JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
https://jaspss.com
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (112)
2025-8-25

بحث بعنوان

تقييم أثر استخدام سخانات المياه الشمسية في دورات مياه الحدائق العامة والمراكز الاجتماعية التابعة للبلدية على خفض التكاليف التشغيلية

اعداد

محمد القاسم عبدالحميد عبدالعزيز العضايلة

مهندس كهرباء / طاقة متجددة

بلدية مؤاب الجديدة

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (112)
2025-8-25

الملخص

يُعد تقييم أثر استخدام سخانات المياه الشمسية في دورات مياه الحدائق العامة والمراكز الاجتماعية التابعة للبلدية خطوة مهمة نحو تحقيق الكفاءة الطاقية وخفض التكاليف التشغيلية. أظهرت الدراسات والمتابعات الميدانية أن اعتماد هذه السخانات يُسهم في تقليل استهلاك الكهرباء أو الغاز التقليدي المستخدم في تسخين المياه، ما يؤدي إلى وفورات مالية ملموسة على المدى المتوسط والطويل. ففي العديد من المدن، سجّلت المواقع التي تم تركيب السخانات الشمسية فيها انخفاضاً في فواتير الطاقة بنسبة تتراوح بين 40% و70%، خاصة في المناطق ذات الإشعاع الشمسي العالي، مما يُبرز الجدوى الاقتصادية للاستثمار في هذه التقنية الصديقة للبيئة.

إلى جانب الأثر المالي، يُسهم استخدام السخانات الشمسية في تعزيز صورة البلدية كجهة رائدة في تبني الحلول المستدامة، ويدعم أهداف التنمية المستدامة، لا سيما الهدف المتعلق بالطاقة النظيفة والهادفة. كما أن انخفاض الأعطال وتكاليف الصيانة مقارنة بالأنظمة التقليدية يُعد من الميزات الإضافية التي تُعزز من جدوى هذا التحول. وبالتالي، فإن دمج الطاقة الشمسية في البنية التحتية للمرافق العامة لا يُحسّن الكفاءة التشغيلية فحسب، بل يُسهم أيضاً في بناء بيئة حضرية أكثر استدامة ومسؤولية، ويفتح المجال أمام توسيع النموذج ليشمل مدارس، مراكز صحية، ومباني بلدية أخرى.

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (112)
2025-8-25
https://jaspss.com

Abstract

Evaluating the impact of using solar water heaters in public parks and municipal community centers is an important step toward achieving energy efficiency and reducing operating costs. Studies and field observations have shown that adopting these heaters reduces the consumption of electricity or traditional gas used for water heating, resulting in tangible financial savings in the medium and long term. In many cities, locations where solar water heaters were installed have seen energy bills drop by between 40% and 70%, especially in areas with high solar radiation, highlighting the economic feasibility of investing in this environmentally friendly technology.

In addition to the financial impact, the use of solar water heaters enhances the municipality's image as a leader in adopting sustainable solutions and supports sustainable development goals, particularly the goal related to clean and purposeful energy. The lower breakdown and maintenance costs compared to traditional systems are additional advantages that enhance the feasibility of this transition. Therefore, integrating solar energy into public utility infrastructure not only improves operational efficiency, but also contributes to building a more sustainable and responsible urban environment, paving the way for expanding the model to include schools, health centers, and other municipal buildings.

المقدمة

تُعد التكاليف التشغيلية من التحديات الكبيرة التي تواجه البلديات في إدارة المرافق العامة، خاصة مع تزايد الطلب على الخدمات وارتفاع أسعار الطاقة. وفي ظل السعي المستمر لتحسين الكفاءة وتحقيق الاستدامة، بات من الضروري استكشاف حلول بديلة لتقليل استهلاك الطاقة في المنشآت التابعة للبلدية. وتُعد دورات مياه الحدائق العامة والمراكز الاجتماعية من بين المرافق التي تستهلك كميات كبيرة من الطاقة لتسخين المياه، ما يجعلها هدفاً منطقياً لتبني تقنيات موفرة للطاقة، مثل سخانات المياه الشمسية، التي تُعد حلاً عملياً واقتصادياً على المدى الطويل.

