive safety framework that includes engineering equipment, mandatory training, implementation of isolation and insurance protocols, and promotion of a proactive safety culture, while emphasizing that protecting workers is not an individual responsibility but an institutional, legal, and ethical obligation.

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (151)
2026-7-6

المقدمة

تشهد المجتمعات الحديثة نمواً مطرداً في كميات النفايات المنتجة يومياً، مما يستدعي استخدام تقنيات ومعدات متقدمة للتعامل مع هذه النفايات بكفاءة. وتُعتبر ضاغطة النفايات من أهم هذه المعدات، إذ تقوم بتقليل حجم النفايات بنسب تصل إلى 80% في بعض الحالات، مما يقلل من تكاليف النقل، ويوفر مساحة في مكبات النفايات، ويسهم في الحفاظ على البيئة. وتتوفر ضواغط النفايات بأشكال وأحجام متعددة، منها الضواغط الثابتة، والمتنقلة، والعمودية، والأفقية، وتُستخدم في تطبيقات متنوعة تشمل المرافق البلدية، والمصانع، والمستشفيات، والفنادق، ومراكز التسوق.

على الرغم من الفوائد التشغيلية والبيئية الكبيرة لضاغطة النفايات، إلا أن تشغيلها يُصنف ضمن العمليات عالية الخطورة، نظراً للطبيعة الميكانيكية المعقدة لهذه المعدات، والقوى الهيدروليكية الهائلة التي تولدها، والبيئة التشغيلية التي غالباً ما تكون ملوثة وخطرة. فالضاغطة تحتوي على أجزاء متحركة بسرعات عالية، وأنظمة هيدروليكية بضغط مرتفع، ونقاط تشابك خطيرة، وحواف حادة، ومساحات ضيقة يمكن أن ينحشر فيها العامل. كما أن طبيعة النفايات نفسها تشكل خطراً، إذ قد تحتوي على مواد حادة، أو مواد كيميائية خطرة، أو مواد قابلة للاشتعال، أو نفايات طبية معدية، أو مواد تولد غازات سامة وقابلة للانفجار.

إن وقوع الحوادث المرتبطة بضاغطة النفايات غالباً ما تكون عواقبها وخيمة، تتراوح بين الإصابات البالغة مثل البتر والسحق، والوفيات الفورية. وقد أظهرت الإحصائيات الدولية أن حوادث ضواغط النفايات تحتل مرتبة متقدمة بين حوادث المعدات الصناعية من حيث نسبة الوفيات، مما يستدعي اهتماماً خاصاً من صناع القرار، ومهندسي السلامة، والمشغلين. يأتي هذا البحث لمعالجة هذه القضية الحيوية، من خلال تقديم تحليل علمي

دقيق لإجراءات السلامة المهنية الواجب تطبيقها أثناء تشغيل ضاغطة النفايات، مع التركيز على الجوانب الهندسية، والإدارية، والسلوكية، والوقاية من المخاطر البيولوجية والكيميائية، وذلك بهدف توفير بيئة عمل آمنة تحمي صحة وسلامة العاملين.

مشكلة البحث

تتمثل المشكلة الرئيسية للبحث في الارتفاع المستمر لمعدلات الحوادث المميتة والإصابات البالغة المرتبطة بتشغيل ضاغطة النفايات، رغم التطور التكنولوجي الكبير في تصميم هذه المعدات وتوفر معايير السلامة الدولية. فعلى الرغم من وجود لوائح ومواصفات فنية تحدد متطلبات السلامة، إلا أن الحوادث المأساوية مثل سقوط العاملين داخل حجرة الضغط، والتشابك بالأجزاء المتحركة، والصعق الكهربائي، والانفجارات الناتجة عن غازات الميثان، لا تزال تتكرر بشكل مقلق. هذا التكرار يشير إلى وجود فجوة كبيرة بين المعايير المكتوبة والتطبيق الفعلي على أرض الواقع، وضعف في منظومة السلامة المهنية الشاملة.

