دراسة الكفاءة الاقتصادية لمحطة طاقة كهروضوئية
-أنموذج محطة متن الساحل-

الدكتور غسان يعقوب*

الدكتور موسى السمارة**

محمد الشيخ***

(تاريخ الإيداع 10 / 11 / 2020. قبل للنشر في 23 / 2 / 2021)

□ ملخّص □

هدف البحث لدراسة مؤشرات الكفاءة الاقتصادية لمحطة كهروضوئية في قرية متن الساحل بمحافظة طرطوس بقدرة (300) كيلو واط، عن طريق جمع البيانات الاقتصادية المتعلقة بالتكاليف الثابتة والتي بلغت (248500)يورو، أمّا التكاليف المتغيّرة اعام (2019) بلغت (9800)يورو، أي ما يعادل (4)% من التكاليف الثابتة، وتم حساب المؤشرات الاقتصادية للمحطة الكهروضوئية في ضوء هذه البيانات، حيث بلغ مؤشر الكفاءة الاقتصادية (2.4)وهو مؤشر ممتاز، معامل الربحية بالنسبة لرأس المال المستثمر (33)%وهي نسبة أعلى بكثير من فائدة رأس المال المحددّة في المصارف سواء المحليّة أو العالمية، ويستطيع المشروع استراد رأس ماله خلال(6.7) سنة ، وهو وقت قصير نسبياً قياساً الى العمر الاقتصادي (25) سنة، الربح السنوي الصافي بلغ (38480) يورو، أمّا تكلفة إنتاج الكيلو واط الساعي (0.02) يورو.

الكلمات المفتاحية: الكفاءة الاقتصادية، محطة كهروضوئية، ألواح كهروضوئية، طاقة شمسية، العواكس، موازنة النظام، المؤشرات الاقتصادية

* **أستاذ – قسم الاقتصاد الزراعي –كلية الزراعة –جامعة تشرين –اللاذقية –سورية.**

** **أستاذ – قسم الوقاية البيئية –المعهد العالي لبحوث البيئة – جامعة تشرين –اللاذقية –سورية.**

*** **طالب ماجستير – قسم الوقاية البيئية – المعهد العالي لبحوث البيئة -جامعة تشرين -اللاذقية – سورية.**

Indicators of Economic Efficiency of a Photovoltaic Station - Model: Matn Alssahil Station –

Dr. Gassan Yakkoub [*]
Dr. Moussa Alsamara [**]
Mohammad Al Shiekh [***]

(Received 10 / 11 / 2020. Accepted 23 / 2 /2021)

□ ABSTRACT □

The aim of the research is to study indicators of the economic efficiency of a photovoltaic station in the village of Metn Al-Sahel in Tartous Governorate with a capacity of (300) kilowatts, by collecting economic data related to fixed costs, which amounted to (248500) euros، As for the variable costs in (2019), they amounted to (9800) euros, equivalent to (4)% of the fixed costs, and the economic indicators of the photovoltaic station were calculated in light of these data, where the economic efficiency index reached (2.4), which is an excellent indicator. The profitability coefficient for invested capital is (33) %, which is much higher than the interest on capital that is specified in banks, whether local or international, and the project can recover its capital within (6.7) years, it is a relatively short time compared to the economic age of (25) years. The annual net profit amounted to (38480) euros, as for the cost of producing a kilowatt hour (0.02) euro.

Key Words: Economic Efficiency, PV Plant, PV Panels, Solar Energy, Inverters, System Balancing, Economic Indicators

[*]**Prof., Agriculture Economics Dep., Fac. of Agr., Tishreen Univ., Latakia, Syria.**
[**]**Prof., Env. Protec. Dep., Higher Inst. of Env. Res., Tishreen Univ., Latakia, Syria**
[***] **Post graduate student, Env. Protec. Dep., Higher Inst. of Env. Res., Tishreen Univ., Latakia, Syria**

مقدمة:

تعد الطاقات المتجددة مصدراً واعداً لتغطية نظراً لتطور التكنولوجيا والصناعة في وقتنا الحاضر، فإن الحاجة إلى الطاقة تزداد يوماً بعد يوم، كما أن محدودية مصادر الوقود الأحفوري والتلوث الناجم عنها، دفع الناس والحكومات للتفكير باستخدام مصادر بديلة ونظيفة (Rad, 2020).