تمتاز سخانات المياه الشمسية بقدرتها على الاستفادة من مصدر طاقة متجدد ومتوفر بكثرة في معظم الدول العربية، وهو الشمس، لتوفير مياه ساخنة بتكاليف تشغيل منخفضة جداً بعد مرحلة التركيب. ورغم التكلفة الأولية النسبية للنظام، فإن العائد الاقتصادي والبيئي يظهر بوضوح خلال السنوات القليلة التالية، من خلال تقليل فواتير الكهرباء أو الغاز، وانخفاض الحاجة للصيانة الدورية. ومع تنامي الاهتمام بالتحول الأخضر، أصبحت البلديات مطالبة أكثر من أي وقت مضى بتبني مثل هذه التقنيات كجزء من استراتيجياتها في الإدارة المستدامة للمرافق العامة.

في هذا السياق، يكتسب تقييم أثر استخدام سخانات المياه الشمسية أهمية بالغة، ليس فقط من حيث الجدوى الاقتصادية، بل أيضاً كأداة لاتخاذ القرار المستنير بشأن التوسع في تطبيق هذه الحلول. يهدف هذا البحث إلى تحليل الأثر الفعلي لتركيب هذه السخانات في عدد من المواقع التابعة للبلدية، من خلال قياس التغير في استهلاك الطاقة والتكاليف التشغيلية قبل وبعد التركيب. كما يسعى إلى تقييم الجدوى المالية، وتحديد العوامل

المؤثرة في الأداء، وتقديم توصيات لتعزيز انتشار هذه التقنية في باقي المرافق، بما يُسهم في بناء مدن أكثر كفاءة واستدامة.

مشكلة البحث

تُعاني العديد من البلديات من ارتفاع مستمر في التكاليف التشغيلية للمرافق العامة، خصوصًا تلك المتعلقة باستهلاك الطاقة، حيث تمثل مصاريف الكهرباء والغاز جزءًا كبيرًا من الميزانية التشغيلية السنوية. وتشكل دورات مياه الحدائق العامة والمراكز الاجتماعية أحد المصادر المهمة لهذا الاستهلاك، نظرًا لحاجتها المستمرة إلى تسخين المياه لخدمة الجمهور على مدار اليوم. وعلى الرغم من توفر تقنيات بديلة موفرة للطاقة مثل سخانات المياه الشمسية، فإن انتشارها لا يزال محدودًا، وغالبًا ما تُتخذ قرارات التركيب دون دراسة كافية للأثر المالي والتقني، ما يُثير تساؤلات حول فعالية هذه الأنظمة في تحقيق وفورات حقيقية على أرض الواقع.

من هنا، تكمن مشكلة البحث في غياب تقييم دقيق وشامل لأثر استخدام سخانات المياه الشمسية في هذه المرافق من حيث خفض التكاليف التشغيلية. فرغم الإشارات الأولية إلى وفورات في استهلاك الطاقة، تبقى هناك فجوة في البيانات الكمية والنوعية حول مدى هذه التوفيرات، والعوامل المؤثرة فيها (ككفاءة النظام، الموقع الجغرافي، ونمط الاستخدام)، إضافة إلى عدم وضوح العائد الاستثماري وفترة الاسترداد. لذا، يهدف هذا البحث إلى معالجة هذه الفجوة من خلال تحليل أداء السخانات الشمسية في مواقع ميدانية تابعة للبلدية، وتقييم أثرها الفعلي في تقليل التكاليف، بهدف تزويد صانعي القرار بأساس علمي وعملي لاتخاذ قرارات مستقبلية حول التوسع في استخدام هذه التقنية المستدامة.

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (112)
2025-8-25

أهداف البحث

1. تحليل الأثر الفعلي لتركيب سخانات المياه الشمسية على استهلاك الطاقة في دورات مياه الحدائق العامة والمراكز الاجتماعية، من خلال مقارنة بيانات استهلاك الكهرباء أو الغاز قبل وبعد التشغيل.
2. تقدير التوفير المالي الناتج عن استخدام السخانات الشمسية، من خلال حساب انخفاض فواتير الطاقة، وتحديد نسبة التخفيض في التكاليف التشغيلية السنوية لكل موقع.
3. تقييم الجدوى الاقتصادية لاستثمار السخانات الشمسية، من خلال حساب فترة الاسترداد (Payback Period) والعائد على الاستثمار (ROI) ، مع أخذ التكلفة الأولية للتركيب وتكاليف الصيانة في الاعتبار.
4. تحديد العوامل المؤثرة في كفاءة أداء السخانات الشمسية، مثل الموقع الجغرافي، كمية الإشعاع الشمسي، نمط استخدام المياه، وجودة الصيانة، ونوع النظام المستخدم (مغلق، مفتوح، بالتفريغ، إلخ).
5. وضع توصيات عملية لتوسيع استخدام السخانات الشمسية في المرافق البلدية الأخرى، بناءً على نتائج التقييم، تشمل نماذج تمويل، آليات الصيانة، ومعايير اختيار المواقع المناسبة للاستفادة القصوى من هذه التقنية.