وتتعمق المشكلة في وجود ممارسات تشغيلية وصيانة خاطئة ترسخت كعادات يومية لدى الكثير من المشغلين والفنيين، تشمل إزالة حواجز الأمان لتسهيل العمل، وإجراء عمليات تنظيف أو صيانة دون عزل الطاقة بشكل كامل) ، وإلقاء نفايات خطرة أو قابلة للاشتعال في الضاغطة دون فرز، والتشغيل في ظروف غير آمنة. كما أن غياب التدريب الرسمي المعتمد، وضعف الإشراف، وعدم كفاية معدات الوقاية الشخصية، وسوء حالة الصيانة، كلها عوامل تسهم في تفاقم المشكلة. هذا البحث يسعى لمعالجة هذه الإشكالية من خلال تحديد المخاطر بدقة، وتحليل أسباب الحوادث، وتقديم إطار عملي متكامل لإجراءات السلامة المهنية أثناء تشغيل ضاغطة النفايات.

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (151)
2026-7-6

أهداف البحث

1. التعرف على طبيعة المخاطر المهنية المتنوعة المرتبطة بتشغيل ضاغطة النفايات (الميكانيكية، الكهربائية، البيولوجية، الكيميائية، الفيزيائية).

2. تحليل الأسباب الجذرية لحوادث ضواغط النفايات واستخلاص الدروس المستفادة من الحوادث المسجلة.

3. تحديد الإجراءات الهندسية والإدارية الفعالة للوقاية من الحوادث أثناء التشغيل العادي والصيانة.

4. تقييم مدى الالتزام ببروتوكولات السلامة المهنية، وخاصة بروتوكولات العزل والتأمين، في مواقع تشغيل ضواغط النفايات.

5. تقديم إطار عمل شامل وتوصيات عملية لتطبيق ثقافة السلامة المهنية المتكاملة في تشغيل ضواغط النفايات.

أهمية البحث

تكمن الأهمية النظرية للبحث في إثراء الأدبيات الأكاديمية العربية في مجال السلامة والصحة المهنية بدراسة متخصصة تتناول معدات محددة عالية الخطورة مثل ضاغطة النفايات، وهو مجال محدود البحث نسبياً. كما يسهم البحث في تطوير نماذج تقييم المخاطر الخاصة بمعدات معالجة النفايات، ودمج الأبعاد المتعددة للسلامة (الميكانيكية، البيولوجية، الكيميائية، السلوكية) في إطار تحليلي موحد. ويوفر البحث أساساً علمياً للباحثين والمختصين لدراسات مستقبلية تتعمق في ديناميكيات الحوادث الصناعية المرتبطة بمعدات الضغط الهيدروليكي.

أما الأهمية العملية والتطبيقية للبحث فتتجلى في تقديم دليل إرشادي عملي قابل للتطبيق مباشرة من قبل مديري المرافق، ومشرفي السلامة، ومشغلي ضواغط النفايات، وفنيي الصيانة. إن تطبيق النتائج والتوصيات التي سيخرج بها البحث سيساعد بشكل مباشر في تقليل معدلات الحوادث والإصابات، مما يحمي الأرواح ويقلل من التكاليف المادية الناتجة عن التعويضات وتوقف العمل. علاوة على ذلك، فإن تعزيز بيئة العمل الآمنة يرفع من الروح المعنوية للعاملين، ويضمن الامتثال للمعايير القانونية والدولية، ويحسن من السمعة المؤسسية للمنشات التي تستخدم هذه المعدات.

أسئلة البحث

1. ما هي أبرز المخاطر المهنية المرتبطة بتشغيل ضاغطة النفايات، وكيف يمكن تصنيفها وفقاً لطبيعتها؟
2. ما هو دور بروتوكولات العزل والتأمين في منع الحوادث أثناء صيانة وتنظيف ضاغطة النفايات؟
3. ما هي الإجراءات الهندسية والتصميمية الضرورية لتوفير بيئة تشغيل آمنة لضاغطة النفايات؟
4. كيف يمكن التعامل مع المخاطر البيولوجية والكيميائية الناتجة عن طبيعة النفايات المعالجة في الضاغطة؟
5. ما هو دور التدريب المستمر وثقافة السلامة في تعزيز الالتزام بإجراءات السلامة أثناء تشغيل ضاغطة النفايات؟

الإطار النظري

يستند هذا البحث في إطاره النظري إلى "نظرية تسلسل هرمية التحكم في المخاطر "المعتمدة من المعهد الوطني للسلامة والصحة المهنية، والتي تُرتب استراتيجيات الوقاية من الأكثر فعالية إلى الأقل. عند تطبيقها على ضاغطة النفايات، تبدأ الهرمية بـ "الإلغاء" (مثل تقليل الحاجة للضاغطة عبر تقليل النفايات من المصدر)، ثم

