JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (123)
2025-11-10
https://jaspss.com

بحث بعنوان

تقييم فعالية برامج الصيانة الوقائية في تقليل الأعطال الكهربائية في المرافق البلدية

اعداد

ياسين عبد الحميد مسلم العمرو

كهربائي/ قسم الكهرباء

بلديه طلال الجديده

الملخص

يهدف هذا البحث إلى تقييم فعالية برامج الصيانة الوقائية في تقليل الأعطال الكهربائية التي تشهدها المرافق البلدية، مثل أنظمة إنارة الشوارع، محطات الضخ، مباني الخدمات، وأنظمة الري الذكية. فالأعطال الكهربائية المتكررة لا تؤدي فقط إلى تعطيل الخدمات الأساسية، بل تُكلّف البلديات مبالغ كبيرة في الإصلاحات الطارئة، وتفقدها ثقة المواطنين. وقد بيّنت الدراسة أن البلديات التي تطبّق برامج صيانة وقائية منهجية تشمل الفحص الدوري، استبدال المكونات قبل فشلها، ومراقبة الأحمال تسجّل انخفاضًا ملحوظًا في عدد الأعطال، وتمديدًا في عمر المعدات، ووفرًا ماليًّا يصل إلى 40% في تكاليف الصيانة.

وخلص البحث إلى أن غياب هذه البرامج أو تطبيقها بشكل عشوائي يُضعف من كفاءة الأصول الكهربائية، ويزيد من الاعتماد على الصيانة التصحيحية المكلفة. وبناءً عليه، يُوصى بتبني خطط صيانة وقائية مدعومة بأنظمة رقمية، وربطها بمؤشرات أداء واضحة، وتأهيل الكوادر الفنية، لضمان استمرارية الخدمات وحماية الاستثمارات البلدية في البنية التحتية الكهربائية.

JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (123)
2025-11-10
https://jaspss.com

Abstract

This research aims to evaluate the effectiveness of preventive maintenance programs in reducing electrical outages in municipal facilities, such as street lighting systems, pumping stations, service buildings, and smart irrigation systems. Frequent electrical outages not only disrupt essential services but also cost municipalities significant sums in emergency repairs and erode public trust. The study showed that municipalities implementing systematic preventive maintenance programs including periodic inspections, component replacement before failure, and load monitoring record a significant decrease in the number of outages, an extension of equipment lifespan, and financial savings of up to 40% in maintenance costs.

The research concluded that the absence of such programs or their haphazard implementation weakens the efficiency of electrical assets and increases reliance on costly corrective maintenance. Therefore, it is recommended to adopt preventive maintenance plans supported by digital systems, linked to clear performance indicators, and to train technical personnel to ensure service continuity and protect municipal investments in electrical infrastructure.

المقدمة

تُعد الأنظمة الكهربائية العمود الفقري لتشغيل المرافق البلدية، بدءًا من إنارة الطرق التي تضمن السلامة الليلية، وصولًا إلى محطات ضخ المياه التي توفر الخدمة الأساسية للسكان. ومع تزايد الاعتماد على التقنيات الذكية والأنظمة الآلية، أصبحت الحاجة إلى استقرار التغذية الكهربائية أكثر إلحاحًا من أي وقت مضى. ومع ذلك، تظل الأعطال الكهربائية المتكررة أحد أبرز التحديات التي تواجه البلديات، خاصة في ظل الظروف المناخية القاسية، قدم بعض الشبكات، وازدياد الأحمال دون تخطيط كافٍ.

ولا يمكن الاعتماد على الصيانة التصحيحية أي الإصلاح بعد حدوث العطل كاستراتيجية مستدامة، إذ تؤدي إلى توقف مفاجئ في الخدمة، وتكاليف إصلاح أعلى، وضغط على الفرق الفنية. وهنا، تبرز أهمية "الصيانة الوقائية" كنهج استباقي يهدف إلى اكتشاف المشكلات قبل تحوّلها إلى أعطال، عبر فحوصات دورية، اختبارات أداء، وتحليل بيانات التشغيل. ويعتمد نجاح هذا النهج على التخطيط المنهجي، الكوادر المؤهلة، والدعم التقني.

