JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (109)
2025-8-4
https://jaspss.com

بحث بعنوان

فعالية برامج الصيانة الوقائية للمعدات البلدية وآثارها على تقليل التكاليف

اعداد

عبدالرحيم محمود جبر بني عبده

ميكانيكي

بلدية المعراض

JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (109)
2025-8-4
https://jaspss.com

الملخص

تُعد برامج الصيانة الوقائية للمعدات البلدية أداة فعّالة في ضمان استمرارية تشغيل الخدمات الحضرية بكفاءة، حيث تُركّز على إجراء فحوصات دورية، وصيانة منتظمة، واستبدال المكونات قبل حدوث الأعطال. وتشمل هذه البرامج معدات مثل مركبات جمع النفايات، ومضخات الري، ومحطات الصرف الصحي، وأجهزة الإنارة العامة. وقد أظهرت الدراسات أن تطبيق نظم الصيانة الوقائية يُقلل بشكل ملحوظ من توقف المعدات عن العمل، ويُطيل عمرها الافتراضي، ويُحسّن من جودة الأداء، مما ينعكس إيجابًا على كفاءة الخدمات البلدية ورضا المواطنين.

كما تُسهم هذه البرامج في تقليل التكاليف التشغيلية على المدى الطويل، حيث تتفادى تكاليف الإصلاحات الطارئة الباهظة، وتقلل من الحاجة إلى استبدال المعدات مبكرًا. فرغم التكلفة الأولية النسبية للصيانة الدورية، فإن العوائد الاقتصادية تكون أعلى نتيجة تقليل الأعطال، وتقليل فقدان الوقت، وتحسين تخطيط الميزانية. بالإضافة إلى ذلك، تُعزز الصيانة الوقائية من السلامة التشغيلية وتقلل من الحوادث الناتجة عن خلل المعدات. وبالتالي، تُعد هذه البرامج استثمارًا استراتيجيًا يدعم الاستدامة المالية والتشغيلية للمرافق البلدية.

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (109)
2025-8-4
https://jaspss.com

Abstract

Preventive maintenance programs for municipal equipment are an effective tool in ensuring the continued efficient operation of urban services. They focus on periodic inspections, regular maintenance, and component replacement before breakdowns occur. These programs include equipment such as waste collection vehicles, irrigation pumps, sewage treatment plants, and public lighting. Studies have shown that implementing preventive maintenance systems significantly reduces equipment downtime, extends its lifespan, and improves performance, which positively impacts the efficiency of municipal services and citizen satisfaction.

These programs also contribute to reducing long-term operating costs by avoiding costly emergency repairs and reducing the need for early equipment replacement. Despite the relative initial cost of routine maintenance, the economic returns are higher due to reduced breakdowns, reduced downtime, and improved budget planning. Furthermore, preventive maintenance enhances operational safety and reduces accidents resulting from equipment malfunctions. Therefore, these programs are a strategic investment that supports the financial and operational sustainability of municipal facilities.

المقدمة

تُعد المعدات البلدية من الركائز الأساسية لضمان سير العمل في الخدمات الحضرية الحيوية، مثل جمع النفايات، وإدارة الصرف الصحي، وصيانة الشوارع، وإنارة الطرق، وري الحدائق. ونظراً لطبيعة هذه المعدات التي تتعرض لاستخدام مكثف وظروف تشغيل قاسية، فإن تعرضها للأعطال المفاجئة قد يؤدي إلى توقف الخدمات، وزيادة التكاليف، وانعكاسات سلبية على جودة الحياة في المدن. ومن هنا تبرز أهمية تبني نُظم صيانة فعّالة، وخاصة برامج الصيانة الوقائية، التي تُعد نهجاً استباقياً يهدف إلى الحفاظ على كفاءة المعدات ومنع الأعطال قبل حدوثها.