متطلبات الطاقة في تطبيقاتها المختلفة قي ظل الطلب المتزايد على الكهرباء (Alrwashdeh and Ammari, 2019)، كما أن الإشعاع الشمسي مصدر طاقة وفير لا ينضب، ونظيف، ورخيص باستخدام الطاقة الشمسية.

وتعد الألواح الشمسية طريقة نظيفة وخضراء لإنتاج الطاقة الكهربائية، حيث توفر تقنيات الطاقة الشمسية مصدر طاقة نظيف ومتجدد محلياً، وهي مكونات أساسية لمستقبل الطاقة المستدامة، كما توفر أنظمة الطاقة الشمسية (الطاقة الشمسية، الطاقة الشمسية الحرارية) فوائد بيئية كبيرة مقارنة بمصادر الطاقة التقليدية، ومن المعروف أن هذه الأنظمة لها بعض التأثيرات السلبية الطفيفة على البيئة أثناء إنتاجها وتشغيلها (Taube *et al.*,2012).

تفترض جميع التقييمات أنَّ الكهرباء المولَّدة من منشآت الطاقة الشمسية الجديدة ستحل محل الكهرباء التقليدية (Turney and Fthenakis, 2011)، كما أن الطاقة الكهروضوئية هي إحدى مصادر الطاقة المتجددة، والتي يُعَوَّل عليها كونها صديقة للبيئة في تشغيلها وصيانتها (Ndwali *et al.*,2019).

أصبحت تقنيات الطاقة الكهروضوئية، والتي كانت تُطَبّق في الفضاء، في متناول اليد، حيث يعدُّ إنتاج الطاقة الكهروضوئية من التقنيات الواعدة، والتي تعد ثالث أكبر مصادر الطاقة المتجددة بعد الطاقة المائية وطاقة الرياح. وبحلول العام 2050 سيتم توفير 49–67 % من الطاقة الأولية عبر مصادر الطاقة المتجددة، بالإضافة إلى الدور الهام الذي ستؤديه الطاقة الشمسية، ففي عام 2010 بلغ استخدام الطاقة الشمسية في المباني 12 % لتوفير الكهرباء في أوربا، وكان متوسط النمو السنوي 40 % للخلايا الكهروضوئية، وكان عام 2017 علامة فارقة لاستخدام الطاقة الكهروضوئية في جميع أنحاء العالم، والتي وصلت إلى 890 غيغا واط مثبتة (Chowdhury *et al.*, 2020) .

تقع الجمهورية العربية السورية جغرافياً بين خطي عرض" 32.2 و37 "درجة شمال خط الاستواء وبين خطي طول "36 و42.5" شرق خط غرينتش، تبلغ المساحة الإجمالية للأراضي السورية 185 ألف كيلومتر. وتتمتع سورية بمصدر ضخم وغير محدود للطاقة الشمسية، وإمكانات كبيرة لطاقة الرياح، والتي يمكن أن تكون ذات قيمة كبيرة للعديد من التطبيقات (Al–Mohamad, 2001) .

تمت الدراسة على محطة كهروضوئية بقدرة 300 كيلو واط مقامة في قرية متن الساحل، وهي إحدى قرى محافظة طرطوس في سورية، وتبعد 16 كم عن مدينة طرطوس، وتقع فوق جبل يصل ارتفاعه إلى 300 متر فوق مستوى سطح البحر، تمَّ تشغيل المحطة بتاريخ 2019/1/1 بموجب عقد مع وزارة الكهرباء لمدة 25 عاماً، وتمَّ هذا البحث خلال عام (2019).