وتكمن أهمية هذا البحث في تقديم تقييم واقعي لفعالية هذه البرامج في بيئة عمل حقيقية، وليس فقط نظريًّا. ففي ظل القيود المالية التي تواجهها البلديات، يصبح من الضروري الاستثمار في الصيانة الوقائية كوسيلة لترشيد الإنفاق وتحسين جودة الخدمة. ولهذا، يسعى البحث إلى قياس الأثر الفعلي لهذه البرامج، وتحديد العوامل التي تُعزّز أو تُضعف من فعاليتها، وتقديم رؤى قابلة للتطبيق لصناع القرار.

مشكلة البحث

رغم الوعي النظري بأهمية الصيانة الوقائية، فإن العديد من البلديات لا تزال تعتمد على الصيانة التصحيحية بسبب ضغوط الميزانية، نقص الكوادر الفنية، أو غياب خطط منهجية. ونتيجة لذلك، تشهد المرافق البلدية أعطالًا كهربائية متكررة، ما يؤدي إلى شكاوى المواطنين، هدر في المال العام، وتآكل سريع في المعدات.

وتكمن المشكلة البحثية في: ما مدى فعالية برامج الصيانة الوقائية في تقليل الأعطال الكهربائية في المرافق البلدية، وما أبرز العوامل التي تُحدّ من تطبيقها بشكل فعّال؟ فغياب التقييم الموضوعي لهذه البرامج يجعل من الصعب إقناع الإدارة العليا بدعمها ماليًّا، بينما تُظهر التجارب الناجحة أن العائد على الاستثمار فيها كبير ومباشر.

أهداف البحث

1. تقييم فعالية برامج الصيانة الوقائية في خفض معدلات الأعطال الكهربائية.
2. مقارنة التكاليف التشغيلية بين البلديات التي تطبّق الصيانة الوقائية وتلك التي تعتمد على الصيانة التصحيحية.
3. تحديد المعايير الفنية والتنظيمية التي تُعزّز من نجاح هذه البرامج.
4. تحليل دور الكوادر الفنية (كالفني الكهربائي) في تنفيذ الصيانة الوقائية بكفاءة.
5. اقتراح نموذج متكامل لبرنامج صيانة وقائية قابل للتطبيق في مختلف البيئات البلدية.

أهمية البحث

تكمن أهمية هذا البحث في دعم البلديات على اتخاذ قرارات مالية واستثمارية مدروسة، تُفضّل الوقاية على العلاج، وتُحقّق وفورات طويلة الأجل. فكل عطل كهربائي يُصلح بعد وقوعه يكلّف أكثر بمرتين إلى ثلاث مرات من تكاليف الصيانة الدورية التي تمنعه.

كما أن البحث يُسهم في تعزيز استمرارية الخدمات الأساسية، وحماية البنية التحتية البلدية من التآكل، ورفع رضا المواطنين. ومن الناحية البيئية، تُقلّل الصيانة الوقائية من الهدر في الطاقة الناتج عن أنظمة غير فعّالة، ما يدعم أهداف الاستدامة في المدن الحديثة.

اسئلة البحث

1. هل تقلّل الصيانة الوقائية من عدد الأعطال الكهربائية فعليًا؟
2. ما الفرق في التكلفة بين الصيانة الوقائية والتصحيحية؟
3. هل كل البلديات قادرة على تطبيق برامج الصيانة الوقائية؟
4. ما دور الفني الكهربائي في نجاح برنامج الصيانة الوقائية؟
5. هل توجد أدوات حديثة تدعم الصيانة الوقائية؟

الإطار النظري

يستند البحث إلى نظرية الصيانة الوقائية، التي تؤكد أن الاستثمار في الصيانة الدورية يُقلّل من الأعطال، ويمدّد عمر الأصول، ويقلّص التكاليف الكلية على دورة حياة المعدة. ووفقًا لهذه النظرية، فإن كل وحدة مالية تُنفق على الوقاية توفر عدة وحدات في المستقبل.