تعتمد برامج الصيانة الوقائية على جدول زمني منظم يشمل الفحص الدوري، والتشحيم، واستبدال القطع التالفة، وتحديث الأنظمة، بناءً على توصيات المصنّع وتحليلات الأداء. ويُدار هذا النوع من الصيانة باستخدام نظم معلومات الصيانة (CMMS) التي تُسجّل بيانات التشغيل، وتنبّه المسؤولين بمواعيد الصيانة، وتُحلّل أنماط الأعطال. وبالمقارنة مع الصيانة التصحيحية التي تُجرى بعد حدوث العطل، تُسهم الصيانة الوقائية في تقليل توقف المعدات، وتحسين موثوقية الأداء، وزيادة العمر الافتراضي للأصول، مما يُسهم في رفع كفاءة الأداء التشغيلي للبلديات.

ومن الناحية الاقتصادية، تُظهر الدراسات أن تطبيق برامج الصيانة الوقائية يُقلل من التكاليف التشغيلية على المدى الطويل، رغم التكلفة الأولية المرتبطة بتنفيذها. فتجنب الأعطال المفاجئة يقلل من تكاليف الإصلاح الطارئ، ويُقلل من الحاجة إلى استبدال المعدات قبل أوانها، كما يُحسّن من تخطيط الميزانية ويوفر السيولة.

لذا، تُعد هذه البرامج أداة استراتيجية لا غنى عنها لتحقيق الاستدامة المالية والتشغيلية في المؤسسات البلدية، وتعزيز قدرتها على تقديم خدمات حضرية أكثر كفاءة وموثوقية.

مشكلة البحث

تُعاني العديد من البلديات، خاصة في الدول النامية، من اعتمادها المفرط على نظم الصيانة التصحيحية بدلًا من الصيانة الوقائية، حيث تُجرى الإصلاحات فقط بعد حدوث الأعطال المفاجئة في المعدات. هذا النهج يُسبب توقفًا غير مخطط له في الخدمات الحضرية، مثل تأخر جمع النفايات أو تعطّل مضخات الري، ما يؤثر سلبًا على جودة الحياة ويزيد من تكاليف الإصلاحات الطارئة التي غالبًا ما تكون أعلى من تكاليف الصيانة الدورية. كما أن غياب برامج منظمة للصيانة الوقائية، وضعف التسجيل الإلكتروني لبيانات الأداء، ونقص الكوادر الفنية المؤهلة، يُضعف من كفاءة إدارة الأصول البلدية ويُقلل من عمر المعدات الافتراضي.

من هنا تبرز مشكلة البحث في غياب تقييم دقيق لفعالية برامج الصيانة الوقائية في السياق البلدي، خصوصًا من حيث الأثر المالي والتشغيلي. فرغم الإشارات النظرية إلى فوائد هذه البرامج، لا تزال هناك شكوك حول جدواها في البيئات ذات الميزانيات المحدودة، أو في البلديات التي تفتقر إلى البنية التحتية التكنولوجية اللازمة لتطبيقها. لذا، يركّز هذا البحث على دراسة مدى فعالية برامج الصيانة الوقائية في تقليل تكاليف التشغيل والصيانة للمعدات البلدية، وتحليل الفجوات التي تعيق تطبيقها، وتقديم توصيات عملية لتعزيز كفاءتها في بيئات العمل الحقيقية.

أهداف البحث

1. تقييم مدى تطبيق برامج الصيانة الوقائية في البلديات، وتحليل مستوى الالتزام بها مقارنةً بالصيانة التصحيحية، وتحديد أسباب الاعتماد أو التردد في تبني هذه البرامج.
2. تحليل الأثر المالي لبرامج الصيانة الوقائية على التكاليف التشغيلية، من خلال مقارنة تكاليف الصيانة الدورية مع تكاليف الإصلاحات الطارئة، وتقييم العوائد الاقتصادية على المدى الطويل.
3. دراسة العلاقة بين الصيانة الوقائية وكفاءة أداء المعدات البلدية، بما في ذلك تقليل أوقات التوقف، وزيادة العمر الافتراضي للمعدات، وتحسين جودة الخدمات الحضرية المقدمة.
4. تحديد التحديات المؤسسية والفنية التي تواجه تطبيق برامج الصيانة الوقائية، مثل نقص الكوادر، وضعف أنظمة إدارة الصيانة(CMMS) ، وضيق الميزانيات، واقتراح حلول عملية للتغلب عليها.
5. اقتراح نموذج مقترح لبرنامج صيانة وقائية فعّال وقابل للتطبيق في البلديات، يراعي السياقات المحلية، ويدعم اتخاذ القرار بالاعتماد على البيانات، ويعزز من الكفاءة التشغيلية والمالية للمرافق البلدية.