"الاستبدال" (بمعدات أقل خطورة)، ثم "ضوابط الهندسة" (الحواجز، أنظمة الإغلاق التلقائي، أنظمة التهوية، أجهزة الاستشعار)، ثم "الضوابط الإدارية) "التدريب، لوائح التشغيل، بروتوكولات التامين، جداول الصيانة(، وأخيراً "معدات الوقاية الشخصية" (القفازات، الأقنعة، النظارات، الأحذية). يؤكد هذا الإطار أن الاعتماد على وعي المشغل وحده (الخطوات الأخيرة) غير كافٍ، بل يجب التركيز على ضوابط الهندسة والإدارة لعزل المشغل عن الخطر من مصدره.

إجابات أسئلة البحث

السؤال الأول: ما هي أبرز المخاطر المهنية المرتبطة بتشغيل ضاغطة النفايات، وكيف يمكن تصنيفها وفقاً لطبيعتها؟

تتعدد المخاطر المهنية المرتبطة بتشغيل ضاغطة النفايات ويمكن تصنيفها إلى خمس فئات رئيسية مترابطة. أولاً، المخاطر الميكانيكية وتشمل التشابك بالأجزاء المتحركة مثل المكابس، والشفرات، وأعمدة الإدارة، والسحق بين الأسطح المتحركة، والبتر بسبب الحواف الحادة، والسقوط داخل حجرة الضغط، وهي أخطر المخاطر وأكثرها تسبباً في الوفيات. ثانياً، المخاطر الكهربائية وتشمل الصعق بسبب التماس الكهربائي، أو الحروق الكهربائية، أو الحرائق الناتجة عن قصر في الدوائر، خاصة في البيئات الرطبة. ثالثاً، المخاطر البيولوجية وتشمل التعرض للبكتيريا، والفيروسات، والفطريات، والطفيليات الموجودة في النفايات، والنفايات الطبية المعدية، والعضات أو الخدوش من الأجسام الحادة الملوثة. رابعاً، المخاطر الكيميائية وتشمل التعرض للمواد الكيميائية الخطرة الملقاة بشكل غير سليم، والأبخرة السامة، والغازات الناتجة عن تحلل النفايات مثل الميثان وكبريتيد الهيدروجين، والتي قد تسبب اختناقاً أو انفجارات. خامساً، المخاطر الفيزيائية وتشمل الضوضاء العالية،

والاهتزازات، والإجهاد الحراري، ومخاطر الانزلاق والسقوط في بيئة العمل. إن فهم هذه المخاطر المتعددة والمتداخلة هو الخطوة الأولى نحو تصميم إجراءات وقائية فاعلة.

السؤال الثاني: ما هو دور بروتوكولات العزل والتأمين في منع الحوادث أثناء صيانة وتنظيف ضاغطة النفايات؟

تُعد بروتوكولات العزل والتأمين من أهم الإجراءات الوقائية على الإطلاق في منع الحوادث المأساوية أثناء صيانة وتنظيف وإزالة الانسدادات من ضاغطة النفايات. تنص هذه البروتوكولات على أنه قبل أي تدخل داخل الضاغطة أو بالقرب من أجزائها المتحركة، يجب فصل جميع مصادر الطاقة (الكهربائية، الهيدروليكية، الهوائية، الميكانيكية المخزنة)، وتأمينها بأقفال شخصية لا يمكن فتحها إلا بواسطة الشخص الذي وضعها، ووضع بطاقات تحذيرية واضحة. كما يجب تفريغ الطاقة المخزنة في الأنظمة الهيدروليكية والنوابض، والتحقق من أن جميع الأجزاء المتحركة قد توقفت تماماً قبل بدء العمل. تشير الإحصائيات العالمية إلى أن نسبة عالية من حوادث البتر والوفاة في ضواغط النفايات وقعت بسبب تشغيل المعدة عن طريق الخطأ أثناء وجود عامل داخلها، وهو ما كان يمكن منعه بالكامل بتطبيق بروتوكولات التأمين بصرامة. إن تطبيق هذه البروتوكولات ليس اختياراً بل هو ضرورة قانونية وأخلاقية، ويتطلب تدريباً مستمراً، وتجهيزاً بالأقفال والبطاقات، والتزاماً من الإدارة العليا، ورقابة صارمة على التطبيق.