كما يرتبط البحث بنظرية دورة حياة الأصول، التي ترى أن إدارة الأصول لا تبدأ بالشراء وانتهاءً بالتخلص، بل تشمل مرحلة التشغيل والصيانة كعنصرين حاسمين في العائد المالي. وهنا، تُعتبر الصيانة الوقائية جزءًا استراتيجيًّا من إدارة الأصول البلدية.

من منظور الاقتصاد المؤسسي، يُنظر إلى الصيانة الوقائية كاستثمار في الكفاءة التشغيلية. فالمعدات التي تعمل بكفاءة تستهلك طاقة أقل، وتُقلّل من الانبعاثات، وتُحسّن من جودة الخدمة، ما يتوافق مع مبادئ الإدارة المالية الرشيدة.

كذلك، يستند البحث إلى نظرية السلامة المهنية، إذ أن الأعطال الكهربائية لا تُعطّل الخدمة فحسب، بل تُعرّض الفنيين والمواطنين لمخاطر كهربائية خطيرة. والصيانة الوقائية تُقلّل من هذه المخاطر عبر ضمان سلامة التمديدات والأنظمة.

وأخيرًا، يُطبّق البحث مفاهيم التحول الرقمي في الصيانة، التي ترى أن دمج البيانات الحسية والتحليلات الذكية يُحوّل الصيانة من جدول زمني ثابت إلى نموذج استباقي يعتمد على حالة المعدة الفعلية.

هل تقلّل الصيانة الوقائية من عدد الأعطال الكهربائية فعليًّا؟

نعم، بشكل ملحوظ. فالفحص الدوري يكشف عن علامات التآكل في الكابلات، التوصيلات، أو لوحات التوزيع قبل أن تؤدي إلى عطل كامل. كما أن استبدال المكونات الحيوية (مثل المحولات أو المرحلات) قبل انتهاء عمرها يمنع الانقطاعات المفاجئة، خاصة في الأنظمة الحيوية مثل محطات الضخ.

ما الفرق في التكلفة بين الصيانة الوقائية والتصحيحية؟

الصيانة الوقائية أقل تكلفة على المدى الطويل، لأنها تجنّب التكاليف الباهظة للإصلاحات الطارئة، مثل العمل الليلي، استدعاء فرق طوارئ، أو شراء قطع غيار عاجلة بأسعار مرتفعة. كما أن التوقف القصير المخطط له أقل ضررًا من الانقطاع المفاجئ الذي قد يستمر ساعات أو أيامًا.

هل كل البلديات قادرة على تطبيق برامج الصيانة الوقائية؟

القدرة تختلف حسب الموارد، لكن حتى البلديات الصغيرة يمكنها تطبيق برامج مبسطة تركز على العناصر الأكثر حساسية (كإنارة الشوارع الرئيسية أو محطات الضخ). المفتاح هو التخطيط والتدريج، وليس الاعتماد على ميزانيات ضخمة من البداية.

ما دور الفني الكهربائي في نجاح برنامج الصيانة الوقائية؟

الدور محوري؛ فالبرنامج لا ينجح دون كوادر فنية مؤهلة تعرف كيفية إجراء الفحوصات، تفسير النتائج، واتخاذ قرارات استباقية. الفني الماهر يُمكنه اكتشاف مشكلة بسيطة قد تتفاقم لاحقًا، ويُقدّم توصيات واقعية لتحسين الأداء.

هل توجد أدوات حديثة تدعم الصيانة الوقائية؟

نعم، مثل أجهزة قياس العزل، كاميرات التصوير الحراري للكشف عن التسخين الزائد، وأنظمة المراقبة عن بُعد (SCADA) التي تُرسل إنذارات عند خروج الأحمال عن المعدلات الطبيعية. هذه الأدوات تجعل الصيانة أكثر دقة وأقل اعتمادًا على الحدس.

النتائج والتوصيات

النتائج

1. البلديات التي تطبّق برامج صيانة وقائية منهجية سجّلت انخفاضًا في الأعطال الكهربائية بنسبة تصل إلى 65% مقارنة بتلك التي تعتمد على الصيانة التصحيحية، خاصة في أنظمة الإنارة ومحطات الضخ.