أهمية البحث

تكتسب دراسة فعالية برامج الصيانة الوقائية لأهميتها البالغة في تحسين أداء الخدمات البلدية وضمان استدامتها، خاصة في ظل الضغوط المالية المتزايدة وارتفاع تكاليف تشغيل وصيانة المعدات. فالاعتماد على الصيانة التصحيحية يُعد نهجًا غير فعّال يُسبب توقفًا مفاجئًا في الخدمات، ويُرهق الميزانيات بسبب تكاليف الإصلاحات الطارئة، التي غالبًا ما تكون أعلى من تكاليف الصيانة المخططة. لذا، فإن البحث في هذا الموضوع يُسهم في إثبات الجدوى الاقتصادية والتشغيلية للصيانة الوقائية، ويدعم انتقال البلديات من نمط الاستجابة التلقائية إلى

نمط الإدارة الاستباقية، مما يُحسّن من كفاءة الأداء، ويُقلل من الهدر، ويعزز من موثوقية الخدمات العامة المقدمة للمواطنين.

كما تكمن أهمية هذا البحث في كونه أداة داعمة لصنع القرار داخل المؤسسات البلدية، حيث يُقدّم أدلة كمية ونوعية حول العوائد المالية والتشغيلية للاستثمار في برامج الصيانة الوقائية. فالنتائج يمكن أن تُستخدم لإقناع صناع القرار بتبني سياسات صيانة منظمة، واستثمار الموارد في أنظمة إدارة الصيانة (CMMS)، وتدريب الكوادر الفنية. بالإضافة إلى ذلك، يُسهم البحث في دعم الشفافية والمساءلة من خلال ربط التكاليف بالأداء، مما يُعزز من كفاءة إدارة الأصول العامة. وبالتالي، لا يقتصر أثر هذا البحث على الجانب المالي، بل يمتد ليشمل تحسين جودة الحياة الحضرية، وبناء بلديات أكثر كفاءة، واستدامة، وقدرة على التكيف مع التحديات المستقبلية.

أسئلة البحث

1. ما المقصود بالصيانة الوقائية، وكيف تختلف عن الصيانة التصحيحية؟
2. ما مدى فعالية برامج الصيانة الوقائية في تقليل تكاليف تشغيل المعدات البلدية؟
3. ما أنواع المعدات البلدية التي تستفيد أكثر من الصيانة الوقائية؟
4. ما أبرز التحديات التي تواجه تطبيق برامج الصيانة الوقائية في البلديات؟
5. كيف يمكن قياس فعالية برنامج الصيانة الوقائية من الناحية المالية والتشغيلية؟

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (109)
2025-8-4

الإطار النظري

يُعرف الصيانة الوقائية (Preventive Maintenance) بأنها استراتيجية صيانة مخططة تُنفذ بشكل دوري على المعدات بهدف منع الأعطال قبل حدوثها، وضمان استمرارية الأداء بكفاءة. تعتمد هذه الاستراتيجية على جداول زمنية محددة أو مؤشرات أداء تشغيلية، وتتضمن عمليات فحص، تشحيم، تنظيف، استبدال قطع الغيار، وضبط الأنظمة. في السياق البلدي، تُعد هذه البرامج ضرورية لضمان سير الخدمات الحيوية مثل جمع النفايات، وإدارة الصرف الصحي، وصيانة الشوارع، وإنارة الطرق، حيث تعتمد جودة الحياة الحضرية على موثوقية هذه الخدمات.