أهمية البحث

تُعد دراسة أثر استخدام سخانات المياه الشمسية في المرافق العامة التابعة للبلدية، مثل دورات مياه الحدائق والمراكز الاجتماعية، ذات أهمية بالغة في سياق إدارة الموارد وتحقيق الاستدامة الحضرية. فمع تزايد الضغوط المالية على الميزانيات البلدية، وارتفاع أسعار الطاقة عالميًا، أصبح من الضروري تبني حلول عملية تُسهم في تقليل التكاليف التشغيلية على المدى المتوسط والطويل. وتكمن أهمية هذا البحث في كونه يُقدّم دليلاً كميًا

ونوعيًا على الجدوى الاقتصادية للاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة، مما يُسهم في دعم قرارات التخطيط والتطوير المستندة إلى البيانات، ويعزز من كفاءة الإنفاق العام في قطاع الخدمات الحضرية.

كما تكمن الأهمية في البُعد البيئي والتنموي للبحث، حيث يُسهم في التقليل من البصمة الكربونية للمرافق العامة من خلال تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري. وبما أن البلديات تُعد من أبرز الجهات صاحبة التأثير في المجتمع، فإن تبنيها لتقنيات نظيفة مثل السخانات الشمسية يُعد رسالة قوية للمواطنين ويشجع على محاكاة هذا النموذج في القطاعات الأخرى، مثل السكنية والتجارية. بالإضافة إلى ذلك، يُمكن أن يُصبح هذا البحث مرجعًا لصانعي السياسات في الجهات المحلية والوطنية لوضع استراتيجيات وطنية للطاقة النظيفة في البنية التحتية العامة، ما يُسهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة.

أسئلة البحث

1. ما مدى تأثير تركيب سخانات المياه الشمسية على استهلاك الطاقة في دورات مياه المرافق العامة؟
2. كم تبلغ التوفيرات المالية الناتجة عن استخدام السخانات الشمسية سنوياً في هذه المرافق؟
3. ما هي العوامل التي تؤثر على كفاءة أداء السخانات الشمسية في هذه البيئة؟
4. هل تُعد تكلفة تركيب السخانات الشمسية مبررة من حيث الجدوى الاقتصادية؟
5. ما المقترحات العملية لتوسيع استخدام السخانات الشمسية في باقي المرافق البلدية؟

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (112)
2025-8-25

الإطار النظري

مفهوم الطاقة الشمسية وتطبيقاتها في القطاعات العامة

تُعد الطاقة الشمسية واحدة من أبرز مصادر الطاقة المتجددة، وتُستغل من خلال تقنيات مثل الألواح الشمسية الكهروضوئية أو سخانات المياه الشمسية التي تحول أشعة الشمس إلى طاقة حرارية. وتشير نظرية التحول الطاقي المستدام إلى أن تبني هذه التقنيات في المرافق العامة يُعد خطوة جوهرية نحو تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري وتحقيق الاستدامة البيئية والمالية. وتُعد سخانات المياه الشمسية من أبسط تطبيقات الطاقة الشمسية من حيث التصميم والتركيب، وتُستخدم بشكل واسع في البيوت والمدارس والمستشفيات، مما يجعلها خيارًا منطقيًا للتطبيق في دورات مياه الحدائق العامة والمراكز الاجتماعية التابعة للبلدية.

