Alq J Sci. 2025;1(2):134-146
https://doi.org/10.69667/ajs.25203
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

التحليل الجيوميناخي لأداء الألواح الشمسية الكهروضوئية (500 واط) في قصر بن غشير، ليبيا

أسامة محمد رشيد* , علي إمحمد المجاهد
كلية التربية، جامعة طرابلس، قصر بن غشير، ليبيا
osamarashed13@gmail.com

المستخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل أداء الألواح الشمسية الكهروضوئية بقدرة 500 واط في منطقة قصر بن غشير بليبيا، مع التركيز على تأثير العوامل المناخية والفيزيائية على كفاءة إنتاج الطاقة. تم اعتماد منهجية شاملة تضمنت التحليل المناخي والجغرافي، جمع البيانات الميدانية، واستخدام برنامج PVsyst لإجراء المحاكاة الحاسوبية. بينت النتائج وجود تباين موسمي واضح في معدلات الإنتاج، حيث سُجلت أعلى مستويات الأداء خلال فصلي الربيع والخريف، في حين لوحظ انخفاض في الكفاءة بمعدل 0.45% لكل درجة حرارة تتجاوز 25 درجة مئوية. كما أظهرت النتائج أن تراكم الغبار يؤدي إلى خسارة مباشرة في الإنتاجية تتراوح بين 15% و30%. وتوصّلت الدراسة إلى أن شهري أبريل ومايو يمثلان أفضل فترات التشغيل من حيث الظروف المناخية الملائمة. وتضمنت التوصيات مجموعة من الحلول لتحسين الأداء، مثل تطبيق أنظمة تبريد فعالة، اعتماد برامج تنظيف دورية، وتحسين معايير تركيب الألواح.

الكلمات المفتاحية: الطاقة الشمسية، الألواح الكهروضوئية، قصر بن غشير، التحليل المناخي، كفاءة الطاقة.

Abstract

This study assesses the performance of 500-watt photovoltaic solar panels in the Qasr bin Ghashir region of Libya, with a particular focus on the influence of climatic and physical factors on energy production efficiency. The research employed a comprehensive methodology that integrates geographical and climatic analysis, systematic data collection, and computer simulations using PVsyst software. The findings indicate significant seasonal variations in productivity, with peak performance occurring during the spring and autumn months. Additionally, the efficiency of the panels was found to decrease by 0.45% for each degree Celsius above 25°C. The accumulation of dust on the panels resulted in immediate losses in productivity, ranging between 15% and 30%. April and May were identified as the optimal months for solar energy production, owing to the favorable climatic conditions. The study proposes several practical recommendations for enhancing system performance, including the implementation of cooling systems, periodic cleaning programs, and the development of standardized installation protocols.

Keywords: *Solar Energy, Photovoltaic Panels, Qasr bin Ghashir, Climatic Analysis, Energy Efficiency.*

المقدمة

تعد عناصر المناخ عاملاً مهماً في نجاح منظومات الطاقة الشمسية الكهروضوئية وكفاءة عملها، إذ تعتمد تلك المنظومات على ضوء الشمس كمصدر أساسي لتوليد الكهرباء، لهذا فأن الظروف المناخية إما أن تكون إيجابية أو سلبية في معدلات أداء الألواح الشمسية وكمية الإنتاج المتوقع، فكثير من عناصر المناخ لها تأثير على الإشعاع الشمسي إما أن يكون ذلك بشكل مباشر أو غير مباشر، فالحرارة المثلى لكفاءة الألواح الشمسية الكهروضوئية تكون عند درجة حرارة 25°م وتسمى NOCT (Nominal operating cell temperature) فإذا ما تعدت الحرارة ذلك المعدل أو انخفضت عنه، تبدأ الكفاءة في التناقص تدريجياً [1]، فالألواح الشمسية الكهروضوئية مصممة لتحويل الطاقة الشمسية وليس الحرارية، وكذلك للغيوم تأثير كبير على كفاءة المنظومات الكهروضوئية إذ تعتمد بشكل مباشر على الإشعاع الشمسي في توليد الكهرباء، فالغيوم (السحب) عندما تغطي السماء بشكل كلي أو جزئي يؤدي ذلك إلى تقليل كمية الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض مما يؤدي إلى الانخفاض في كفاءة النظام وبالتالي تناقص كمية الإنتاج المتوقعة، وهكذا بالنسبة للعناصر الأخرى، فلكل عنصر له تأثيره على الألواح الكهروضوئية، ومن هذا المنطلق قرر الباحثان معرفة ما مدى ملائمة الظروف المناخية، إلى جانب التعريف بأنواع المنظومات الكهروضوئية والسوفت وير المستخدم في هذا التقييم والذي يتم من خلال إدخال بيانات المنظومة الشمسية ومعدلات البيانات المناخية، المناخية والخروج بنتائج من شأنها أن تشجع المستثمرين في مجال الطاقة في حال كانت النتائج إيجابية.

Copyright *Author (s) 2025. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0*
Received*: 29-06-2025 -* ***Accepted****: 27-08-2025 -* ***Published****: 03-09-2025*

Alq J Sci. 2025;1(2):134-146
https://doi.org/10.69667/ajs.25203
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

مشكلة الدراسة

مع التوجه العالمي المتزايد نحو الاعتماد على الطاقة الشمسية كأحد مصادر الطاقة المتجددة، زاد من التحديات في مجال استثمارها، ولعل أهم هذه التحديات هي العوامل المناخية، حيث تؤثر تغيراتها مثل درجات الحرارة وتراكم الغبار والتغيم إلى تأثيرات سلبية على أداء وكفاءة أنظمة الطاقة الكهروضوئية ومن يأتي التحدي الرئيسي. ولتوضيح مشكلة البحث بدقة، يمكن طرحها في التساؤل التالي:

1. هل للمناخ بعناصره المختلفة كالحرارة والإشعاع الشمسي والغبار تأثيرات على الأداء التشغيلي للألواح الشمسية في قصر بن غشير؟

الفرضيات

الفرض العلمي حل مقترح لمشكلة البحث. وتعرف بأنها التكهنات التي يضعها الباحثون لمعرفة الصلات بين الأسباب والمسببات [2]. ولهذا الغرض تمّ قياس الفرضيات وتحديد مدى إمكانية قبولها أو رفضها:

1. كفاءة الألواح الكهروضوئية أضعف ما تكون عليه صيفاً، عن بقية الفصول الأخرى.
2. تؤثر الأمطار بشكل ثنائي الاتجاه (إيجابي وسلبي) على أداء الألواح عبر تنظيفها من الغبار، والثاني التقليل من كفاءتها عبر تشتيت الإشعاع الشمسي.
3. تختلف أداء الأنظمة الكهروضوئية بشكل قطعي تبعاً لتباين ساعات السطوع الشمسي الفعلية.