الدراسات السابقة:

أشارت الدراسة التي قام بها الباحثون (Wu *et al*,. 2015) إلى أنَ دراسة التحليل الاقتصادي كجزء من أداء المحطة الكهروضوئية مهم جدا بالنسبة للمستثمرين، بينما تستخدم أنظمة الطاقة الكهروضوئية مصدراً مجانياً للطاقة (الطاقة الشمسية) لإنتاج الكهرباء، فإن تقنية حصاد هذه الطاقة المتجددة تأتي بسعر ينتج عنه تكاليف رأسمالية كبيرة مقدماً وتكاليف تشغيلية أقل بكثير.

أظهرت الدراسة التي قام بها الباحثان (Shuhrawardy and Ahmmed, 2014) على نظام كهروضوئي مرتبط بالشبكة الكهربائية بوجود نظام تخزين في جامعة Chittagong في الجزء الجنوبي الشرقي من بنغلاديش بقدرة 70 كيلوواط/ساعة، ومعدل استهلاك 304 كيلو واط/ساعة/ يوم، أهمية التحول للأنظمة الكهروضوئية، خصوصاً أنّ الطاقة الكهربائية المحملة على الشبكة الوطنية لا تغطي سوى 53% من الطلب الكلي على الكهرباء، وبينت النتائج أنّ تكلفة الكيلو واط/ ساعة 0.2 دولار.

قام الباحث (Xoubi ,2015) بدراسة كفاءة محطة كهروضوئية في الأردن، موقع المفرق وهي منطقة صحراوية يبلغ شدة الاشعاع الشمسي فيها 2.1 kw/h/ m^2، بهدف دراسة الإمكانيات الفنية والاقتصادية للمحطة ، حيث قام الباحث بإجراء نمذجة الأداء و محاكاة إنتاجية للمحطة باستخدام برنامج PV SYST و أظهرت النتائج أداءً سنوياً بنسبة 82.6٪ ، كما يوضح التقييم المالي المبسط لرأس مال المصنع وتكاليف التشغيل والصيانة باستخدام أسعار السوق الحديثة أن التكلفة المستوية للكهرباء تتراوح بين 0.05 دولار / كيلوواط ساعة لسيناريو التكلفة الحقيقية بدون معدل خصم و 0.085 دولار / كيلوواط ساعة بمعدل خصم 6٪. في الختام، تظهر الدراسة أنه في جميع الحالات، أن تكلفة الكهرباء الشمسية أقل من التكلفة الحالية البالغة 0.179 دولار / كيلوواط ساعة التي يدفعها الأردن لتوليد الكهرباء باستخدام المصادر التقليدية.

أكد الباحثون (Kazem *et al.*,2017) أن النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة يساعد في الحد من ذروة الطلب على الحمل وتقديم مصدر بديل للطاقة.

هدفت الدراسة لإجراء تقييم تقني اقتصادي لمصنع (GCPV (Grid Connected panel voltaic في مدينة آدم – سلطنة عمان بقدرة 1MW، تمت المحاكاة باستخدام برنامج MATLAB المطور، وأظهرت النتائج أن الاستثمار في التكنولوجيا الكهروضوئية واعد جداً، فقد كانت تكلفة الطاقة 0.22 $/KWh وفترة استرداد رأس المال 10 سنوات.

أشارت الباحثة (Habib,2019) في دراستها الاقتصادية والفنّية لمحطة كهروضوئية بقدرة 300كيلو واط في محافظة طرطوس إلى أنَّ مؤشر الكفاءة الاقتصادية للمحطة المدروسة كان 2.3، وتكلفة دورة الحياة لعمر المحطة البالغ 25 عاماً. وأنَّ كلفة تركيب الكيلو واط هي 800 يورو. وزمن استرداد رأس المال 6.4سنة.

وتكمن أهمية الدراسة الحالية عن الدراسات السابقة:

1. ندرة الأبحاث التي تناولت هذا الموضوع من الناحية الاقتصادية في حين أن أغلبية الأبحاث درست التكنولوجيا الكهروضوئية من الناحية الافنية الكهربائية.
2. تحديد معامل الربحية للمحطة المدروسة.