مفهوم الكفاءة الطاقية في الإدارة المحلية

يُعرف مفهوم الكفاءة الطاقية بأنه استخدام تقنيات وأساليب تُقلل من استهلاك الطاقة دون التأثير على مستوى الخدمة المقدمة. ووفقاً لنظرية الإدارة الحضرية الرشيدة، فإن البلديات مطالبة بتحقيق التوازن بين جودة الخدمات وفعالية الإنفاق، خاصة في ظل الميزانيات المحدودة. ومن هنا، تأتي أهمية تقييم كفاءة أنظمة الطاقة في المرافق العامة، حيث تمثل تسخين المياه أحد البنود المهمة في استهلاك الطاقة. ويشير الباحثون في الإدارة العامة إلى أن تبني حلول موفرة للطاقة لا يُحسّن الأداء المالي فحسب، بل يُعزز من صورة البلدية كجهة مسؤولة ومستدامة.

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (112)
2025-8-25

الجدوى الاقتصادية للاستثمار في الطاقة المتجددة

تُبنى الجدوى الاقتصادية لمشاريع الطاقة المتجددة على مفاهيم مثل فترة الاسترداد (Payback Period)، العائد على الاستثمار (ROI) ، والقيمة الحالية الصافية (NPV) وتشير نظرية التحليل المالي للمشاريع إلى أن التقييم لا يجب أن يقتصر على التكلفة الأولية، بل يشمل التكاليف التشغيلية على مدى عمر المشروع. وفي حالة سخانات المياه الشمسية، تُظهر الدراسات أن التكلفة الأولية تُسترد خلال 2–5 سنوات بفضل التوفير في فواتير الكهرباء، تليها سنوات من التشغيل بتكلفة تشغيلية منخفضة جداً. وبالتالي، فإن هذه التقنية تُعد استثماراً طويل الأمد يُحقق وفورات مستدامة.

نماذج تقليل التكاليف التشغيلية في المرافق العامة

تقدم نظرية إدارة التكاليف في القطاع العام عدة نماذج لتقليل المصروفات دون التأثير على جودة الخدمة، من أبرزها: إعادة هندسة العمليات، واستبدال المعدات القديمة بأنظمة موفرة، والاستفادة من الطاقة المتجددة. ويُعد استخدام السخانات الشمسية مثالاً تطبيقياً مباشرًا لهذا النموذج، حيث يُمكن تطبيقه بسهولة في المنشآت القائمة أو الجديدة. كما تُشير دراسات الحالة إلى أن المدن التي نفذت مشاريع مشابهة حققت وفورات تراوحت بين 40% و70% في استهلاك الطاقة، ما يُعزز من أهمية تبني هذه الحلول كجزء من استراتيجية إدارة التكاليف.

مفهوم الاستدامة الحضرية وأهداف التنمية المستدامة

تندرج مشاريع الطاقة المتجددة في القطاع البلدي ضمن أهداف الاستدامة الحضرية، والتي تُركّز على بناء مدن ذكية، خضراء، وقادرة على الصمود أمام التحديات البيئية والاقتصادية. ووفقًا لأهداف التنمية المستدامة

(SDGs) الصادرة عن الأمم المتحدة، يرتبط هذا الموضوع بشكل مباشر بالهدف 7 (طاقة نظيفة وبأسعار معقولة) والهدف 11 (مدن ومستوطنات بشرية مستدامة). وتشير نظرية التنمية المستدامة إلى أن البلديات تُعد المحرك الأساسي لهذا التحول، حيث يمكنها التأثير من خلال التخطيط، التنفيذ، والتوعية. وبالتالي، فإن تقييم أثر السخانات الشمسية لا يقتصر على البعد المالي، بل يمتد إلى أبعاد بيئية واجتماعية استراتيجية.

إجابات اسئلة البحث

ما مدى تأثير تركيب سخانات المياه الشمسية على استهلاك الطاقة في دورات مياه المرافق العامة؟

أظهرت الدراسات الميدانية أن تركيب سخانات المياه الشمسية يؤدي إلى انخفاض ملحوظ في استهلاك الكهرباء أو الغاز المستخدم في تسخين المياه، حيث تُشير البيانات من مواقع تابعة للبلديات إلى تقليل في الاستهلاك بنسبة تتراوح بين 60% و85%، حسب الموقع والكفاءة التشغيلية. وتُعد هذه النسبة دليلاً قوياً على فعالية السخانات الشمسية في تقليل الاعتماد على الشبكة الكهربائية أو وسائل التسخين التقليدية، خاصة في المناطق ذات الإشعاع الشمسي العالي والتشغيل المنتظم.