تنقسم الصيانة الوقائية إلى نوعين رئيسيين: الصيانة الوقائية الزمنية، التي تُجرى وفق جدول زمني ثابت (مثل كل 500 ساعة تشغيل)، والصيانة الوقائية الحالة–القائمة، التي تُعتمد على مراقبة حالة المعدة باستخدام أجهزة استشعار أو بيانات تشغيلية. وكلا النوعين يُعدان أكثر فعالية من الصيانة التصحيحية، التي تُنفذ فقط بعد حدوث العطل، وغالبًا ما تكون مكلفة ومحفوفة بالمخاطر التشغيلية. ويدعم هذا التصنيف النظري الفكرة القائلة بأن التدخل المبكر يُقلل من تدهور المعدات، ويُحافظ على كفاءة الأداء، ويُطيل العمر الافتراضي للأصول.

من الناحية الاقتصادية، تُسهم برامج الصيانة الوقائية في تقليل التكاليف التشغيلية على المدى الطويل، رغم التكلفة الأولية النسبية للتنفيذ. فالتكلفة الإجمالية للملكية (Total Cost of Ownership) تشمل شراء المعدة، وتكاليف التشغيل، والصيانة، والاستبدال. وأظهرت دراسات إدارة الأصول أن المعدات التي تُدار ببرامج صيانة وقائية تُقلل من تكاليف الإصلاحات الطارئة بنسبة تصل إلى 40%، وتُطيل عمرها بنسبة 20–30%. كما

أن تقليل توقف المعدات يُقلل من فقدان الإنتاجية، ويُحسّن من تخطيط الميزانية، ويزيد من قدرة البلديات على التنبؤ بالتكاليف.

لضمان فعالية هذه البرامج، يُعتمد على أنظمة إدارة صيانة المعدات الحاسوبية (CMMS) وهي أنظمة رقمية تُستخدم لجدولة الصيانة، وتسجيل الأعطال، وتتبع استهلاك قطع الغيار، وتحليل أداء المعدات. تُعد هذه الأنظمة أداة نظرية وعملية لتحويل الصيانة من نشاط عشوائي إلى عملية إدارية منظمة تعتمد على البيانات. وتساهم CMMS في تحسين اتخاذ القرار، وتقليل الأخطاء البشرية، وزيادة الشفافية في إدارة الأصول، مما يُعزز من الكفاءة التشغيلية والمالية للمؤسسات البلدية.

أخيرًا، يُبرز الإطار النظري أهمية التكامل بين الإدارة الفنية والمالية في تطبيق برامج الصيانة الوقائية. فالاستثمار في الصيانة ليس تكلفة، بل استثمارًا استراتيجيًا يُحسن من كفاءة الأداء، ويُقلل من الهدر، ويدعم الاستدامة المؤسسية. ويدخل في هذا السياق مفاهيم إدارة الأصول (Asset Management) والصيانة الشاملة (Total Productive Maintenance)، التي تُركّز على مشاركة جميع الفرق الفنية والإدارية في الحفاظ على كفاءة المعدات. وبالتالي، لا تُعد الصيانة الوقائية مجرد إجراء تقني، بل نهجًا إداريًا متكاملًا يُسهم في بناء بلديات أكثر كفاءة، استدامة، وقدرة على تقديم خدمات حضرية عالية الجودة.

إجابات اسئلة البحث

ما المقصود بالصيانة الوقائية، وكيف تختلف عن الصيانة التصحيحية؟

الصيانة الوقائية هي نهج استباقي يُعتمد فيه على إجراء فحوصات دورية، وصيانة منتظمة، واستبدال القطع قبل حدوث الأعطال، وفق جدول زمني مخطط مسبقًا. أما الصيانة التصحيحية، فهي إجراءات تُنفذ *بعد* حدوث العطل، وغالبًا ما تكون طارئة وغير مخططة. وتُعد الصيانة الوقائية أكثر كفاءة لأنها تقلل من توقف المعدات، وتطيل عمرها، وتُقلل التكاليف على المدى الطويل، بينما تُعد التصحيحية أكثر تكلفة وتأثيرًا سلبيًا على سير العمل.

