

RESEARCH ARTICLE

RENEWABLE ENERGY

Optimum Number of Glass Covers of Thermal Flat Plate Solar Collectors

Yasser F. Nassar¹  , Mohamed T. Almehtdi^{1*}  , Osama M. Abushagura²  

¹Research Center for Renewable Energy and Sustainable Development, Wadi Alshatti University, Brack, Libya

²Mechanical and Aerospace Engineering, Carleton University, Ottawa, Ontario, Canada

ARTICLE HISTORY

Received Day Month Year
Revised Day Month Year
Accepted Day Month Year
Online Day Month Year

KEYWORDS

Not less than 3 words;
Optical efficiency;
Thermal performance;
Not more than 7 words.

ABSTRACT

About 250 Words, time new roman, 10pt and normal. The framework of Libya's pursuit to harness solar energy and integrate it into the national energy mix, surpassing a 50% contribution from renewable energies by 2050, this study focuses on the optimal utilization of solar energy, both photovoltaic and thermal, along with wind energy. The research presents an exemplary design for flat solar collectors, emphasizing the requisite number of transparent covers to achieve optimal thermal performance. Simulations were conducted under specified weather conditions, including solar irradiance of 100W/m², ambient air temperature of 30°C, and wind speed of 3m/s. Operating conditions were set at a flow rate of 100m³/h, with the inlet air temperature equal to the ambient air temperature. The efficiency equation provided by the manufacturer, a linear function considering the fluid inlet temperature, ambient air temperature, and solar irradiance on the inclined collector surface at a 30° angle south, was adopted. Consequently, a novel design for flat solar collectors, incorporating both air and water channels.

العدد الأمثل للأغطية الزجاجية لمجمعات الطاقة الشمسية الحرارية المسطحة

اسم المؤلف ثم اللقب¹، اسم المؤلف ثم اللقب^{1*}، اسم المؤلف ثم اللقب²

المصطلح	الكلمات المفتاحية
في إطار سعي الدولة الليبية لاستغلال الطاقة الشمسية وادخالها في مزيج الطاقة المنتجة في البلاد ليتعدى نصيب مساهمة الطاقات المتجددة أكثر من 50% في عام 2050، والذي سيكون من خلال الاستخدام الأمثل للطاقة الشمسية (طاقة فوتوثنوية وطاقة حرارية) وكذلك طاقة الرياح. قدمت هذه الدراسة التصميم المثالي للمجمعات الشمسية المسطحة من حيث عدد الاغطية الشفافة اللازمة لتحقيق أفضل أداء حراري للمجمع الشمسي المسطح. تمت المحاكاة عند الظروف الجوية المفروضة من شدة اشعاع شمسي 100W/m ² ودرجة حرارة الهواء الجوي 30°C وسرعة رياح 3 m/s، وكانت الظروف التشغيلية عند معدل تدفق 100 m ³ /h، ودرجة دخول الهواء الى المجمع مساوية لدرجة حرارة الهواء الجوي، وأعمدت معادلة الكفاءة الواردة من المصنّع، والتي كانت دالة خطية في الظروف الجوية والمتمثلة في درجة حرارة دخول المانع، ودرجة حرارة الهواء الجوي، وشدة الاشعاع الشمسي الساقط على سطح المجمع المائل بزاوية 30° جنوبا. وعليه تم اقتراح تصميم جديد للمجمعات الشمسية المستوية بشقيها الهوائي والمائي حيث تم تمثيلها في فترات فرق درجات حرارة الصفيحة الماصة والهواء الجوي وكانت كالتالي: الفترة (C°0-5) بدون غطاء، الفترة (C°5-40) غطاء واحد، الفترة (C°40-85) غطائين، الفترة (C°85-140) ثلاثة أغطية، الفترة (C°140-180) أربعة أغطية، الفترة (<180°C) خمسة أغطية. تم تطبيق هذا التوزيع على مجمع شمسي مسطح حول 5m وكانت النتيجة كالتالي: المسافة (0m-0.1) تكون بدون غطاء، المسافة (0.1m-2.3) تكون بغطاء واحد، المسافة (2.3m-3.9) تكون بغطائين، وأخيرا المسافة المتبقية (3.9m-5.0) تكون بثلاثة أغطية.	الطاقة الشمسية المجمعات الشمسية المسطحة الكفاءة الكفاء البصرية الاداء الحراري العدد المثالي للأغطية الشفافة المناقشة

