

تقييم الطاقة المكتسبة بالتوجيه الأمثل للخلايا الشمسية في مدينة الرميثة

ا.م.د. جاسم وحواح شاتي الجياشي

جامعة المثنى / كلية التربية للعلوم الانسانية / قسم الجغرافية

Evaluation of the energy gained by optimal orientation of solar cells in
the city of Rumaitha

Jasim Wihoah Shati Aljayshi

Muthanna University / College of Education for Human Sciences /

Department of Geography

jasim.aljayshi@mu.edu.iq

المستخلص

تشهد مدينة الرميثة عجزاً في الطاقة الكهربائية المجهزة ، وبنفس الوقت تتمتع بسطوع شمسي يمكن استثماره في توليد الطاقة الكهروضوئية من خلال الرصد الميداني في مواقع مختارة من المدينة لقياس الاشعاع الشمسي باستخدام جهاز (Solar power meter SPM-1116 SD) الواصل الى واجهات الخلايا الشمسية فصلياً وضمن ساعات النهار المختارة عبر حركة وثبات الخلايا الشمسية وبدلالة زوايا البعد الافقي وزوايا الارتفاع المحددة لموقع قرص الشمس لمعرفة الاتجاه الأمثل الذي يحقق أعلى طاقة واصله الى واجهات الخلايا الشمسية ، واتضح ان أعلى مقدار للطاقة المكتسبة (١١٧٥,٦ واط/م^٢/ساعة) يتحقق عندما تكون الخلايا الشمسية متحركة باتجاه موقع الشمس المحددة بزوايا البعد الافقي (٢٢٥° جنوب غرب) وزوايا ارتفاع الشمس (١٥°) في فصل الصيف في الساعة (١:٠٠) ظهراً ، فضلاً عن ذلك توصل البحث الى تحديد الاتجاه الأمثل للخلايا الشمسية لكل فصل من السنة وفقاً للزوايا المحددة لحركة الشمس وبدلالة المعدل الفصلي لساعات الرصد .

الكلمات المفتاحية: الخلايا الشمسية ، الطاقة المكتسبة ، الاتجاه الأمثل ، الزوايا الشمسية .

Abstract

The city of Rumaitha is witnessing a shortage of supplied electrical energy, and at the same time enjoys solar brightness that can be invested in generating solar energy through field monitoring in selected locations in the city of Rumaitha to measure solar radiation using a device (Solar power meter SPM-1116 SD). To the facades of the solar cells seasonally and within selected daylight hours through the movement and stability of the solar cells and in terms of the angles of the horizontal dimension and the angles of elevation specified for the location of the sun's disk to know the optimal direction that achieves the highest energy reaching the facades of

the solar cells. It turns out that the highest amount of energy gained (1175.6 watts/m²/hour) is achieved when the solar cells are moving toward the position of the sun, determined by the horizontal distance angle (225° southwest) and the sun elevation angle (15°) in the summer at 1:00 p.m. In addition, the research determined the optimal direction for the solar cells for each season of the year according to the specific angles of the sun's movement and in terms of the seasonal rate of sun hours.

Keywords: solar cells, energy gained, optimal orientation, solar angles.

المقدمة

تعد الطاقة الشمسية من أهم أنواع الطاقة المتجددة التي يمكن للإنسان استغلالها فهي طاقة دائمة تشع كل يوم ، ولا يترتب على استعمالها تلوث البيئة كما يحدث مع مصادر الطاقة التقليدية ، ويمكنها ان تعطي طاقة تفوق جميع مصادر الطاقة المتجددة الأخرى ، وان معرفة كمية الطاقة الشمسية الواصل إلى الخلايا الشمسية في مواقع مختلفة على سطح الارض ؛ يمكن من خلالها معرفة التباين المكاني والزمني للطاقة فضلاً عن التوظيف الامثل لها واختيار الموقع المناسب لإقامة مشاريع المنظومات الشمسية ، ومعرفة الجدوى الاقتصادية لها ، وبما يساهم بشكل فعال في سد مشكلة النقص في الطاقة الكهربائية ضمن البيئة الحضرية لمدينة الرميثة .