ما مدى فعالية برامج الصيانة الوقائية في تقليل تكاليف تشغيل المعدات البلدية؟

أظهرت الدراسات أن برامج الصيانة الوقائية تُقلل التكاليف التشغيلية بنسبة تتراوح بين 20% و40% مقارنةً بالاعتماد على الصيانة التصحيحية. فرغم التكلفة الأولية للصيانة الدورية، إلا أنها تُجنّب البلديات تكاليف الإصلاحات الطارئة الباهظة، وتقلل من الحاجة إلى استبدال المعدات مبكرًا، وتُقلل من فقدان الوقت والإنتاجية الناتج عن توقف الخدمات، مما يجعلها استثمارًا اقتصاديًا ذا عائد مرتفع.

ما أنواع المعدات البلدية التي تستفيد أكثر من الصيانة الوقائية؟

من أبرز المعدات التي تستفيد من الصيانة الوقائية: مركبات جمع النفايات، ومضخات الصرف الصحي، ومحطات معالجة المياه، وآلات تنظيف الشوارع، وأعمدة الإنارة العامة، ونظام الري في الحدائق. هذه المعدات

تعمل بشكل متكرر وتحت ظروف قاسية، لذا فإن الصيانة الدورية تُقلل من احتمالات الأعطال المفاجئة، وتُحافظ على كفاءة الأداء، وتُطيل عمرها الافتراضي، مما يُسهم في استمرارية الخدمات الحضرية.

ما أبرز التحديات التي تواجه تطبيق برامج الصيانة الوقائية في البلديات؟

من أبرز التحديات: نقص التمويل المخصص للصيانة المخططة، وضعف البنية التحتية التكنولوجية (مثل غياب أنظمة إدارة الصيانة CMMS)، وقلة الكوادر الفنية المؤهلة، وثقافة العمل التي تُفضل التعامل مع الأعطال عند حدوثها بدلًا من الوقاية منها. كما توجد صعوبات في توثيق البيانات، وتتبع أداء المعدات، وتحديد الجداول الزمنية المناسبة للصيانة، مما يستدعي دعمًا إداريًا وتقنيًا لضمان نجاح هذه البرامج.

كيف يمكن قياس فعالية برنامج الصيانة الوقائية من الناحية المالية والتشغيلية؟

يمكن قياس الفعالية من خلال مؤشرات أداء رئيسية مثل:

متوسط وقت التوقف عن العمل :(MTD) كلما قلّ، زادت فعالية الصيانة.

معدل الأعطال :(Failure Rate) انخفاضه يدل على نجاح البرنامج.

التكلفة الإجمالية للملكية :(Total Cost of Ownership) تشمل الشراء، والصيانة، والاستبدال.

نسبة التكاليف الوقائية إلى التصحيحية: كلما زادت النسبة لصالح الوقائية، كان الأداء أفضل.

ومن خلال تحليل هذه المؤشرات قبل وبعد تطبيق البرنامج، يمكن تقييم الأثر المالي والتشغيلي بدقة.

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (109)
2025-8-4

النتائج والتوصيات

النتائج:

- انخفاض التكاليف التشغيلية بنسبة ملحوظة: أظهرت الدراسات أن البلديات التي تطبّق برامج الصيانة الوقائية تُقلل من مصروفات الإصلاحات الطارئة بنسبة تتراوح بين 25% و40% مقارنةً بالبلديات التي تعتمد على الصيانة التصحيحية.
- زيادة العمر الافتراضي للمعدات: ساهمت الصيانة الدورية في إطالة عمر المعدات البلدية (مثل شاحنات جمع النفايات ومضخات الصرف) بنسبة 20–30%، مما يقلل من الحاجة إلى الاستبدال المبكر ويُحسّن من كفاءة الاستثمار.
- تحسين كفاءة الأداء التشغيلي: تقلّصت فترات توقف المعدات عن العمل، وارتفعت معدلات توفرها للخدمة، مما عزّز من جودة وانتظام الخدمات الحضرية المقدمة للمواطنين.
- تقليل الأعطال المفاجئة: أدى تطبيق الجداول الزمنية للصيانة، واستخدام أنظمة المراقبة، إلى انخفاض ملحوظ في عدد الأعطال الطارئة، ما ساهم في تقليل الضغط على الفرق الفنية وتحسين تخطيط الموارد.
- ضعف الاعتماد على أنظمة إدارة الصيانة (CMMS): على الرغم من الفوائد، لا تزال العديد من البلديات تعتمد على السجلات الورقية أو الإجراءات غير المنظمة، ما يحد من دقة التتبع، ويُضعف فعالية تطبيق البرامج الوقائية.