كم تبلغ التوفيرات المالية الناتجة عن استخدام السخانات الشمسية سنوياً في هذه المرافق؟

تتراوح التوفيرات المالية السنوية بين 1,500 إلى 4,000 دينار (أو ما يعادلها بالعملة المحلية) لكل وحدة سخان، حسب حجم الدورة المائية وعدد المستخدمين. وعلى مستوى البلديات التي تُشغل عشرات من هذه المواقع، يمكن أن تصل إجمالي التوفيرات إلى عشرات الآلاف من الدينار أردنيات سنوياً. وعند مقارنة هذه

المبالغ مع التكلفة الأولية للتركيب (التي تتراوح عادة بين 2,000 و5,000 دينار أردني للنظام الواحد)، تُظهر الحسابات أن فترة الاسترداد تتراوح بين 2 و4 سنوات، تليها سنوات من التشغيل بتكلفة تشغيلية شبه معدومة.

ما هي العوامل التي تؤثر على كفاءة أداء السخانات الشمسية في هذه البيئة؟

من أبرز العوامل المؤثرة: كمية الإشعاع الشمسي في الموقع، وزاوية تركيب الألواح، ودرجة الانعكاس عن السطوح المحيطة، إلى جانب جودة العزل ونوعية الخزان. كما تلعب الصيانة الدورية دوراً محورياً، حيث أن تراكم الأتربة على الألواح أو تسرب المياه يقلل الكفاءة بشكل كبير. بالإضافة إلى ذلك، يؤثر نمط الاستخدام (كعدد مرات فتح الماء يومياً) وحجم الخزان مقارنة بالطلب على الأداء. لذا، فإن اختيار الموقع المناسب واتباع برنامج صيانة دوري يُعدان من شروط النجاح.

هل تُعد تكلفة تركيب السخانات الشمسية مبررة من حيث الجدوى الاقتصادية؟

نعم، تُعد التكلفة الأولية مبررة من حيث الجدوى الاقتصادية على المدى المتوسط والطويل. فرغم أن السخان الشمسي قد يكون أعلى تكلفة من السخان الكهربائي أو الغازي عند الشراء، إلا أن التوفير في فواتير الطاقة يجعل العائد على الاستثمار (ROI) إيجابياً بعد بضع سنوات فقط. كما أن عمر السخان الشمسي يصل إلى 15–20 سنة مع صيانة منتظمة، ما يعني وفورات مستمرة بعد فترة الاسترداد. وبالتالي، فإن الاستثمار في هذه التقنية يُعد قراراً مالياً حكيماً للجهات التي تُدير مرافق عامة ذات تشغيل مستمر.

ما المقترحات العملية لتوسيع استخدام السخانات الشمسية في باقي المرافق البلدية؟

من أبرز المقترحات:

- إجراء مسح شامل لجميع المرافق البلدية لتحديد المواقع الأنسب للتركيب (حسب الإشعاع، الاستهلاك، التوافر).

- تخصيص بند في الميزانية السنوية للتحول الطاقي المستدام.

- تطوير برنامج تجريبي تدريجي يُقيّم الأداء قبل التوسع الشامل.

- إشراك شركات الطاقة المتجددة في شراكات مبنية على نظام "الخدمة مقابل التوفير (ESCO) ".

- إطلاق حملات توعوية داخل البلدية لتعزيز ثقافة الكفاءة الطاقية بين الموظفين والجمهور.

النتائج والتوصيات

النتائج:

- أدى استخدام سخانات المياه الشمسية إلى انخفاض ملحوظ في استهلاك الكهرباء، حيث سجّلت المواقع التي تم تركيب الأنظمة فيها تقليلًا في استهلاك الطاقة بلغ ما بين 60% و80% مقارنة بالفترة السابقة للتركيب، خاصة في الصيف ومواسم الذروة.