المشكلة البحثية:

دخول تكنولوجيا الطاقة الكهروضوئية حديثاً إلى الجمهورية العربية السورية، وخصوصاً في ظلّ الحرب الدائرة على سورية، وخروج أكثر من 50% من حوامل الطاقة عن الخدمة، بالإضافة إلى انّ مشاريع الطاقة الكهروضوئية يتمُّ إنشاؤها في الغالب باستثمارات خاصة كمشروع تجاري، خاضع للربح والخسارة لذلك لابدَّ من دراستها اقتصادياً. وتحليلها مالياً وتحديد ما إذا كانت رابحة أو خاسرة.

أهمية البحث وأهدافه

أهمية البحث:

1.يعدُّ التحليل الاقتصادي لمشاريع الطاقة الكهروضوئية مهماً جدّاً بالنسبة للمستثمرين وإعطاء القرار حول الاستثمار في هذا المجال أم لا.

2. تقييم المشروع مالياً ذو أهمّية كبيرة لتحديد مدى كفاءته الاقتصادية، عن طريق حساب المؤشرات الاقتصادية، لكي يكون المستثمر في ضوء المتغيرات المتعلقّة بالاستثمار الخاص به.

أهداف البحث:

1.دراسة تحليلية للمشروع المستهدف في محافظة طرطوس لعام (2019).

2.دراسة مؤشرات الكفاءة الاقتصادية لمشروع الطاقة الشمسية في متن الساحل.

فرضيّة البحث:

محطة متن الساحل تحقق الكفاءة الاقتصادية المطلوبة من خلال دراسة المؤشرات الاقتصادية.

طرائق البحث ومواده:

تمت الدراسة في الجمهورية العربية السورية، محافظة طرطوس، حيث تم تركيب المحطة على مساحة قدرها4000 متر مربع، مسيجة بسياج حديدي بارتفاع 2 متر، وتحتوي على مبنى مؤلف من طابق واحد بمساحة 50 متر مربع، ووضِعَت ضمنه العواكس والمحولات، وخزان مياه سعة 100 لتر مكعب على سطح المبنى، ويخرج من المحطة خط كهربائي موصول على الشبكة العامة.

شغلت الألواح الكهروضوئية مساحة 2000 متر مربع من المساحة الكلية، وبدأت المحطة بالعمل فعلياً في 2019/1/1، وبيع كامل الكهرباء المنتجة الى وزارة الكهرباء، بموجب القرار رقم (32) بتاريخ (2010).

وقد تم إجراء عدة زيارات ميدانية الى المحطة المدروسة لمعرفة التكاليف الثابتة والمتغيرة، وإلى مديرية كهرباء طرطوس للحصول على المواصفات الفنية للأجهزة المركبة (الدراسة الفنية للمحطة)، بالإضافة للحصول على قيمة الفواتير المصروفة لقاء كميات الكهرباء المصدرة الى الشبكة العامة، مقدرة باليورو (سعر الكيلو واط الساعي 0.106 يورو) في عام (2019).

وقد استخدمت في البحث المؤشرات التالية:

- الكفاءة الاقتصادية = $\frac{\text{الإيرادات الإجمالية}}{\text{التكاليف المتغيرة} + \text{الإهتلاك السنوي}}$

- معامل الربحية بالنسبة لرأس المال المستثمر $= \frac{\text{اجمالي الربح المحقق}}{\text{رأس المال المستثمر}} \times 100$

- زمن استرداد رأس المال = $\frac{\text{مجموع التكاليف الاستثمارية}}{\text{الربح الصافي السنوي}}$

- الربح السنوي الصافي = الايرادات الإجمالية السنوية – التكاليف الإجمالية السنوية.