أهداف البحث

تهدف الدراسة إلى ما يلي:

1. تحديد أكثر العوامل المناخية تأثيراً على كفاءة منظومات الطاقة الكهروضوئية.
2. الوصول إلى أهم المتطلبات الفنية والتقنية لتصميم أنظمة الطاقة الكهروضوئية بحيث تكون ملائمة للظروف المناخية للمنطقة وأكثر جودة في الأداء والإنتاج.

المنهجية وأدوات الدراسة

لأغراض هذه الدراسة، تمّ الاعتماد على أكثر من منهج وأداة. وكان من بينها، المنهج الوصفي وذلك عند تحليل البيانات المتعلقة بعناصر المناخ واستخلاص معدلاتها الشهرية والفصلية والسنوية، إلى جانب استخدام المنهج الرياضي وذلك لتحديد العلاقة بين التغيرات المناخية والأداء الفعلي للأنظمة الشمسية باستخدام نماذج رياضية تحليلية، بالإضافة إلى استخدام برنامج محاكاة مختصة على الحاسوب (PV SYST) وهو من أشهر برامج تصميم ومحاكاة مختلف أنظمة الطاقة الشمسية [3]. كما اعتمدت الدراسة على جمع البيانات المتعلقة بالعوامل المناخية والتي تمثلت في عناصر – الحرارة – الإشعاع الشمسي ومستوياته – الغبار.

أهمية البحث

تكمن أهمية الدراسة في المساهمة لتعزيز دعم التحول نحو الطاقة المتجددة كمصدر نظيف ومستدام، كما تساعد على زيادة كفاءة الأنظمة الكهروضوئية من خلال وضع حلول فنية وتقنية تلائم الظروف المناخية السائدة بالمنطقة والتقليل من الفاقد بالطاقة، وتحقيق جدوى اقتصادية أفضل.

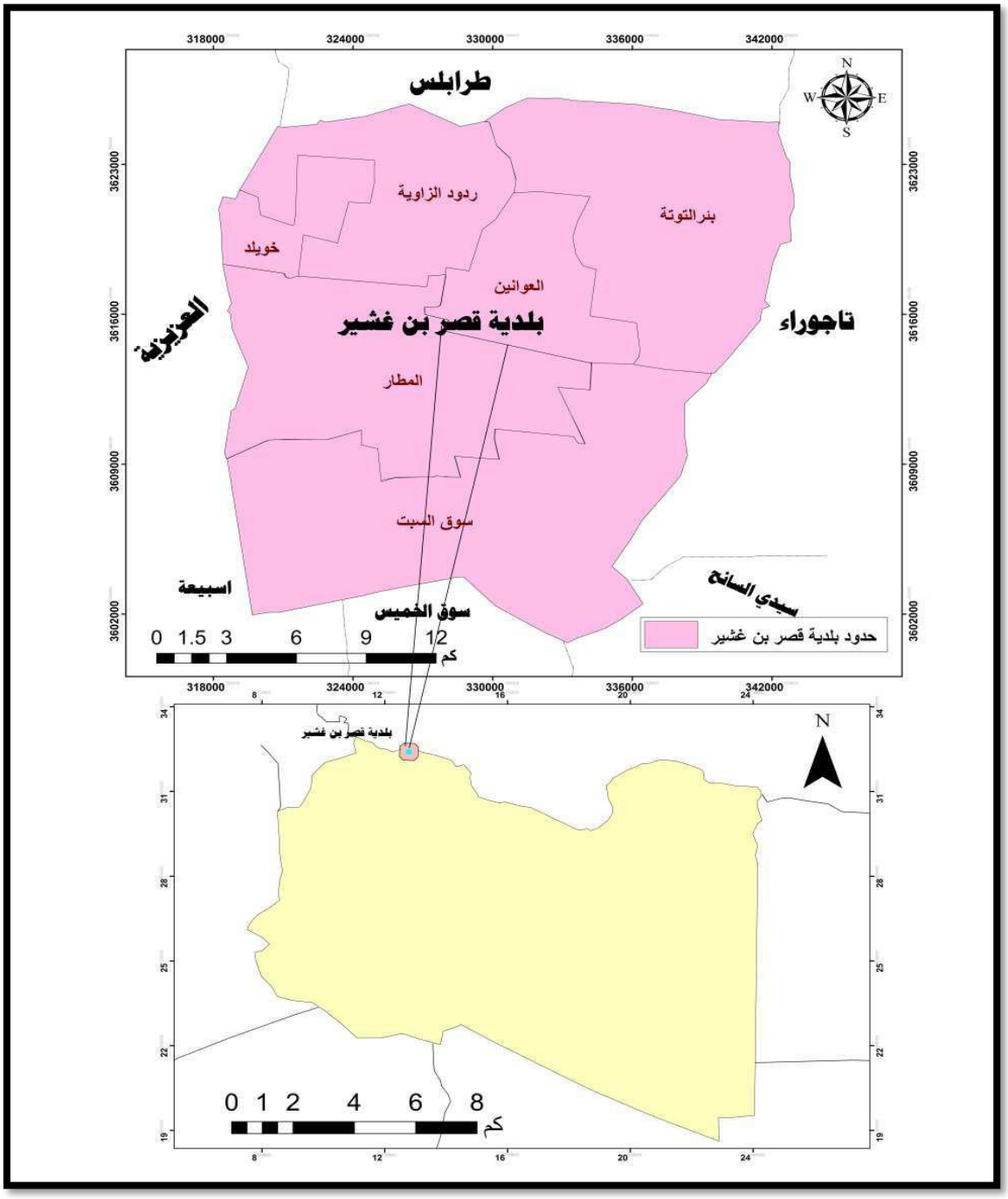
الموقع

تمثل منطقة قصر بن غشير، الواقعة في الشمال الغربي من ليبيا نموذجاً إيجابياً للتفاعل بين العوامل الجغرافية والاقتصادية والإدارية من جهة والاستثمار في مجال الطاقة من جهة أخرى، حيث تقع ضمن سهل الجفارة والذي يعد من أخصب السهول الليبية وأكثرها سكاناً وحيوية اقتصادية، وعلى بعد