المقدمة

باريس للتغير المناخي، والحد من انبعاث الغازات الدفينة وتلطيف أثارها السلبية على البيئة، والمحافظة على الموارد الطبيعية للبلاد، والامداد الامن والمستدام للطاقة الكهربائية. ويمكن تحقيق هذه الاهداف الاستراتيجية عن طريق استغلال الطاقات المتجددة المتوفرة [2-4]، والالتزام بتحقيق أعلى كفاءة للطاقة في الانتاج والاستهلاك [5].
وكون ليبيا تقع في منطقة "الحزام الشمسي" والتي يفضل فيها الاستخدامات الحرارية للطاقة الشمسية [6]، حيث يصل المجموع اليومي للإشعاع الشمسي الافقي حوالي 7.1 kWh/m²/day على الساحل وحوالي 8.1 kWh/m²/day على الجنوب [7]، كما

تنفيذا للخطة الاستراتيجية للحكومة الليبية للثلاثين سنة القادمة (2020-2050)، والتي تقضي بزيادة مساهمة الطاقات المتجددة والصدقية للبيئة في مزيج الطاقة الكهربائية المنتجة لعام 2050 ليتعدى النصف، وسيتم ذلك بالاستخدام الأمثل للطاقة الشمسية (طاقة كهربائية وطاقة حرارية) وكذلك طاقة الرياح [1]. يأتي ذلك في سبيل تحقيق عدة اهداف منها: الوفاء بالتزامات الدولة الليبية نحو المجتمع الدولي وما تم الاتفاق عليه في مؤتمر

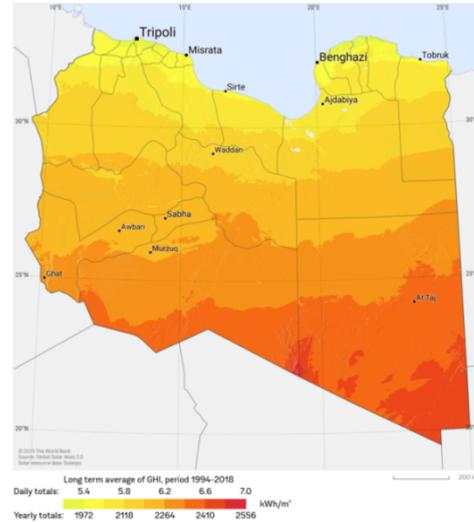
*Corresponding author

https://doi.org/10.63318/waujpasvXiY_ZZ

من اجمالي الطاقة الكهربائية المنتجة، على التوالي)، كما هو موضح بالشكل (2)، وبالتالي فان استخدام المنظومات الشمسية الحرارية لتسخين المياه ونسبة تغطية 80% [5]، يمكن أن توفر على الشركة العامة للكهرباء ما يقدر بحوالي 511,617 MW CO₂ [11]، وهذا بدوره سيحول دون اطلاق كمية كبيرة من غاز ثاني اكسيد الكربون 148,870 طنا من زيت الديزل، وسيتم توفير ما قيمته 37.736 مليون دولار في السنة تكلفة الضرر البيئي الناجم عن انبعاثات CO₂ [12].

محلياً، ناقشت العديد من الدراسات سبل تحسين الأداء الحراري لمنظومات التسخين الحرارية الشمسية [13-19]، والتحليل الحراري لمثل هذه المنظومات موقف في معظم كتب الطاقة الشمسية [20, 21]. تعتبر المجمعات الشمسية السنوية من أكثر المجمعات شيوعاً واستخداماً في التطبيقات المنزلية مثل تسخين المياه والتدفئة، وذلك لبساطة تصميمها، ورخص ثمنها، وعدم احتياجها إلى صيانة كبيرة، وتعمل بكفاءة تصل في المعدل إلى 70%. كما أنها تتميز عن غيرها من الأنواع الأخرى من المجمعات الشمسية، بأنها تقوم بتحويل كل من الأشعة المباشرة والمنتشرة بنفس الكفاءة. هذه المجمعات ضرورية لتحرير صناعة الطاقة الحرارية في القطاع المنزلي من الكربون والتحول نحو الطاقات الصديقة للبيئة. فقد بلغت قيمة الاستثمارات في سوق المجمعات الحرارية الشمسية في عام 2022 حوالي 25.84 مليار دولار، ومن المتوقع أن ينمو السوق إلى 44.73 مليار دولار في عام 2030، بمعدل نمو سنوي يبلغ 8.15%. حيث شهد عام 2020 نمواً بنسبة 36% عن عام 2015، وبلغت القدرات الحرارية المركبة حول العالم للمجمعات الشمسية السنوية حوالي 6,479 ميجاوات. وتعد الصين وألمانيا والدنمارك من أكبر المستثمرين في هذه