السؤال الثالث: ما هي الإجراءات الهندسية والتصميمية الضرورية لتوفير بيئة تشغيل آمنة لضاغطة النفايات؟

تشمل الإجراءات الهندسية والتصميمية الضرورية مجموعة من المتطلبات التي يجب أن تتوفر في ضاغطة النفايات وبيئة التشغيل لتقليل المخاطر من مصدرها. أولاً، يجب أن تكون الضاغطة مزودة بحواجز أمان ثابتة ومتحركة تمنع الوصول إلى الأجزاء المتحركة، وأنظمة إغلاق تلقائية تتوقف فيها المعدة فور فتح أي باب أو بوابة. ثانياً، يجب تركيب أزرار توقف طارئ في مواقع يسهل الوصول إليها من جميع الجهات، وأنظمة استشعار وجود الأشخاص داخل حجرة الضغط تمنع تشغيل المعدة. ثالثاً، يجب توفير أنظمة تهوية كافية لطرد الغازات والأبخرة السامة، وأنظمة كشف عن الغازات القابلة للاشتعال، وأنظمة إطفاء حريق تلقائية. رابعاً، يجب أن تكون أرضية منطقة التشغيل مانعة للانزلاق، ومزودة بتصريف مناسب للسوائل، وإضاءة كافية في جميع المناطق. خامساً، يجب أن تتضمن الضاغطة أنظمة هيدروليكية مجهزة بصمامات أمان تمنع الحركة المفاجئة، وأنظمة كهربائية محمية من الرطوبة والتماس. سادساً، يجب توفير سلالم وآليات صعود ونزول آمنة، ومنصات عمل مستقرة للصيانة. هذه الإجراءات الهندسية تمثل خط الدفاع الأول والأكثر فاعلية في الوقاية من الحوادث.

السؤال الرابع: كيف يمكن التعامل مع المخاطر البيولوجية والكيميائية الناتجة عن طبيعة النفايات المعالجة في الضاغطة؟

يتطلب التعامل مع المخاطر البيولوجية والكيميائية في ضاغطة النفايات نهجاً متكاملاً يجمع بين الإجراءات الوقائية والتشغيلية والطبية. على صعيد المخاطر البيولوجية، يجب فرز النفايات الطبية والمعدية بشكل منفصل تماماً وعدم إلقائها في الضواغط العادية، وتوفير معدات وقاية شخصية متخصصة تشمل القفازات المقاومة

للثقب، والأقنعة التنفسية، والنظارات الواقية، والملابس الواقية. كما يجب توفير محطات غسل وتعقيم للعاملين، وتطهير الضاغطة بشكل دوري بمواد مطهرة معتمدة، وتوفير التطعيمات اللازمة للعاملين مثل تطعيمات التيتانوس والتهاب الكبد. على صعيد المخاطر الكيميائية، يجب منع إلقاء المواد الكيميائية الخطرة، والبطاريات، وعبوات الرذاذ، والمواد القابلة للاشتعال في الضاغطة، من خلال برامج توعية وفرز صارمة. كما يجب تركيب أنظمة كشف عن الغازات السامة والقابلة للانفجار، وتوفير تهوية قوية، وتطبيق بروتوكولات دخول الفضاءات المغلقة عند الحاجة للدخول إلى الضاغطة. وأخيراً، يجب توفير برامج مراقبة صحية دورية للعاملين للكشف المبكر عن أي أمراض مهنية، وتوفير إجراءات استجابة سريعة في حالات التعرض العرضي للمواد الخطرة.

السؤال الخامس: ما هو دور التدريب المستمر وثقافة السلامة في تعزيز الالتزام بإجراءات السلامة أثناء تشغيل ضاغطة النفايات؟

يلعب التدريب المستمر وثقافة السلامة دوراً محورياً وأساسياً في تعزيز الالتزام بإجراءات السلامة، حيث أن المعرفة وحدها لا تكفي بل يجب أن تتحول إلى سلوك يومي متأصل. يجب أن يشمل التدريب برامج تأهيل أولية شاملة تغطي جميع جوانب التشغيل الآمن، وبرامج تحديث دورية تعالج المخاطر المستجدة والحوادث الواقعة. كما يجب أن يتضمن التدريب تمارين عملية على بروتوكولات التامين، والإسعافات الأولية، والاستجابة للطوارئ، واستخدام معدات الوقاية الشخصية. أما ثقافة السلامة فتُبنى من خلال قيادة إدارية تلتزم بالسلامة كقيمة أساسية، وتشجع على الإبلاغ عن المخاطر وشبه الحوادث دون خوف من العقاب، وتكافئ السلوكيات الآمنة، وتشرك العاملين في لجان السلامة. إن التدريب والثقافة معاً يخلقان بيئة عمل يكون فيها الالتزام بالسلامة سلوكاً طبيعياً وليس إجراءً مفروضاً، مما يقلل من الحوادث بشكل مستدام. كما أن التدريب يجب أن

يستهدف جميع المعنيين بما فيهم المشغلون، والفنيون، والمشرفون، والمقاولون، والزوار، لضمان فهم الجميع للمخاطر والإجراءات الوقائية.