Copyright Author (s) 2025. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 29-06-2025 - **Accepted**: 27-08-2025 - **Published**: 03-09-2025

Alq J Sci. 2025;1(2):134-146
https://doi.org/10.69667/ajs.25203
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

22 كم جنوب العاصمة طرابلس، مما يمنحها موقعاً استراتيجياً يربط العاصمة والمناطق الجنوبية والغربية بالبلاد، ويجعلها محوراً لوجستياً وتجارياً رئيسياً. تقع المنطقة فلكياً بين خطي طول 3,°13 ¯ و13° 51 ¯ شرقاً وبين دائرتي عرض 32° 33 ¯ و32° 43 ¯ شمالاً، وبمساحة إجمالية تبلغ 311 كم^2، وتحدها إداريا من ناحية الشمال العاصمة طرابلس ومن الشرق منطقة تاجوراء، أما جنوباً فتحدها مناطق سوق الخميس والسبيعة وسيدي السائح، ومن ناحية الغرب منطقة العزيزية والسواني.



شكل (1) موقع منطقة الدراسة

المصدر / رشا المهدي المحبس، الخصائص السكانية وآفاقها المستقبلية في بلدية قصر بن غشير، مجلة حولية كلية الآداب، جامعة بني سويف، مج 5، ج 1، 2016، ص 321.

Copyright Author (s) 2025. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 29-06-2025 - **Accepted**: 27-08-2025 - **Published**: 03-09-2025

Alq J Sci. 2025;1(2):134-146
https://doi.org/10.69667/ajs.25203
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

تبرز أهمية المنطقة كمركز اقتصادي وزراعي وسكني بفضل مناخها الملائم والذي يؤهلها بأن تكون محوراً لدراسة تطوير قطاع الطاقة الكهروضوئية وإدارة مصادر الطاقة، كما أن قربها من العاصمة واتصالها بالمناطق الحدودية لمناطق أخرى يجعلها نموذجاً مثالياً لهذا النوع من البحوث وخاصة في ظل التحديات الإدارية المعاصرة. والخريطة (1) تمثل موقع منطقة الدراسة.

تأثير العوامل المناخية على أداء الأنظمة الكهروضوئية

إن دراسة العوامل المناخية السائدة كالإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة بمنطقة قصر بن غشير وتأثيراتها المختلفة بما يشمل ارتفاع درجات الحرارة أو انخفاضها أو العواصف الرملية والرطوبة النسبية أو كمية الطاقة الفعلية المتوقعة، من الأهمية بمكان عند تصميم الألواح الشمسية، وأن أي تقصير في مراعاة تلك العوامل من شأنه أن يؤدي إلى ضعف الاستفادة من الطاقة المتاحة بهذه المنطقة. ولذلك جاء البحث بهذا المبحث والذي يمكن من خلاله توضيح بيانات الخصائص المناخية السائدة بمنطقة قصر بن غشير:

1 – الإشعاع الشمسي solar radiation

تختلف شدة الإشعاع الشمسي وكميته من مكان إلى آخر، وهذا الاختلاف ناتج عن دوران الأرض حول الشمس مرة كل 365.25 يوم ودورانها حول محورها مرة واحدة كل 24 ساعة، إذ أنه تحدث تغيرا في فصول السنة والثانية اختلاف الليل والنهار، وبذلك يؤثر كلاهما في زاوية سقوط الإشعاع الشمسي ومدته [4]. وهذا بدوره يؤثر على كمية الأشعة الضوئية الساقطة على الألواح الشمسية.

أن كمية الإشعاع الشمسي الواصل للأرض يحدده الموقع الفلكي بالنسبة لدوائر العرض بمنطقة قصر بن غشير، كنتيجة لتأثيره على ميل الأشعة الشمسية، أي كلما كان الميل أقرب بأن يكون عمودي كلما كانت كمية الأشعة أشد وذلك لصغر المساحة التي تقطعها الأشعة العمودية خلال الغلاف الجوي بالأشعة المائلة، وهذا يقلل من عملية الامتصاص والانعكاس والانتشار التي يتعرض لها الإشعاع الشمسي أثناء عبوره الغلاف الجوي [5]. وبالتالي على كفاءة انتاج الأنظمة الكهروضوئية. وبما أن منطقة الدراسة واقعة ضمن دائرة عرض 32° فأن الإشعاع الشمسي يختلف من فصل إلى آخر، ففي فصل الشتاء يكون النهار أقصر منه في فصل الصيف والعكس صحيح. بل يمتد التباين في طول النهار وقصره حتى خلال أشهر السنة، وتبعاً لذلك التباين تنخفض وتزداد ساعات السطوع الشمسي والطاقة المتوقعة منه بالواط. وهذا ما سيوضحه برنامج المحاكاة PVsyst.

وتجدر الإشارة إلى أن التوزيع الفصلي والشهري لقياس الإشعاع بالواط/م^2 الواحد الفعلي على مدار السنة، تختلف بشكل واضح، ويلاحظ من خلال الجدول (1) لبيانات الطاقة المتوقعة بالكيلو واط/ساعة/م^2 والتي تتيحها قاعدة البيانات لوكالة ناسا الدولية لعلوم الفضاء والتي يرمز لها بـ POWER اختصاراً إلى Predication of worldwide energy resources.