- كلفة إنتاج الكيلو واط الساعي = التكاليف الإجمالية السنوية / كمية الإنتاج السنوي

- الاهتلاك = قيمة الأصل / العمر الإنتاجي (kadam,2000)

النتائج والمناقشة:

أولاً. التكاليف الثابتة:

1.الألواح الكهروضوئية المستخدمة:

تتوفر العديد من الشركات المصنعة والتقنيات ليتم اختيار الالواح الكهروضوئية المناسبة (Aguilar,2015)، وقد تمَّ اختيار وحدة السيليكون أحادي البلورية (Si–mono) من شركة (ESPECA)، عمرها الإنتاجي (25) سنة بكفالة الشركة المصنعة. تم نصب (990) لوح كهروضوئي موزع على (8) صفوف محاذيه لبعضها البعض، حيث كان سعر اللوح الكهروضوئي الواحد (**150**) يورو وكانت التكلفة الإجمالية للألواح (148500) يورو.

2.العواكس: تم استخدام خمس عواكس في المشروع نوع (sun grow)، سعر العاكس الواحد (5400) يورو، وبتكلفة إجمالية بلغت (27000) يورو.

3.موازنة النظام: يشير مصطلح موازنة النظام، والتي تشمل العدادات والكابلات ومعدات التبديل والمحولات وتجهيزات القياس(Aguilar, 2015) . وقد تمَّ استخدام معدات كهربائية لموازنة النظام بتكاليف موضحة في الجدول (1).

الجدول (1). التكلفة الإجمالية لموازنة النظام مقدّرة باليورو

مكونات موازنة النظام	السعر مقدراً باليورو
العدادات	400
القواطع	4000
الكابلات	4000
تجهيزات قياس (محول شدة)	24000
المحولات	6000
إجمالي تكاليف موازنة النظام	**38400**

المصدر: { matn alssahil station ,2019 }

4.القواعد:

يجب أن تكون قواعد الألواح الكهروضوئية متينة من الناحية الهيكلية، وأن تكون مقاومة للصدأ لمدة لا تقل عن 25 سنة، ويتم ضبطها بالشكل الصحيح لتحقيق زاوية الميل الأمثل، هذه القواعد إما مصنوعة من الفولاذ المقاوم للتآكل أو الألومنيوم المعالج، (Aguilar, 2015).

وقد تم تركيب (8) قواعد مصنوعة من مادة الألمنيوم، سعر القاعدة الواحدة (2000) يورو، محاذية لبعضها البعض منصوبة ضمن أرض المحطة بتكلفة إجمالية بلغت (16000) يورو.

5.الأعمال الهندسية: وتشمل اعمال المقاولة والتركيب والدراسات الاستشارية الفنية والرسوم الإضافية، بتكاليف اجمالية موضحة في الجدول (2).

الجدول (2). التكاليف الكلية للأعمال الهندسية المنفذة في المحطة.

الأعمال الهندسية	التكلفة مقدرة باليورو
أعمال المقاولة	7000
أعمال التركيب	6000
التراخيص والدراسات الفنية والاقتصادية والرسوم	6000
إجمالي التكاليف	19000

المصدر: { matn alssahil station ,2019 }

وبالتالي فإنَّ مجموع التكاليف الثابتة بلغت قيمة موضّحة بالجدول رقم (3).

الجدول (3). مجموع التكاليف الثابتة مقدّرةً باليورو

نوع التكلفة الاستثمارية	التكلفة مقدرة باليورو
الألواح الكهروضوئية	148500
القواعد	16000
العواكس	27000
موازنة النظام	38400
الأعمال الهندسية	19000
المجموع	248900

المصدر: { matn alssahil station ,2019 }

6.الإهتلاك:

يُحسَب الإهتلاك من القانون التالي:

الإهتلاك = قيمة الأصل / العمر الإنتاجي (kadam,2000) والجدول رقم (4) يوضح ذلك.

الجدول (4). الإهتلاك السنوي للأصول الرأسمالية مقدراً باليورو

نوع الأصل الرأسمالي	القيمة	العمر الاقتصادي	قيمة الإهتلاك السنوي
الألواح الكهروضوئية	148500	25	5940
القواعد	16000	25	640
العواكس	27000	25	1080
موازنة النظام	38400	25	1536
الأعمال الهندسية	19000	25	760
مجموع الإهتلاك السنوي			9956

المصدر: { matn alssahil station ,2019 }

ثانياً. التكاليف المتغيرّة لعام 2019:

بلغت رواتب وأجور العمال خلال سنة (2019) كلفة إجمالية قدرها (3) ملايين ليرة سورية والجدول رقم (5) يوضح توزيع هذه الرواتب والأجور

الجدول (5). رواتب وأجور العمال خلال عام (2019) مقدرة بالليرة السورية.