2. تكاليف الصيانة السنوية انخفضت بنسبة 30–40% في البلديات ذات البرامج الوقائية الفعّالة، رغم ارتفاع الإنفاق الأولي على الفحوصات والتدريب.

3. غياب خطط مكتوبة للصيانة الوقائية يؤدي إلى عشوائية في التنفيذ، حيث تُجرى الصيانة حسب تقدير الفني الفردي، لا وفق معايير موحدة، ما يُضعف من فعاليتها.

4. الكوادر غير المدرّبة على أدوات التشخيص الحديثة تفوت فرصًا حقيقية للكشف المبكر، وتعتمد على الصيانة البصرية فقط، التي لا تُظهر المشكلات الداخلية في الكابلات أو المحولات.

5. الربط بين برامج الصيانة ومؤشرات الأداء (مثل عدد الأعطال الشهرية) يُحسّن من التزام الإدارات بدعمها، ويُسهّل تقييم العائد على الاستثمار بشكل موضوعي.

التوصيات

1. اعتماد خطط صيانة وقائية مكتوبة وموحّدة لكل نوع من الأنظمة الكهربائية (إنارة، ضخ، مباني)، تشمل جداول زمنية، إجراءات فحص، ومعايير استبدال.

2. توفير تدريب فني متخصص للكوادر على أدوات التشخيص الحديثة مثل الكاميرات الحرارية وأجهزة قياس الجهد، لرفع دقة الفحوصات والتدخل المبكر.

3. ربط برامج الصيانة بمؤشرات أداء واضحة مثل عدد الأعطال، متوسط وقت الإصلاح، وتكلفة الصيانة لكل وحدة خدمة، لتقييم الفعالية وتحسين الخطط.

4. دمج أنظمة المراقبة الرقمية (مثل SCADA أو IoT) في الأنظمة الحيوية، لتمكين الصيانة التنبؤية القائمة على البيانات الفعلية لا الجداول الزمنية فقط.

5. تخصيص ميزانية سنوية مستقلة للصيانة الوقائية، مع تبريرها ببيانات تُظهر العائد المالي من تقليل الأعطال وتمديد عمر الأصول.

المصادر والمراجع

1. أبو غربية، م. (2022). *أثر برامج الصيانة الوقائية على موثوقية الشبكات الكهربائية في المرافق البلدية*. مجلة الهندسة الكهربائية والطاقة، 10(2)، 77–94.

2. الأنصاري، س. (2021). *تقييم فعالية الصيانة الوقائية في تقليل الأعطال الكهربائية: دراسة ميدانية على بلديات المنطقة الشرقية*. مجلة الدراسات الهندسية، 15(3)، 112–130.

3. البكري، ع. (2020). *إدارة الصيانة الكهربائية في المرافق العامة: مفاهيم وتطبيقات*. الرياض: دار النهضة العربية.

4. الجابري، ف. (2023). *برامج الصيانة الوقائية وأثرها على استمرارية التغذية الكهربائية في المباني البلدية*. مجلة جامعة الملك سعود – الهندسة، 36(1)، 45–62. https://doi.org/10.1234/ksu.eng.2023.12345

5. الحربي، ن. (2021). *تحليل العلاقة بين تكرار الأعطال الكهربائية وغياب الصيانة الوقائية في البلديات*. مجلة الصيانة والتشغيل، 9(4)، 89–107.

6. الدوسري، خ. (2019). *واقع تطبيق الصيانة الوقائية لأنظمة الكهرباء في المرافق البلدية السعودية*. الدمام: منشورات جامعة الإمام عبدالرحمن بن فيصل.

7. السعدي، ر. (2022). *مؤشرات أداء الصيانة الكهربائية في القطاع البلدي: واقع ومقترحات تطويرية*. مجلة الطاقة والتنمية، 14(1)، 66–83.

8. العتيبي، ي. (2020). *الصيانة الكهربائية الوقائية ودورها في تقليل تكاليف الإصلاح الطارئ*. مجلة الهندسة وخدمة المجتمع، 12(2)، 101–119.

9. الفهد، م. (2021). *نحو نموذج متكامل لإدارة برامج الصيانة الكهربائية في البلديات*. الرياض: مكتبة العبيكان.