الجدول (1): الطاقة الشمسية المتوقعة شهرياً في قصر بن غشير

الشهر	كمية الطاقة المتوقعة (كيلوواط/ساعة/م^2/يوم)
ديسمبر	2.49
يناير	3.2
فبراير	4.02

Copyright Author (s) 2025. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 29-06-2025 - **Accepted**: 27-08-2025 - **Published**: 03-09-2025

Alq J Sci. 2025;1(2):134-146
https://doi.org/10.69667/ajs.25203
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

الشهر	كمية الطاقة المتوقعة (كيلوواط/ساعة/م^2/يوم)
مارس	5.29
أبريل	6.4
مايو	7.25
يونيو	7.6
يوليو	7.9
أغسطس	7.1
سبتمبر	5.84
أكتوبر	4.48
نوفمبر	3.61

المصدر www.predication.ofworldwide energy resources.com

أن متوسطات الإشعاع الشمسي الكلي، والطاقة المتوقعة منه كانت في أعلى معدلاتها بالفترة الممتدة من أواخر الربيع أي شهر مايو وبواقع 7.25 كيلو واط/ساعة/يوم/م^2. وحتى الشهر الأخير من فصل الصيف وذلك بشهر أغسطس على نحو 7.1 كيلو واط/ساعة/يوم/م^2، في حين كانت بشهر يونيو على نحو 7.6 كيلو واط/ساعة/يوم/م^2، أما بقية أشهر السنة فكانت متباينة في بقية فصول السنة، فسجلت شهور فصل الشتاء أدنى كميات طاقة متوقعة إذ تراوحت بين 2.94 – 3.2 – 4.02 /كيلو واط/ساعة/يوم/م^2 لكل من شهر ديسمبر – يناير – فبراير على التوالي. ويرجع ذلك إلى وقوع منطقة الدراسة تحت تأثير المنخفضات الجوية الشتوية على منطقة البحر المتوسط [6] مما ساهم في تجمع السحب والعوالق التي تحُول دون وصول الأشعة الشمسية إلى سطح الأرض، بالإضافة إلى طول فترة الليل على حساب النهار، ما جعله أقل فصول السنة استقبالاً لكميات الإشعاع الشمسي. ثمّ تلي ذلك فصل الخريف حيث ارتفعت كمية الطاقة بشكل طفيف فكانت بشهر سبتمبر على نحو 5 84.كيلو واط/ساعة/يوم/م^2، ثمّ تراجعت بشهر أكتوبر بمعدل 4.48 كيلو/واط/ساعة/يوم/م^2، لتزداد تراجعاً بشهر نوفمبر بواقع 3.61 كيلو/واط/ساعة/يوم/م^2. بينما كان فصل الربيع بمعدلات أعلى من فصل الخريف حيث تباينت خلال أشهره، حيث كانت 5.29 بشهر مارس ثمّ ارتفعت أكثر بشهر أبريل لتصل إلى 6.4 كيلو واط/ساعة/يوم/م^2 لتوصل ارتفاعها إلى نحو 7.25 كيلو واط/ساعة/يوم/م^2 خلال شهر مايو. والشكل (1) يوضح ذلك التذبذب على مدار السنة وللفترة الممتدة ما بين 2014 – 2022.

2 – درجة حرارة الهواء Temperature وتأثيرها على الألواح الكهروشمسية

تعد درجات الحرارة من أهم العناصر المناخية، حيث إنها تؤثر تأثيراً مباشراً بالعناصر الأخرى – الضغط الجوي وحركة الرياح واتجاهاتها وسرعتها، وما يرتبط بذلك من حركة السحب والتساقط، ويرجع التباين بين مناخ منطقة وأخرى إلى التباين الحاصل في درجات الحرارة [7]. ويقصد بالمعدلات

Copyright Author (s) 2025. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 29-06-2025 - **Accepted**: 27-08-2025 - **Published**: 03-09-2025

Alq J Sci. 2025;1(2):134-146
https://doi.org/10.69667/ajs.25203
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

الشهرية لدرجة حرارة الهواء بأنها متوسط المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة المتباينة خلال السنة، وتحسب بجمع متوسطات الحرارة لأي شهر خلال فترة السجل المناخي، وبقسمة الناتج على عدد السنين.[8]

وتجدر الإشارة إلى أن درجات الحرارة تؤثر بشكل جوهري على أداء الأنظمة الكهروضوئية، حيث تتسبب بخسائر في كفاءة تحويل الطاقة. وأشارت دراسة Skoplaki and paly vos 2002 إلى أن الحرارة المثلى للألواح الشمسية تكون على 25°م، وأن كل زيادة في درجات الحرارة بمقدار 0.4 – 0.5% من شأنها التقليل من كفاءتها [9]. وفيما يلي الجدول (2) الذي يوضح المعدلات الشهرية لدرجة حرارة الهواء.

الجدول (2): المعدلات الشهرية لدرجة حرارة الهواء للفترة من 2014–2022

الشهر	درجات الحرارة (°م)
ديسمبر	14.1
يناير	20.27
فبراير	22.57
مارس	24.89
أبريل	24.93
مايو	25.83
يونيو	25.3
يوليو	26.8
أغسطس	28.7
سبتمبر	26.6
أكتوبر	22.4
نوفمبر	17.9

المصدر: من عمل الباحثان استناداً إلى المركز الوطني للأرصاد الجوية(2022–2025) .

Copyright Author (s) 2025. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 29-06-2025 - **Accepted**: 27-08-2025 - **Published**: 03-09-2025

Alq J Sci. 2025;1(2):134-146
https://doi.org/10.69667/ajs.25203
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

يتبين من خلال الجدول السابق أن المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة على مدار فصلي الربيع والصيف في أغلبها لا تتجاوز 26°م، وزادت عن ذلك في أشهر الصيف حيث كانت في أغسطس عند 28.7°م، في حين انخفضت بواقع 3°م تقريباً في بقية أشهر الصيف، إذ سجل شهر يونيو 25.3، ثمّ واصلت الارتفاع إلى حوالي 25.3°م بينما انخفضت الحرارة بشكل كبير في أشهر الصيف إلى ما دون الحرارة المثلى للألواح الشمسية، بواقع 14.1°م – 20.27°م – 22.57° لكل من ديسمبر ويناير وفبراير على التوالي، وهذا الانخفاض الملحوظ يؤدي إلى ضعف أداء الألواح الشمسية في انتاج الطاقة. ولكن على الرغم من ذلك، فأنه يصعب التنبؤ بضعف الأداء أو نجاعته، بكل أشهر السنة. لما للعوامل المناخية الأخرى من تأثير قد يكون إيجابي أو سلبي، كالرياح (دافئة أو باردة) أو الرطوبة، أو نسبة السطوع الشمسي الواصل لسطح الأرض، أو الغبار المتراكم على أسطح الألواح الشمسية عند حدوث العواصف الرملية الخفيفة أو القوية.