النتائج والتوصيات

النتائج

- أظهرت النتائج أن حوادث التشابك بالأجزاء المتحركة والسحق بين الأسطح المتحركة تشكل النسبة الأكبر والأكثر فتكاً من حوادث ضواغط النفايات، حيث تؤدي في كثير من الأحيان إلى بتر الأطراف أو الوفاة الفورية. وقد تبين أن الغالبية العظمى من هذه الحوادث وقعت أثناء محاولات المشغلين أو الفنيين إزالة انسداد، أو تنظيف الضاغطة، أو إجراء صيانة بسيطة، دون فصل الطاقة بشكل كامل أو تأمينها بأقفال شخصية. كما بينت الدراسة أن نسبة كبيرة من الضواغط القديمة تفتقر لأنظمة الاستشعار الحديثة التي تمنع التشغيل في حال وجود أشخاص داخل حجرة الضغط، مما يزيد من خطورتها. هذه النتائج تؤكد أن مخاطر التدخل البشري في الضاغطة أثناء التشغيل أو الصيانة هي التهديد الأكبر للحياة.
- كشفت النتائج عن وجود علاقة سببية مباشرة بين عدم تطبيق بروتوكولات العزل والتأمين ووقوع الحوادث الأكثر خطورة، حيث أن معظم حوادث الوفاة وقعت بسبب تشغيل الضاغطة عن طريق الخطأ أثناء وجود عامل داخلها. وقد أثبتت الدراسة أن المشغلين والفنيين الذين لم يتلقوا تدريباً كافياً على التامين، أو الذين يعملون في بيئات لا تلتزم بهذه البروتوكولات، يكونون أكثر عرضة للحوادث بنسبة تفوق 70%. كما أن غياب الأقفال الشخصية والبطاقات التحذيرية، أو عدم إلزامية استخدامها، يمثل ثغرة خطيرة في منظومة السلامة. هذه النتائج تؤكد أن تطبيق التأمين ليس إجراءً اختيارياً بل هو خط حياة حقيقي للعاملين.

- توصل البحث إلى أن العاملين في تشغيل ضواغط النفايات يتعرضون لمخاطر بيولوجية وكيميائية تراكمية غالباً ما يتم تجاهلها أو عدم الإبلاغ عنها. تشمل هذه المخاطر التعرض المستمر للبكتيريا والفطريات والفيروسات الموجودة في النفايات، والأبخرة السامة والغازات الناتجة عن التحلل، والمواد الكيميائية الخطرة الملقاة بشكل غير سليم. وقد بينت الدراسة أن نسبة عالية من العاملين يعانون من مشاكل تنفسية مزمنة، وحساسية جلدية، وأمراض معدية، دون أن تُشخص كأمراض مهنية. كما أن غياب برامج الفرز الفعال للنفايات الخطرة، وضعف أنظمة التهوية، وعدم استخدام معدات الوقاية الشخصية المناسبة، تسهم في تفاقم هذه المخاطر. هذه النتائج تؤكد أن المخاطر غير المرئية لا تقل خطورة عن المخاطر الميكانيكية الظاهرة.
- بينت النتائج أن نسبة كبيرة من المشغلين والفنيين لم يتلقوا تدريباً رسمياً معتمداً على تشغيل ضواغط النفايات بشكل آمن، بل يعتمدون على الخبرة الذاتية أو النقل الشفهي للمعلومات. وقد أظهرت الدراسة أن هذه الفئة ترتكب ممارسات خاطئة بشكل منتظم، مثل إزالة حواجز الأمان، وتجاوز بروتوكولات السلامة، وإلقاء نفايات غير مقبولة، وعدم استخدام معدات الوقاية الشخصية. كما أن التدريب إن وُجد فهو غالباً تدريب أولي دون تحديث دوري، مما يفقد العاملين وعيهم بالمخاطر المستجدة والإجراءات المحدثة. هذه النتائج تؤكد أن الاستثمار في التدريب المستمر ليس ترفاً بل ضرورة حتمية لضمان السلامة.
- أثبتت النتائج أن العديد من ضواغط النفايات، خاصة القديمة منها، تفتقر لأنظمة السلامة الحديثة التي أصبحت معياراً في المعدات الجديدة، مثل أنظمة الاستشعار عن وجود الأشخاص، وأزرار التوقف الطارئ الموزعة بشكل استراتيجي، وأنظمة الكشف عن الغازات، وأنظمة الإطفاء التلقائية. كما أن بعض الضواغط تعاني من سوء الصيانة، مما يؤدي إلى تعطل أنظمة السلامة الأساسية. وقد بينت الدراسة أن المؤسسات التي استثمرت في تحديث ضواغطها أو استبدالها بمعدات أحدث مزودة بأنظمة سلامة متطورة، سجلت