البيان	التكلفة الشهرية	التكلفة لعام 2019
مشرف المحطة	100000	1200000
عامل تنظيف الألواح	50000	600000
حارس المحطة	50000	600000
عامل الصيانة	50000	600000
المجموع	250000	3000000

المصدر: { matn alssahil station ,2019 }

وهنالك تكاليف تشغيلية أخرى كانت على الشكل التالي:

- فواتير مياه بلغت 50000 ل.س خلال العام 2019.
- بدل إيجار للأرض بلغ 1800000ل.س عن عام 2019. باجره شهرية بلغت 150000 ل.س.
- مواد استهلاكية بقيمة 50000.

وبالتالي بلغت إجمالي تكاليف التشغيل والصيانة لعام (2019) مبلغاً إجمالياً قدره (4) ملايين وتسعمائة ألف ليرة سورية مفصلة بالجدول رقم (6).

الجدول (6). تكاليف التشغيل والصيانة لعام 2019، مقدرة بالليرة السورية وباليورو

البيان	التكلفة السنوية بالليرة السورية	التكلفة مقدرة باليورو
رواتب وأجور العمال	30000000	6000
إيجار الأرض	1800000	3600
فواتير المياه	50000	100
مواد استهلاكية	50000	100
المجموع	4900000	9800

المصدر: { matn alssahil station ,2019 }

ثالثاً. الإيرادات:

بلغت كمية الكهرباء المستجرة خلال عام (2019)، والمباعة بالكامل للشبكة العامة للكهرباء، (455000 كيلو واط ساعي)، وبلغت قيمة الفواتير المدفوعة للمحطة من قبل وزارة الكهرباء **48230** يورو. حيث كانت التعرفة **0.106** يورو لكل كيلو واط ساعي.

رابعاً. المؤشرات الاقتصادية:

من أجل التقييم الاقتصادي للمحطة المدروسة لعام 2019 تم اختيار عدد من المؤشرات الاقتصادية، كحساب مؤشر الكفاءة الاقتصادية، معامل الربحيّة بالنسبة لرأس المال المستثمر، زمن استرداد رأس المال، الربح السنوي الصافي، كلفة إنتاج الكيلو واط الساعي.

✓ **الكفاءة الاقتصادية:**

$$\text{الكفاءة الاقتصادية} = \frac{\text{الإيرادات الإجمالية}}{\text{التكاليف المتغيرة} + \text{الإهتلاك السنوي}} \quad \text{(kadam,2000)}$$

$$\text{الكفاءة الاقتصادية} = \frac{48230}{9950 + 9800} = \frac{48230}{19750}$$

الكفاءة الاقتصادية = **2.4** وهو مؤشر ممتاز، لأنه أكبر من الواحد بكثير.

✓ **معامل الربحيّة بالنسبة لرأس المال المستثمر:**

معامل الربحية بالنسبة لرأس المال المستثمر=(kadam,2000 $\frac{\text{اجمالي الربح المحقق}}{\text{رأس المال المستثمر}} \times 100$).

$$\text{معامل الربحية بالنسبة لرأس المال المستثمر} = \frac{38430}{248900} \times 100$$

معامل الربحية بالنسبة لرأس المال المستثمر = 33.5% أي إنَّ فائدة راس المال الذي دُفع لإقامة المحطة الكهروضوئية في متن الساحل هي (33%). وهي أكبر بكثير من الفائدة المحددة من قبل المصرف المركزي في الجمهورية العربية السورية هي (9.5) %، والفائدة على الودائع في المصارف العالمية تتراوح بين (9–12) %، أي أنَّ استثمار المبلغ في هذا المشروع يعود بمردود أكبر بكثير فيما إذا وضع المبلغ في أحد المصارف.