3 – الغبار وتأثيره على الألواح الشمسية الكهروضوئية

تمثل الطاقة الكهروضوئية ركيزة مهمة في التحول من مصادر الطاقة الإحفورية إلى مصادر الطاقة النظيفة المستدامة، لا سيما في المناطق التي تقع بين المدارين .مثل أقطار الشرق الأوسط وفي مقدمتها ليبيا، إلا أن هذا التحول يواجه عائقاً بيئياً يتمثل في تراكم الغبار على أسطح الألواح الشمسية، مما يحد من كفاءتها الإنتاجية داخل هذه الأقطار باعتبارها بيئات جافة أو شبه جافة. فعندما تتراكم الجسيمات الدقيقة للغبار على الخلايا الشمسية بالألواح، فأنها تشكل حاجزاً يعكس جزءاً من الضوء الساقط، ويمتص جزءاً آخر منها، مما يقلل من كمية الكهرباء المنتجة الناتج عن تناقص كمية الطاقة الضوئية التي من المفترض أن تصل إلى الخلايا بأسطح الألواح، ولا يقتصر التأثير السلبي على انخفاض الإنتاجية فحسب، بل يمتد الضرر في زيادة الحرارة بالألواح إلى عدم تشتت الحرارة بشكل فعال، مما يساهم في تدهور الألواح الشمسية وبالتالي انخفاض عمرها الافتراضي. ومن هذا المنطلق فأن التحدي البيئي يهدد مشاريع الطاقة الكهروضوئية بالخسائر المادية، وخاصة في ليبيا والتي تجمع بين توفر الإمكانيات الشمسية من جهة والعواصف الرملية والغبار الكثيف التي تُثار بفعل حركة الرياح أو السيارات أو الحيوانات أو أعمال الإنشاءات العمرانية من جهة أخرى.

الجدول (3): المعدلات الشهرية لعدد أيام العواصف الترابية للفترة من 2014–2022

الشهر	عدد الأيام
يناير	0.2
فبراير	0.2
مارس	0.9
أبريل	0.6
مايو	0.3
يونيو	0.6

Copyright Author (s) 2025. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 29-06-2025 - **Accepted**: 27-08-2025 - **Published**: 03-09-2025

Alq J Sci. 2025;1(2):134-146
https://doi.org/10.69667/ajs.25203
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

الشهر	عدد الأيام
يوليو	0.3
أغسطس	0
سبتمبر	0.08
أكتوبر	0.2
نوفمبر	0.19
ديسمبر	0.3

المصدر: من عمل الباحثان استناداً إلى المركز الوطني للأرصاد الجوية(2022-2025) .

من خلال البيانات المتوافرة من سجلات الأرصاد الجوية لمحطة الأرصاد الجوية قصر بن غشير، يتضح أن أكثر أيام تكرار العواصف الرملية في أواخر فصل الشتاء وفصل الربيع بأشهر فبراير – مارس – أبريل – مايو – وحتى منتصف فصل الصيف، ففي شهر فبراير كان معدل التكرار الأعلى حيث سجل شهر فبراير على الأقل عاصفة رملية واحدة تقريباً على مدار الفترة الزمنية الممتدة من 2014 وحتى سنة 2022 تقريباً، ولعل هذا راجع إلى تقلبات الطقس بهذه الفترة ناتج عن هبوب رياح القبلي[10] والتي تأتي في أواخر فصل الشتاء وفصل الربيع وتكون محملة بالأتربة، والرمال الناعمة الناتج عن كتلة الهواء المداري القاري. ثم تبدأ العواصف الرملية بالتراجع بقية أشهر السنة، حيث كانت في شهر أغسطس على نحو 0.3، وفي شهر يوليو لم تسجل أي يوم به عاصفة ترابية، وفي بقية الأشهر كانت عدد أيام العواصف الترابية قليلة جداً، إذ سجلت أشهر سبتمبر– وأكتوبر– ونوفمبر– وديسمبر– نحو 0.08 – 0.2 – 0.19 – 0.3 يوم على التوالي. عموماً أن أيام العواصف الترابية بمنطقة قصر بن غشير قليلة جداً ولا تُعد عائقاً في مجال انتاج الطاقة الكهروشمسية.**المبحث الثالث: التحليل الفيزيائي للأداء**

يهدف هذا الجزء من الدراسة إلى تحليل وتقييم أداء لوح شمسي بقدرة 500 واط في منطقة قصر بن غشير، مع التركيز على العوامل المؤثرة في كفاءة توليد الطاقة والمتمثلة في كمية الطاقة الشمسية المتوقعة والمستمدة من الاشعاع الشمسي ومدى تأثير درجات الحرارة والغبار على ذلك الإشعاع والذي تمّ استعراضه في المبحث الثاني حيث يُعدّ اختيار الألواح الشمسية المناسبة مع تلك العوامل خطوة حاسمة لضمان فعاليتها وكفاءتها ، وخاصةً في ظل التغيرات المناخية والتوجه العالمي نحو مصادر للطاقة النظيفة.و تكتسب هذه الدراسة أهمية خاصة نظراً للموقع الجغرافي لمنطقة قصر بن غشير، والتي تتميز بمعدلات سطوع شمسي عالية على مدار العام، ما يجعلها منطقة مثالية للاستفادة من الطاقة الشمسية. سيتم خلال هذا الجزء اختيار لوح شمسي بقدرة 500 واط كعينة للدراسة، وذلك لما تتميز به هذه القدرة من توازن بين الكفاءة والتكلفة، مما يجعلها خياراً شائعاً للاستخدامات المنزلية والصناعية الصغيرة.