الصناعة [22]. للأسف لا توجد أي معلومات حول القدرات الحرارية المركبة في ليبيا! تتكون المجمعات الشمسية السنوية (كما هو مبين في الشكل 3) من خمسة عناصر رئيسية: الغطاء الشفاف والذي يسمح بمرور الأشعة الشمسية من خلاله ويقفل من الفقد الحراري من أعلى المجمع، ويمكن أن يكون غطاء واحد أو عدة أغشية (وهو يمثل مشكلة البحث الحالي). الصفيحة الماصة والتي تمتص الطاقة الشمسية وتنقلها كطاقة مفيدة إلى المانع العامل. قناة مرور المانع والتي يمر فيها المانع العامل. والطبقة العازلة الخلفية لتقليل فقدان الحرارة من أسفل المجمع. والصندوق الذي يجمع كافة هذه العناصر ولذي يمكن أن يكون من الخشب أو الألمونيوم. ينعكس وينتقل ويمتص الإشعاع الشمسي الساقط على سطح المجمع الشمسي عن طريق الغطاء/الأغشية الشفافة واللوح الماصة بمعدلات متفاوتة تحدد الكفاءة البصرية للمجمع الشمسي. يتم تحديد الخصائص البصرية مثل: النفاذية، الانعكاسية، الامتصاصية والانبعاثية للمجمع بواسطة سمك (L)، معامل الانكسار (n)، ومعامل الخمود (k). وهي دالة في الطول الموجي للضوء وزاوية سقوط الأشعة الشمسية [20].

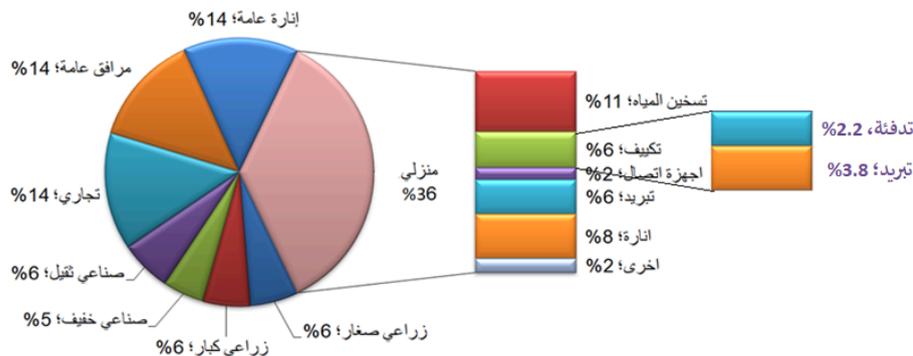


الشكل 1: المتوسط السنوي للإشعاع الشمسي الكلي اليومي

[Source: solargis.com/maps-and-gis-data/download/libya]

تتم أهمية الدراسة في أن احتمالات التدفئة وتسخين المياه تشكل ما يقرب من نصف الطاقة المستهلكة في المباني. ويعد الحفاظ على دافئ المنازل في الشتاء

وتوفير الماء الساخن لتلبية الاحتياجات الصحية من خدمات الطاقة الأساسية. في ليبيا، يعتبر قطاع صناعة الطاقة الكهربائية الأكثر استهلاكاً للنفط (71 مليون برميل في العام) والأكثر تلوثاً من باقي القطاعات الأخرى (35.5%) من مجموع انبعاثات غاز CO₂ [8]. ويستهلك القطاع المنزلي ما يقارب 36% من إنتاج الطاقة الكهربائية في البلاد، وان ما يقارب من 30% منها تستهلك في تسخين المياه [9] (أي ما يقدر بحوالي 11% من اجمالي الطاقة الكهربائية المنتجة في ليبيا) وحوالي 6% تستهلك في اجهزة تكييف الهواء - 2.22% للتدفئة و3.78% للتبريد [10] (أي ما يقدر بحوالي 0.8% و1.4%



الشكل 2: توزيع استهلاك الطاقة الكهربائية في ليبيا

الخصائص الفنية والبيانات المناخية

يمثل الجدول (1) الخصائص الفنية والبيانات المناخية المستخدمة في هذا البحث

الجدول 1: الخصائص الفنية للمجمع الشمسي الهوائي تحت الدراسة

المعلومة	البيان
BlueClean	نوع المجمع الشمسي
تشانغشو - الصين	بلد المنشأ
5060 × 1060 × 90	أبعاد المجمع الشمسي، mm
5000 × 1020 × 1.0	أبعاد الصفيحة الماصة، mm
5010 × 1028 × 3.2	أبعاد الغطاء الشفاف، mm
24mm	المسافة الفاصلة بين الصفيحة الماصة والغطاء الشفاف