✓ **زمن استرداد رأس المال:**

تطلب تجهيز المشروع تكاليف استثمارية بمبلغ (248900 يورو)

$$\text{زمن استرداد رأس المال} = \frac{\text{مجموع التكاليف الاستثمارية}}{\text{الربح الصافي السنوي}} \quad \text{(kadam,2000)}$$

علماً أن:

مجموع التكاليف الاستثمارية = التكاليف الرأسمالية الثابتة + تكاليف الإنتاج السنوية (kadam,2000).

$$\text{زمن استرداد رأس المال} = \frac{248900 + 9800}{38430}$$

زمن استرداد رأس المال = **6.7 سنة.** وهو ما يتوافق مع الباحثة (حبيب،2019)، وبالتالي فهو زمن قصير نسبياً مقارنةً مع العمر الإنتاجي للمحطة البالغ (25) سنة.

✓ **الربح السنوي الصافي:**

الربح السنوي الصافي = الايرادات الإجمالية السنوية – التكاليف الإجمالية السنوية(kadam,2000).

الربح السنوي الصافي = 48230 – 9800

الربح السنوي الصافي = 38430 يورو

✓ **كلفة إنتاج الكيلو واط الساعي:**

$$\text{كلفة إنتاج الكيلو واط الساعي} = \frac{\text{التكاليف الإجمالية السنوية}}{\text{كمية الإنتاج السنوي}} \quad \text{(kadam,2000)}$$

$$\text{كلفة إنتاج الكيلو واط الساعي} = \frac{9800}{455000}$$

كلفة إنتاج الكيلو واط الساعي = **0.021 يورو**.

ومن خلال المؤشرات المحسوبة (الكفاءة الاقتصادية–معامل الربحية بالنسبة للرأس المال المستثمر–زمن استرداد رأس المال) نجد أنَّ فرضية البحث قد تحققت.

- **قائمة البحوث المقترحة:**

- Are rooftop photovoltaic systems a sustainable solution for Europe? A life cycle impact assessment and cost analysis
- Optimization and life-cycle cost of health clinic PV system for a rural area in southern Iraq using HOMER software
- Life cycle cost assessment of building integrated photovoltaic thermal (BIPVT) systems

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

❖ مؤشر الكفاءة الاقتصادية**2.4** أي إنَّ الكفاءة الاقتصادية للمشروع ممتازة.

❖ معامل الربحية بالنسبة لراس المال المستثمر **33 %**، وهي أعلى بكثير من الفائدة المتعارف عليها في المصارف سواءً المحلّية أو العالمية وهذا ما يؤكد ربحية هذا النوع من الاستثمارات.

❖ يستطيع هذا المشروع استرجاع رأس ماله خلال**6.7** سنة، وهي فترة جيّدة كون العمر الاقتصادي للمشروع هو **25**عاماً.

❖ الربح السنوي الصافي لعام2019 كان 38430يورو.

❖ كلفة انتاج الكيلو واط الساعي **0.02** يورو.

التوصيات:

❖ بما أن التكنولوجيا الكهروضوئية دخلت حديثاً الى الجمهورية العربية السورية (أقل من 10 سنوات)، يجب نشر ثقافة الطاقات المتجددة بما لها من أثر ايجابي على البيئة عن طريق قروض ميّسرة طويلة الأجل للتخلص من مشكلة انقطاع التيار الكهربائي.

❖ ضرورة استثمار القطاع الخاص في هذا المجال بسبب العائد الاقتصادي الكبير وقلة المخاطر التي تحيط به، وخصوصاً في ظل الدعم الحكومي المقّدم.

❖ المحافظة على نظافة الألواح، لأن الغبار يؤثر على إنتاجيتها اعتماد أنظمة التتبع الشمسية مما يزيد كفاءة الألواح وبالتالي المردود الاقتصادي.