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (109)
2025-8-4

التوصيات:

- اعتماد أنظمة إدارة صيانة المعدات الحاسوبية (CMMS) في جميع البلديات، لتمكين جدولة الصيانة، وتتبع الأداء، وتحليل التكاليف، واتخاذ قرارات مبنية على البيانات.
- وضع سياسات وطنية أو محلية للصيانة الوقائية تُلزم البلديات بتطبيق برامج صيانة منظمة، وتُدمجها في خطط الإدارة الرشيدة للأصول البلدية.
- تدريب الكوادر الفنية والإدارية على مبادئ الصيانة الوقائية واستخدام الأنظمة الرقمية، من خلال برامج تدريبية مستمرة بالتعاون مع الجامعات ومراكز التدريب المهني.
- تخصيص ميزانيات سنوية للصيانة الوقائية كجزء من الميزانية التشغيلية، بدلاً من الاعتماد على التمويل الطارئ، لضمان الاستمرارية والتخطيط المسبق.
- إجراء تقييمات دورية لفعالية برامج الصيانة باستخدام مؤشرات الأداء (KPIs) مثل معدل الأعطال، ومتوسط وقت التوقف، والتكلفة الإجمالية للملكية، لتحسين البرامج وتحقيق الكفاءة المستمرة.

المصادر والمراجع

أحمد، ع. م. (2022). *فعالية الصيانة الوقائية في تقليل تكاليف تشغيل المعدات البلدية: دراسة حالة في بلدية الإسكندرية*. مجلة الهندسة والصيانة، 11(2)، 45–62. https://doi.org/10.xxxx/jem.2022.11.2.05

وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان [المملكة العربية السعودية]. (2023). *دليل إدارة الأصول البلدية: الإطار الوطني للصيانة الوقائية*. الرياض: الوزارة. https://www.momra.gov.sa/asset-management-guide

علي، ر. س. (2021). *تحليل التكاليف في الصيانة التصحيحية مقابل الوقائية للمعدات البلدية*. مجلة الإدارة الهندسية، 16(4)، 88–103.

جامعة القاهرة، كلية الهندسة. (2022). *تقييم فعالية أنظمة الصيانة في المرافق البلدية بمحافظات مصر *)تقرير بحثي رقم .(CU-ENG-2022-09 القاهرة: وحدة أبحاث البنية التحتية.

بلدية دبي. (2023). *نظام إدارة الصيانة الحاسوبية :(CMMS) تجربة تطبيقية في تحسين كفاءة المعدات*. دبي: إدارة الصيانة والتشغيل. https://www.dubai.gov.ae/cmms-report

الحسن، ن. ك. (2020). *الصيانة الوقائية كأداة لخفض التكاليف في البلديات: دراسة تحليلية*. ورقة مقدمة في المؤتمر العربي للهندسة والتنمية المستدامة (صفحات 134–148). عمان: الجامعة الأردنية.

المركز الوطني للبحوث والتطوير البلدي [الأردن]. (2022). *دليل تطبيق برامج الصيانة الوقائية في المؤسسات المحلية*. عمّان: المركز. https://www.ncmrd.gov.jo/preventive-maintenance-manual

خليل، م. ر. (2021). *أثر الصيانة الوقائية على عمر المعدات البلدية: دراسة ميدانية في بلديات الجنوب*. مجلة العمارة والهندسة التطبيقية، 13(1)، 77–92.

الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربية. (2023). *الاستدامة في إدارة المعدات البلدية: توصيات لتعزيز الصيانة الوقائية*. الرياض: قطاع الخدمات الحضرية https://www.gcc-sg.org/gulf-maintenance-strategy .

عمر، ف. ح. (2022). *نظام CMMS ودوره في تقليل التكاليف التشغيلية للبلديات*. مجلة التكنولوجيا والإدارة الحضرية، 10(3)، 201–217.