24mm	المسافة الفاصلة بين الاغشية الشفافة
20mm	عمق قناة الهواء ($d_{channel}$)
401 W/mK	الموصلية الحرارية للصفيحة الماصة (k_p)
ألمونيوم	معدن الصفيحة الماصة
الكروم الأسود الانتقائي	طلاء سطح الصفيحة الماصة
0.95	امتصاصية الصفيحة الماصة (α)
0.11	انبعاثية الصفيحة الماصة (ϵ_p)

النتائج والمناقشة

يمثل الشكل 4 علاقة الكفاءة البصرية مع زاوية سقوط الأشعة الشمسية لمجمعات شمسية بعدة أغشية شفافة ولعدة معاملات انكسار عند سمك الأغشية الزجاجية يساوي 3.2mm

والتي تسعى دائما لتقليل زاوية سقوط الأشعة الشمسية [47]. وبطبيعة الحال كلما زادت

والمائي حيث تم تمثيلها في فترات فوق درجة حرارة الصفيحة الماصة والهواء الجوي وكانت كالتالي: الفترة (5-0°C) بدون غطاء، الفترة (40-5°C) غطاء واحد، الفترة (85-40°C) غطائين، الفترة (140-85°C) ثلاثة أغطية، الفترة (180-140°C) أربعة أغطية، الفترة (<180°C) خمسة أغطية. إثر هذه الدراسة التحليلية، تم وضع خطة بحثية مستقبلية والتي تتضمن:

1. إجراء تجربة عملية للتحقق من صلاحية التحليل العددي تحت ظروف معملية محددة من شدة اشعاع شمسي ودرجة حرارة الهواء المحيط وكذلك معدلات مختلفة من تدفق ودرجات حرارة دخول المائع.
2. إجراء محاكاة باستخدام برنامج المحاكاة الديناميكي Transient System ((Simulation Tool TRNSYS

Author Contributions: "All authors have made a substantial, direct, and intellectual contribution to the work and approved it for publication."

Funding: "This research received no external funding."

Data Availability Statement: "No data were used to support this study."

Conflicts of Interest: "The authors declare that they have no conflict of interest."

Acknowledgments: "The authors would like to express their appreciation to the Research Center for Renewable Energy and Sustainable Development, Wadi Alshatti University, Brack-Libya, for their support during the study."

References

- [1] Y. Nassar, H. El- Khozondar, N. Abohamoud, A. Abubaker, A.

الاعطية الزجاجية قلت النفاذية وكلما قل معامل الانكسار زادت النفاذية.

الشكل 4: علاقة نفاذية الاغطية الزجاجية مع زاوية سقوط الاشعة الشمسية لعدد من الاغطية الشفافة ولعدد من معاملات الانكسار

تم في هذا البحث محاكاة الاداء الحراري لمجمع شمسي مسطح هوائي بطول 5m وبمعدل تدفق الهواء 100m³/h، تحت الظروف الجوية من اشعاع شمسي قدره 1000W/m² ودرجة حرارة الهواء الجوي 30°C وسرعة الرياح 3m/s، وذلك لتحديد العدد الأمثل من الاغطية الشفافة للحصول على أفضل كفاءة للمجمع. تبين من خلال التحليل أن عدد الأغطية يعتمد بصورة كبيرة على درجة حرارة الصفيحة الماصة وعلى درجة حرارة الهواء الجوي. وعليه تم اقتراح تصميم جديد للمجمعات الشمسية المسطحة بشقيها الهوائي

- Ahmed, A. Alsharif and M. Khaleel, "Regression Model for Optimum Solar Collectors' Tilt Angles in Libya," in The 8th International Engineering Conference on Renewable Energy & Sustainability (ieCRES 2023), Gaza Strip, Palestine, May 8-9, 2023.
- [2] M. Andeef, K. Bakouri, B. Ahmed, A. Gait, F. El-Batta, F. Foqha and H. Qarqad, "The Role of Renewable Energies in Achieving a More Secure and Stable Future," International Journal of Electrical Engineering and Sustainability (IJEES), vol. 1, no. 2, pp. 11-23, 2023.
- [3] K. Moumani, "Management of Sustainable Development in the Light of Arab and International Cooperation, a Case Study of the Arab Vision of Management of Sustainable Development," Wadi AlShatti University Journal of Pure and Applied Sciences, vol. 1, no. 1, pp. 1-8, 2023.