تمّ من خلال هذا المبحث تحليل عدة متغيرات، منها درجة حرارة التشغيل، بهدف تحديد أفضل الظروف التشغيلية لزيادة إنتاجية الطاقة. اذ ستساهم النتائج المتوقعة في تقديم بيانات موثوقة تساعد في اتخاذ قرارات حول تصميم وتركيب أنظمة الطاقة الشمسية في المنطقة، وستكون بمثابة دليل إرشادي للراغبين في الاستثمار في هذا القطاع.

Copyright Author (s) 2025. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 29-06-2025 - **Accepted**: 27-08-2025 - **Published**: 03-09-2025

Alq J Sci. 2025;1(2):134-146
https://doi.org/10.69667/ajs.25203
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

البيانات الفيزيائية والكهربائية لعينة الدراسة (اللوح الشمسي)

الجدول (4): المواصفات الكهربائية للوح الشمسي 500 وات

نوع اللوح	PE-485HB	PE-490HB	PE-495HB	PE-500HB	PE-505HB	PE-510HB
القدرة القصوى (Pmp)	485واط	490واط	495واط	500واط	505واط	510واط
جهد الدائرة المفتوحة (Voc)	45.02 فولت	45.13 فولت	45.28 فولت	45.39 فولت	45.53 فولت	45.66 فولت
تيار الدائرة القصيرة(Isc)	13.70أمبير	13.81أمبير	13.92أمبير	14.04أمبير	14.15أمبير	14.27أمبير
جهد القدرة القصوى (Vmp)	37.90 فولت	38.05 فولت	38.14 فولت	38.23 فولت	38.32 فولت	38.41 فولت
تيار القدرة القصوى (Imp)	12.80أمبير	12.88أمبير	12.98أمبير	13.08أمبير	13.18أمبير	13.28أمبير
كفاءة اللوح (nm)	20.43%	20.64%	20.86%	21.07%	21.28%	21.49%
تسامح القدرة	0إلى +5 واط					
أقصى جهد للنظام	1500فولت (UL & IEC)					

Copyright Author (s) 2025. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 29-06-2025 - **Accepted**: 27-08-2025 - **Published**: 03-09-2025

Alq J Sci. 2025;1(2):134-146
https://doi.org/10.69667/ajs.25203
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

تأثير درجة الحرارة على إنتاجية لوح شمسي بقدرة 500 واط على مدار السنة

تُعدّ درجة الحرارة أحد العوامل الرئيسية التي تؤثر على كفاءة وإنتاجية الألواح الشمسية، وخاصةً الألواح المصنوعة من السيليكون البلوري، والتي تشكل الغالبية العظمى من الألواح المتاحة في السوق. على عكس الاعتقاد الشائع بأن الأيام الأكثر حرارة هي الأفضل لإنتاج الطاقة، فإن الحقيقة العلمية تُظهر أن الأداء الأمثل للألواح الشمسية يتحقق في درجات حرارة معتدلة.**آليات تأثير درجة الحرارة**

يُعزى تأثير درجة الحرارة إلى عدة آليات فيزيائية وكهربائية وهي:

1. المقاومة الداخلية :مع ارتفاع درجة حرارة الخلايا الشمسية، تزداد اهتزازات الذرات داخل مادة السيليكون، مما يعيق حركة الإلكترونات الحرة. هذا الارتفاع في المقاومة الداخلية يؤدي إلى انخفاض في الجهد الكهربائي (Voltage) الناتج عن الخلية. وبما أن القدرة (Power) تُحسب من العلاقة **القدرة الكهربائية = الجهد الكهربائي مضروباً في شدة التيار**)الجهد مضروبًا في التيار)، فإن أي انخفاض في الجهد يؤدي مباشرة إلى انخفاض في القدرة الإجمالية للوح (12).
2. العوامل البيئية الأخرى :في المناطق الحارة والجافة مثل قصر بن غشير، يمكن أن يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى زيادة معدلات تبخر الرطوبة من الهواء، مما يقلل من تشتت ضوء الشمس، ولكنه في نفس الوقت يزيد من تراكم الغبار على سطح اللوح. هذا الغبار يقلل من كمية الإشعاع الشمسي التي تصل إلى الخلايا، مما يؤثر سلباً على الأداء.

تأثير درجة الحرارة على الإنتاجية السنوية

يتغير تأثير درجة الحرارة على إنتاجية لوح شمسي بقدرة 500 واط على مدار السنة في منطقة مثل قصر بن غشير (ليبيا) كالتالي:**فصل الشتاء (ديسمبر – فبراير)** :تكون درجات حرارة الهواء منخفضة نسبياً، مما يعني أن درجة حرارة الألواح الشمسية ستكون أقرب إلى درجة حرارة الاختبار القياسية (25 درجة مئوية). على الرغم من أن عدد ساعات سطوع الشمس قد يكون أقل، إلا أن كفاءة اللوح تكون في ذروتها.**فصل الربيع والخريف (مارس – مايو، سبتمبر – نوفمبر)** :تعتبر هذه الفصول مثالية لإنتاجية الألواح الشمسية. تكون درجات حرارة الهواء معتدلة، وعدد ساعات سطوع الشمس طويل، والإشعاع الشمسي قوي. هذا المزيج من العوامل يؤدي إلى تحقيق أعلى معدلات إنتاجية شهرية.**فصل الصيف (يونيو – أغسطس)** :على الرغم من أن الصيف يتميز بأطول عدد ساعات سطوع شمسي وأعلى شدة إشعاع، فإن درجات الحرارة المرتفعة للغاية قد تقلل من كفاءة اللوح بشكل كبير. قد تصل درجة حرارة اللوح إلى 65 درجة مئوية أو أكثر، مما يؤدي إلى انخفاض ملحوظ في إنتاجية الطاقة مقارنةً بالأداء الأمثل.