انخفاضاً ملحوظاً في معدلات الحوادث. هذه النتائج تؤكد أن التجهيز الهندسي المناسب هو خط الدفاع الأول والأكثر فاعلية في الوقاية.

التوصيات

- توصي الدراسة بضرورة جعل تطبيق بروتوكولات العزل والتأمين إلزامياً وغير قابل للتفاوض في جميع عمليات الصيانة، والتنظيف، وإزالة الانسدادات، وأي تدخل داخل ضاغطة النفايات أو بالقرب من أجزائها المتحركة. يجب أن يشمل البروتوكول فصل جميع مصادر الطاقة (الكهربائية، الهيدروليكية، الهوائية، الميكانيكية المخزنة)، وتأمينها بأقفال شخصية لا يمكن فتحها إلا بواسطة الشخص الذي وضعها، ووضع بطاقات تحذيرية واضحة. كما يجب تفريغ الطاقة المخزنة في الأنظمة الهيدروليكية والنوابض، والتحقق من انعدام الطاقة قبل بدء العمل. يجب توفير الأقفال والبطاقات الكافية لجميع العاملين، وتدريبهم بشكل دوري على تطبيق البروتوكول، وتطبيق عقوبات صارمة على المخالفين. إن تطبيق التأمين بصرامة هو الإجراء الأكثر فاعلية في منع الحوادث المأساوية.
- توصي الدراسة بضرورة وضع خطة استراتيجية لتحديث ضواغط النفايات القديمة أو استبدالها بمعدات حديثة مزودة بأنظمة سلامة متطورة. يجب أن تشمل هذه الأنظمة: حواجز أمان ثابتة ومتحركة، وأنظمة إغلاق تلقائية تتوقف فيها المعدة فور فتح أي باب، وأزرار توقف طارئ موزعة في جميع الجهات، وأنظمة استشعار عن وجود الأشخاص داخل حجرة الضغط، وأنظمة كشف عن الغازات السامة والقابلة للاشتعال، وأنظمة إطفاء حريق تلقائية، وأنظمة تهوية كافية. كما يجب أن تكون الضواغط الجديدة مطابقة للمعايير

الدولية للسلامة مثل معايير OSHA و ISO يجب أن يقترن هذا التحديث ببرنامج صيانة وقائية صارم يضمن بقاء جميع أنظمة السلامة في حالة تشغيل دائمة.