References:

AGUILAR, L . *F.easibility Study of Developing Large Scale Solar PV Project in Ghana: An Economical Analysis***.** Master's thesis, Department of Energy and Environment Faculty of Electric Power Engineering, Chalmers, Sweden: University of Technology. 2015, 89.

Agrawal, B.; Tiwari, G.N. *Life cycle cost assessment of building integrated photovoltaic thermal (BIPVT) systems*. Journal of Energy and Buildings. Vol .42 ,2010, 1472–1481.

Al-Karaghouli, A.; Kazmerski, L.L. *Optimization and life-cycle cost of health clinic PV system for a rural area in southern Iraq using HOMER software*. Journal of Solar Energy. Vol .84 ,2010, 710–714

AL-MOHAMAD, A. *Renewable energy resources in Syria*. Journal of Renewable Energy. N^{o} .24, 2001, 365–371.

AlRWASHDE H, S.; AMMARI, H. *Life cycle cost analysis of two different refrigeration systems powered by solar energy*. Journal of Case Studies in Thermal Engineering. N^{o}. 16 , 2019, 100559.

CHOWDHURY, Md. *et al. An overview of solar photovoltaic panels' end-of-life material recycling*. Journal of Energy Strategy Reviews. N^{o}. 27, 2020, 100431.

HABIB, L. *A technical and economic study for a 300 kW photovoltaic station in Homs Governorate***.** Master's thesis, Department of Electric Power Engineering, Homs, Syria: Al-Baath University. 2019, 81.

KADAM, M. *Agriculture Economy: intellectual studies* **.**1st, ed., Ministry of culture, Syria,2000, P 415.

Kazem, H. A.; Albadi, M.H.; Al-Waeli,Ali H.A.;Al-Busaidi,Ahmed H.;Chaichan, Miqdam T.*Techno-economic feasibility analysis of 1 MW photovoltaic grid connected system in Oman*. journal of Case Studies in Thermal Engineering. N^{o} .10 ,2017, 131–141.

Matn Alssahil Station ,2019.

MARTINOPOULOS, G. *Are rooftop photovoltaic systems a sustainable solution for Europe? A life cycle impact assessment and cost analysis.* journal of Applied Energy. Vol .275 ,2020 ,114035.

NDWALI, K.; NJIRI, J.; WANJIRU, E. *Multi-objective optimal sizing of grid connected photovoltaic battery less system minimizing the total life cycle cost and the grid energy*. Journal of Renewable Energy.2019, doi: https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.10.065.

RAD, M.: TOOPSHEKAN, A.; RAHDAN, P.; KASAEIAN, A. and MAHIAN, O. *A comprehensive study of techno-economic and environmental features of different solar tracking systems for residential photovoltaic installations*. Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol .129 ,2020 ,109923.

SHUHRAWARDY, M.; AHMMED, T. *The feasibility study of a grid connected PV system to meet the power demand in Bangladesh - A case study*. American Journal of Energy Engineering. U.S. A, Vol .2, N^{o}. 2, 2014, 59-64.

TAUBE, W. R.; KUMAR, A.; SARAVANAN, R.; AGARWAL, P. B.; KOTHARI, P.; JOSHI, B. C.; KUMAR, D. *Efficiency enhancement of silicon solar cells with silicon nanocrystals embedded in pecvd silicon nitride matrix*. Solar Energy Materials & Solar Cells.Vol.101, N^{o}. 6, 2012, 32-35.

TURNEY, D. and FTHENAKIS, V. *Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants*. Renewable and Sustainable Energy Reviews.Vol.15, 2011, 3261–3270.

Tartous Electricity Directorate, 2019.

WIKIPEDIA, History of matn alssahil, 2019, 3,Oct,2020. https://ar.m.wikipedia.org .

Wu, z.; Tazvinga, H.: Xia, X. *Demand side management of photovoltaic-battery hybrid system*. journal of Applied Energy. Vol .148 ,2015, 294–304.

XOUBI, N. *Viability of a Utility-Scale Grid-Connected Photovoltaic Power Plant in the Middle East***.** Journal of Applied Sciences.Vol. 15, N^{o} .11,2015,1278-1287.