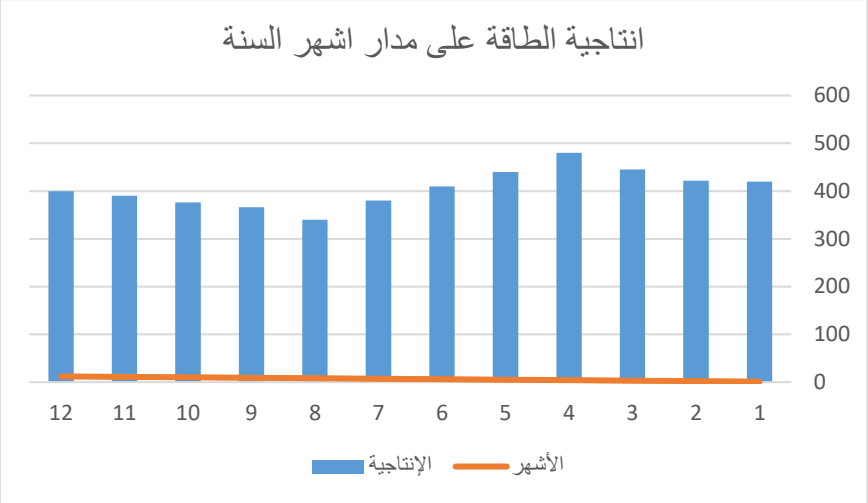
بعد إجراء المحاكاة الحاسوبية باستخدام برنامج PV SYST على منطقة قصر بن غشير تم الحصول على النتائج الآتية:

بناءً على العوامل المذكورة أعلاه، يمكن القول إن **شهر أبريل و/ مايو** هما الشهران الأفضل لإنتاجية لوح شمسي في منطقة قصر بن غشير. في هذين الشهرين، تكون درجات حرارة الهواء معتدلة ومناسبة (عادة ما تكون أقل من 30 درجة مئوية)، وفي نفس الوقت يكون طول النهار قد ازداد بشكل كبير، وتكون زاوية سقوط أشعة الشمس مثالية. هذا المزيج من درجات الحرارة المعتدلة وعدد الساعات الطويلة للإشعاع الشمسي يضمن أعلى إنتاجية ممكنة. في المقابل، وعلى الرغم من كثرة سطوع الشمس في يوليو وأغسطس، فإن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى تقليل كفاءة الألواح بشكل ملحوظ، مما يجعل إجمالي الإنتاجية أقل من الفصول الانتقالية.

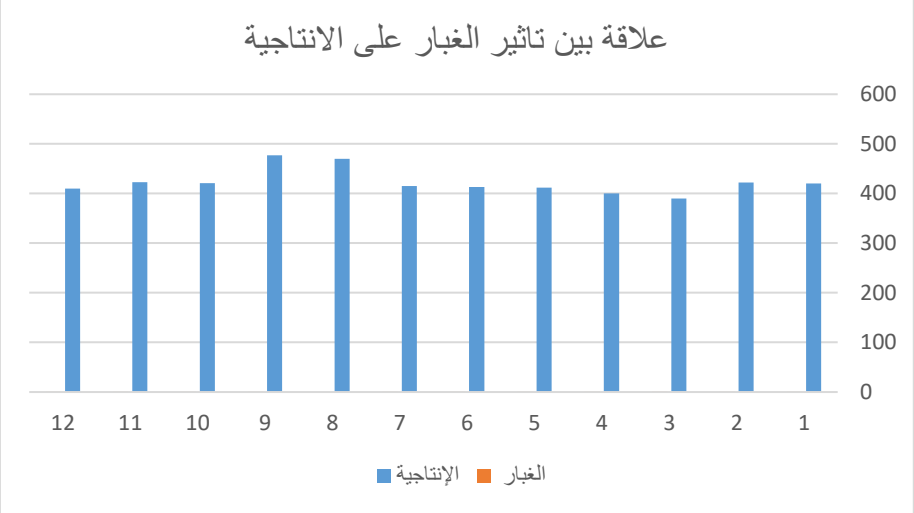
إذًا، فإن مفتاح الأداء الأمثل للألواح الشمسية ليس فقط كمية الإشعاع الشمسي، بل هو التوازن بين الإشعاع ودرجة حرارة التشغيل. الشكل التالي يوضح نتيجة المحاكاة.

Copyright Author (s) 2025. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 29-06-2025 - **Accepted**: 27-08-2025 - **Published**: 03-09-2025

Alq J Sci. 2025;1(2):134-146
https://doi.org/10.69667/ajs.25203
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR



الشكل (2) يوضح إنتاجية الطاقة للوح الشمسي تحت تاثير درجة الحرارة



الشكل (3) : يبين تأثير الغبار على إنتاجية الألواح الشمسية على مدار السنة

تأثير الغبار على إنتاجية لوح شمسي بقدرة 500 واط في قصر بن غشير على مدار السنة

يُعدّ الغبار أحد أكبر التحديات التي تواجه كفاءة الألواح الشمسية في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية مثل قصر بن غشير. يتراكم الغبار على سطح اللوح ويمنع جزءاً من الإشعاع الشمسي من الوصول إلى الخلايا الكهروضوئية، مما يؤدي إلى انخفاض ملحوظ في إنتاجية الطاقة.

آليات تأثير الغبار

1. حجب الإشعاع الشمسي :يعمل الغبار كطبقة عازلة تقلل من كمية ضوء الشمس التي تصل إلى خلايا اللوح. كلما زادت كثافة طبقة الغبار، زادت كمية الضوء المحجوبة، وبالتالي انخفضت القدرة الناتجة. يمكن أن يؤدي تراكم الغبار إلى فقدان في الإنتاجية **يتراوح بين 15% و 30 %**في المناطق الجافة خلال فترات قصيرة (14).
2. تأثير "النقاط الساخنة :(Hotspots) "لا يتراكم الغبار بشكل متساوٍ دائماً على سطح اللوح. غالباً ما تتسبب البقع الكثيفة من الغبار في حجب كامل للضوء عن بعض الخلايا، بينما تظل الخلايا الأخرى معرضة لأشعة الشمس. هذا التباين في التعرض للضوء يؤدي إلى ظاهرة "النقاط الساخنة"، حيث ترتفع درجة حرارة الخلايا المظللة بشكل كبير، مما قد يسبب ضرراً دائماً للوح ويقلل من عمره الافتراضي.