اولاً:- مشكلة البحث تمثلت مشكلة البحث بالتساؤلات الآتية :-

١- هل تتحقق الطاقة المكتسبة بالحركة والثبات لواجهات الخلايا باتجاه حركة الشمس في مدينة الرميثة؟

٢- ما الاتجاه الامثل للخلايا الشمسية الذي يحقق اعلى مقدار من الطاقة المكتسبة مكانياً وزمانياً في مدينة الرميثة ؟ وما دور العوامل المؤثرة على الاتجاه الامثل ؟

ثانياً:- فرضية البحث وتحددت فرضية البحث على النحو الآتي :

١- تتحقق وفورات في الطاقة المكتسبة عندما تلازم حركة واجهات الخلايا الشمسية مع اتجاه موقع قرص الشمس ضمن مسار حركتها الظاهرية في مدينة الرميثة .

٢- تتباين الطاقة الواصلة فصلياً عبر ساعات النهار تبعاً لتباين العوامل الجغرافية ومنها مقدار الزوايا المتحكممة للاتجاه الافقي والعمودي لحركة الخلايا بالاتجاه الامثل نحو الشمس لكل فصل من الفصول .

ثالثاً:- هدف البحث وجاء الهدف من البحث على النحو الآتي:

١- بيان دور الطاقة الشمسية المكتسبة واستعمالها كمصدر من مصادر الطاقة المتجددة .

٢- توضيح الاتجاه الامثل في حال ثبات الخلايا الشمسية او تنصيبها في مشاريع الطاقة الشمسية .

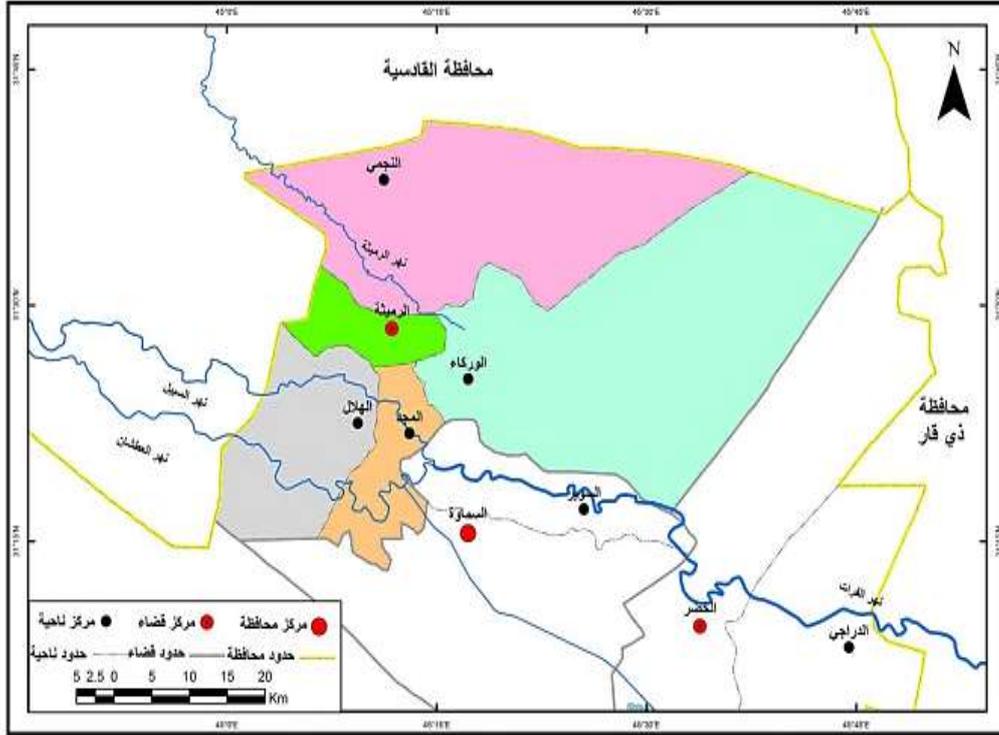
٣- اسهام الطاقة الكهروشمسية في سد النقص الحاصل في تجهيز الطاقة الكهربائية في مدينة الرميثة .