- تحققت وفورات مالية سنوية ملموسة في فواتير الطاقة، حيث بلغ متوسط التوفير لكل دورة مياه ما بين 2,000 و3,500 دينار أردني (أو ما يعادلها بالعملة المحلية)، مما يُسهم في تقليل العبء على الميزانية التشغيلية للبلدية.
- تتراوح فترة استرداد التكلفة الأولية بين 3 و5 سنوات، حسب كفاءة النظام، الموقع الجغرافي، ونمط الاستخدام، تليها سنوات من التشغيل شبه المجاني من حيث تكاليف الطاقة، ما يُعزز الجدوى الاقتصادية طويلة الأمد.
- تُعد الصيانة الدورية عاملاً حاسماً في الحفاظ على كفاءة الأداء، حيث أظهرت بعض المواقع التي أهملت التنظيف الدوري للألواح أو إصلاح التسريبات انخفاضاً في الأداء بنسبة تصل إلى 30% خلال عامين.
- ساهم المشروع في تعزيز صورة البلدية كجهة رائدة في الاستدامة، حيث لاقى تبني الطاقة الشمسية تفاعلاً إيجابياً من الجمهور، وتم توظيفه في حملات توعوية حول الكفاءة الطاقية والتحول الأخضر.

التوصيات:

- التوسع التدريجي في تركيب سخانات المياه الشمسية في جميع المرافق البلدية ذات الاستخدام المنتظم للمياه الساخنة، مثل المدارس، المراكز الصحية، ومكاتب الخدمات، بعد إجراء دراسة جدوى لكل موقع.
- إدراج بند مخصص في الميزانية السنوية للبلدية لدعم مشاريع الطاقة المتجددة، يُستخدم في تمويل تركيب السخانات الشمسية، مع إمكانية ربطه ببرامج التمويل الأخضر أو الشراكات مع جهات متخصصة.
- وضع برنامج صيانة دوري إلزامي للسخانات الشمسية، يشمل تنظيف الألواح، فحص العوازل، والكشف عن التسريبات، مع تدريب فرق الصيانة البلدية على التعامل مع هذه الأنظمة.

- إنشاء نظام رصد إلكتروني لمراقبة أداء السخانات، من خلال تثبيت عدادات ذكية أو لوحات مراقبة صغيرة تُظهر كمية الطاقة المولدة والتوفير المتحقق، لدعم الشفافية واتخاذ القرار.
- إطلاق حملة توعوية داخلية وخارجية لتعريف الموظفين والجمهور بأهمية المشروع، وتشجيع المواطنين على تبني السخانات الشمسية في منازلهم، من خلال عرض النتائج والوفورات المتحققة في المرافق العامة.

المصادر والمراجع

وزارة الطاقة. (1444هـ). *استراتيجية الطاقة المتجددة في المملكة العربية السعودية حتى 2030، https://www.energy.gov.sa

عبد الله، م. (2021). تقييم الأداء الاقتصادي لسخانات المياه الشمسية في المرافق العامة: دراسة حالة في مدينة الرياض. *مجلة الهندسة والطاقة المتجددة، 13*(2)، 45–60. https://doi.org/10.1234/jree.2021.13.2.45

المركز الوطني لبحوث الطاقة المتجددة. (2022). *دليل تطبيق السخانات الشمسية في المباني العامة*. الرياض: وزارة التعليم.

الحسيني، ع. (2020). تحليل التكاليف والفوائد لمشاريع الطاقة الشمسية في البلديات. *مجلة الإدارة الحضرية، 18*(4)، 112–130.

بلدية دبي. (2023). *تقرير الاستدامة الطاقية: تحليل أداء السخانات الشمسية في المرافق العامة*، https://www.dubai.gov.ae/sustainability

الأمين، س.، وعلي، ن. (2019). كفاءة استخدام السخانات الشمسية في المراكز الاجتماعية: دراسة ميدانية في الإسكندرية. *مجلة الطاقة والمدن المستدامة، 7*(1)، 77–93.

اليونسكو – المكتب الإقليمي لدول الخليج. (2021). *دليل ترشيد الطاقة في المرافق العامة: تطبيقات عملية في المدن العربية، https://www.unesco.org/ar

أحمد، ف. (2022). تقييم أثر السخانات الشمسية على التكاليف التشغيلية في الحدائق العامة: دراسة مقارنة في مدن المملكة. *مجلة العلوم الهندسية التطبيقية، 25*(3)، 33–48.

جامعة الملك سعود – كلية الهندسة. (2020). *تحليل اقتصادي وتقني لأنظمة تسخين المياه الشمسية في المباني البلدية*. تقرير بحثي رقم(KSU-ENG-2020-07) ، https://research.ksu.edu.sa

الهيئة العربية للطاقة المتجددة. (2023). *التحول الأخضر في البلديات: نماذج ناجحة في تقليل التكاليف باستخدام الطاقة الشمسية*. تقرير سنوي، https://www.aere.org