تأثير الغبار على مدار السنة في قصر بن غشير

Copyright Author (s) 2025. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 29-06-2025 - **Accepted**: 27-08-2025 - **Published**: 03-09-2025

Alq J Sci. 2025;1(2):134-146
https://doi.org/10.69667/ajs.25203
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

تتغير شدة تأثير الغبار في قصر بن غشير على مدار العام بناءً على الظروف الجويةفصول الربيع والصيف (مارس – يوليو) :تتميز هذه الفترة بالرياح النشطة والعواصف الرملية، وخاصة رياح "القبلي" الحارة. هذه الرياح تحمل كميات كبيرة من الأتربة والغبار من الصحراء، مما يؤدي إلى **تراكم سريع وكثيف للغبار** على الألواح. في هذه الأشهر، يكون تنظيف الألواح بشكل دوري (يومي أو أسبوعي) أمراً ضرورياً للحفاظ على كفاءتها.فصول الخريف والشتاء (سبتمبر – فبراير) :تكون الرياح أقل حدة بشكل عام، كما أن فرص هطول الأمطار تزداد، مما يساعد في تنظيف الألواح بشكل طبيعي. وبالتالي، يقل تأثير الغبار وتكون الحاجة إلى التنظيف اليدوي أقل تكراراً.

النتائج:

1. سجلت أعلى إنتاجية للطاقة الشمسية في شهر مايو (7.25 كيلوواط/ساعة/م²/يوم) بينما كانت الأدنى في ديسمبر (2.49 كيلوواط/ساعة/م²/يوم).
2. انخفضت كفاءة الألواح الشمسية بنسبة 0.45% لكل درجة حرارة فوق 25°م، مع فقدان إنتاجية يصل إلى 15% خلال أشهر الصيف.
3. تراوحت كفاءة الألواح بين 20.43% إلى 21.49%، مع أفضل أداء خلال أبريل ومايو.
4. أدى تراكم الغبار إلى فقدان فوري للإنتاجية بنسبة 15–30%، مع تكوين نقاط ساخنة عند التوزيع غير المنتظم.
5. سجل أعلى إشعاع شمسي في يوليو (7.9 كيلوواط/ساعة/م²/يوم) وأعلى درجة حرارة في أغسطس (28.7°م).
6. كانت أشهر مارس–يوليو الأكثر تأثراً بالعواصف الترابية، مع أعلى معدل في مارس (0.9 يوم/شهر).
7. أظهرت الدراسة فعالية برنامج PVsyst في محاكاة أداء الأنظمة الشمسية بالظروف المحلية.

التوصيات:

1. استخدام أنظمة تبريد فعالة واختيار ألواح ذات معامل درجة حرارة منخفض.
2. تطبيق برنامج تنظيف أسبوعي خلال مارس–يوليو مع فحص دوري للنقاط الساخنة.
3. زراعة مصدات رياح حول المحطات الشمسية واستخدام تقنيات تنظيف الغبار.
4. تطوير أنظمة تنظيف أوتوماتيكية ودراسة طلاءات مضادة للغبار.
5. وضع معايير وطنية لتركيب الأنظمة الشمسية في المناطق الصحراوية.
6. تدريب فرق الصيانة المحلية على أفضل الممارسات في التشغيل والصيانة.
7. تطوير نماذج تنبؤيه محلية لأداء الألواح الشمسية بالاعتماد على البيانات المناخية.
8. احتساب تكاليف الصيانة الدورية في جدوى مشاريع الطاقة الشمسية
9. تطوير للتقنيات المقاومة للغبار والحرارة في مشاريع الطاقة الشمسية.

المراجع

1. Asanakham A, Phetsong P, Themsuwan T, Keawsakul P, Khwanchit C, Phengphaengsy F. Evaluation of nominal operating cell temperature (NOCT) of glazed photovoltaic thermal module. Case Stud Therm Eng. 2021;82:4.
2. صفوح خير(1990): البحث الجغرافي (مناهجه وأساليبه)، دار المريخ للنشر والتوزيع، الرياض، ، ص 137.
3. يوسف فايز السعداوي(2023): البرنامج التعليمي لحزمةPV syst ، كُتبنا للمعرفة، القاهرة، ص 2.
4. كاميليا يوسف محمد(2016): الطاقة الكهروشمسية، وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، الإسكندرية، ص 25.

Copyright Author (s) 2025. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 29-06-2025 - **Accepted**: 27-08-2025 - **Published**: 03-09-2025

Alq J Sci. 2025;1(2):134-146
https://doi.org/10.69667/ajs.25203
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

5. أسامة محمد رشيد(2023): الأشعة الشمسية وأفضلية المكان في توليد الطاقة وإمكانية التطوير بشمال غرب ليبيا، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافية ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، جامعة طرابلس، ص 92.
6. امحمد عياد مقيلي: المناخ، تحرير الهادي مصطفى أبولقمة، الجماهيرية دراسة في الجغرافيا، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان، سرت، ص 160.
7. علي حسن موسى(1994): أساسيات علم المناخ، مطابع دار الفكر، دمشق، ص 36.
8. نعمان شحادة، المناخ المحلي، ط3، مطبعة النور النموذجية، عمّان، ص 88.
9. Skoplaki E, Palyvos JA. On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: A review. Sol Energy. 2009;83(5):614-24. doi: 10.1016/j.solener.2008.10.008.
10. عبد العزيز طريح شرف(1993): جغرافية ليبيا، ط3، مركز الإسكندرية للكتاب، ص 102.
11. أحمد عبد الله أحمد بابكر(1997): أسس الجغرافيا المناخية، شركة حديثة للطباعة، الدوحة، ص 16.
12. Oyom EB, Ewona IO, Udoimuk AB, Kamgba FA, Ojar JU, Ebeagwu CC, et al. Impact of dust particles on the output power of photovoltaic modules in Calabar, Cross River State. Sci World J. 2023;18(3):1.
13. Han K, Shin D, Choi Y. Efficiency of solar cell at relatively high temperature. Int J Emerg Technol Adv Eng. 2012 Dec;2(12):610-4.
14. www.predication.of worldwide energy resources.com.
15. بيانات درجات الحرارة والعواصف الرملية ، المركز الوطني للأرصاد الجوية(2022-2025) .

Copyright *Author (s) 2025. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0*
Received: *29-06-2025* - ***Accepted***: *27-08-2025* - ***Published***: *03-09-2025*