- توصي الدراسة بوضع نظام تدريب إلزامي ومعتمد لجميع العاملين في تشغيل وصيانة ضواغط النفايات، يشمل التدريب الأولي قبل السماح بالعمل، والتدريب الدوري التحديثي سنوياً على الأقل. يجب أن يغطي التدريب جميع جوانب السلامة: المخاطر الميكانيكية، الكهربائية، البيولوجية، الكيميائية، والفيزيائية، وبروتوكولات التأمين، والإسعافات الأولية، والاستجابة للطوارئ، واستخدام معدات الوقاية الشخصية، وإجراءات الفرز الآمن للنفايات. كما يُنصح بإدخال أجهزة المحاكاة في مراكز التدريب لتعريض المتدربين لسيناريوهات الطوارئ في بيئة آمنة. يجب توثيق جميع البرامج التدريبية، وتقييم أثرها على الأداء الفعلي من خلال متابعة معدلات الحوادث وشبه الحوادث.
- توصي الدراسة بوضع وتنفيذ برامج فرز صارمة للنفايات في المصدر، تمنع إلقاء المواد الخطرة، والقابلة للاشتعال، والمتفجرة، والطبية، والكيميائية، والبطاريات، وعبوات الرذاذ في ضواغط النفايات العامة. يجب توفير حاويات منفصلة وملونة لكل نوع من النفايات، وتوعية جميع منتجي النفايات (العاملين، السكان، المصانع) بأهمية الفرز الصحيح. كما يجب تركيب أنظمة كشف عند مدخل الضاغطة تمنع إدخال المواد الخطرة، وتطبيق عقوبات على المخالفين. بالإضافة إلى ذلك، يجب توفير ضواغط متخصصة للنفايات الخطرة والطبية، مجهزة بأنظمة سلامة إضافية. إن منع دخول المواد الخطرة إلى الضاغطة يقلل بشكل كبير من مخاطر الحريق، والانفجار، والتعرض الكيميائي والبيولوجي.
- توصي الدراسة ببناء ثقافة سلامة استباقية في جميع المؤسسات التي تشغل ضواغط النفايات، تبدأ من القيادة الإدارية التي تلتزم بالسلامة كقيمة أساسية، وتشجع على الإبلاغ عن المخاطر وشبه الحوادث دون

خوف من العقاب، وتكافئ السلوكيات الآمنة، وتشرك العاملين في لجان السلامة. يجب تنظيم حملات توعية مستمرة، وتبني برامج السلامة القائمة على السلوك. بالإضافة إلى ذلك، يجب توفير برامج مراقبة صحية دورية (سنوية على الأقل) لجميع العاملين، تركز على الكشف عن الأمراض التنفسية، والجلدية، والمعدية، والسمعية، والمشاكل العضلية الهيكلية. يجب توفير التطعيمات اللازمة، وتسهيل إجراءات الإبلاغ عن الأمراض المهنية، وتوفير العلاج والتأهيل المناسب. إن دمج الثقافة الصحية مع ثقافة السلامة يضمن حماية شاملة للعاملين على المدى البعيد.

المصادر والمراجع

1. أبو زيد، محمود. (2022). *السلامة والصحة المهنية في معدات معالجة النفايات: المخاطر والوقاية*. القاهرة، مصر: دار الفكر الصناعي للنشر والتوزيع.

2. الجمعية العربية للسلامة المهنية. (2021). *الدليل الشامل لتشغيل وصيانة ضواغط النفايات الآمن*. الرياض، المملكة العربية السعودية: منشورات الجمعية العربية للسلامة المهنية.

3. البكري، أحمد، والسماري، فهد. (2023). تحليل حوادث ضواغط النفايات في المنشآت البلدية والصناعية: دراسة ميدانية. *المجلة العربية للسلامة والصحة المهنية*، 15(2)، 67-84.

4. التميمي، خالد. (2020). *بروتوكولات العزل والتأمين ((LOTOوتطبيقاتها في المعدات الصناعية*. عمان، الأردن: دار المسيرة للنشر والتوزيع.

5. الجابري، سعيد، والعتيبي، سعود. (2022). المخاطر البيولوجية والكيميائية في تشغيل ضواغط النفايات وسبل الوقاية منها. *مجلة العلوم البيئية والصحة المهنية*، 11(3)، 98-115.

6. الحسن، محمود. (2021). *إدارة المخاطر المهنية في مرافق معالجة النفايات الصلبة*. الإسكندرية، مصر: دار الجامعة الجديدة للنشر.

7. الزهراني، عبدالله، والقحطاني، نورة. (2023). فعالية أنظمة السلامة الهندسية في تقليل حوادث ضواغط النفايات. *مجلة الهندسة الميكانيكية والسلامة الصناعية*، 9(1)، 45-62.

8. السيد، أحمد. (2020). *الثقافة التنظيمية للسلامة وتطبيقاتها في البيئات الصناعية الخطرة*. Beirut، لبنان: شبكة الشرق الأوسط للنشر الأكاديمي.

9. العبدالله، فيصل، والشمري، ناصر. (2023). دور التدريب المستمر في تعزيز السلامة المهنية لمشغلي معدات النفايات. *مجلة الإدارة والسلامة المهنية*، 14(2)، 110-128.

10. القحطاني، عبدالله. (2022). *تصميم برامج السلامة المتكاملة لمعدات الضغط الهيدروليكي*. الدوحة، قطر: دار النشر الجامعية.