رابعاً:- **منهجية البحث** واعتمد البحث على المنهج الوصفي ومنهج التحليل المقارن للطاقة المكتسبة فصلياً وضمن ساعات النهار في حال حركة او ثبات الخلايا الشمسية ، فضلا عن الاسلوب الكمي المقارن كأداة في معالجة البيانات المقاسة ومعرفة التوزيع المكاني والزمني والاتجاه الامثل لكسب الطاقة الشمسية الواصلة ، اما طريقة العمل فتتمت عبر الدراسة الميدانية بأجراء رصدات مناخية ليوم واحد (صحو) وبواقع أربع ساعات (٧:٠٠ ، ٩:٠٠ ، ١١:٠٠ ، ١:٠٠) في بداية الانقلابين الشتوي والصيفي، وبداية الاعتدالين الربيعي والخريفي لغرض قياس مقدار الاشعاع الشمسي الواصل الى الخلايا الشمسية باستعمال جهاز (Power Meter Solar) في حال تزامن توجيه حركة الخلايا الشمسية باتجاه قرص الشمس وبدلالة زوايا البعد الافقي (°٠ ، °٤٥ ، °٩٠ ، °١٣٥ ، °١٨٠ ، °٢٢٥ ، °٢٧٠ ، °٣١٥) وزوايا ارتفاع الشمس (°٠ ، °١٥ ، °٣٠ ، °٤٥ ، °٦٠ ، °٩٠) وبعد تهيئة قاعدة البيانات الخاصة بكل اوقات الرصد تم تحليلها ومعرفة الاتجاه الامثل للخلايا الشمسية لكل فصل بدلالة الزوايا المتحكمة بموقع قرص الشمس الذي يحقق اعلى مقدار من الطاقة الشمسية المكتسبة ضمن فصول السنة .

خامساً:- حدود البحث

تحدد منطقة الدراسة مكانياً ضمن حدود مدينة الرميثة الواقعة شمال غرب محافظة المثنى وعند تقاطع دائرة العرض (٥٥ ٥٢ ٣١) شمالاً مع خط الطول (٩٦ ١٩ ٤٥) شرقاً ، يحدها شمالاً ناحية النجمي ومن الشمال الغربي ناحية الهلال والحدود الادارية لمحافظة القادسية ومن جهة الجنوب والجنوب الغربي ناحية المجد ويحدها شرقاً قضاء الوركاء ، الخريطة (١) ، اما الحدود الزمانية فكانت لعامي (٢٠٢٣-٢٠٢٤) .

خريطة (١) موقع مدينة الرميثة



المصدر: وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، خريطة الوحدات الادارية لمدينة الرميثة، بمقياس ١:٢٥٠٠٠٠٠ لعام ٢٠١٧.

اولاً:- العوامل المؤثرة في التباين المكاني والزمني للطاقة الشمسية في مدينة الرميثة

١- ساعات السطوع الفعلية والنظرية

تتباين معدلات كمية الطاقة الشمسية مكانياً وزمانياً؛ نتيجة تباين طول الاشعاع الشمسي التي تتحدد بساعات السطوع الشمسي النظرية والفعلية، وبلغ المعدل السنوي (١٢،٤ ، ٩،٤) ساعة للسطوع النظري والفعلي على التوالي، وسجل اعلى معدل (١٣،٥ ، ١١،٨) ساعة في شهر حزيران وادنى معدل (١٠،٢ ، ٦،٩) ساعة في شهر كانون الثاني لساعات السطوع النظري والفعلي على التوالي، جدول (١)، مما يزيد من مقدار الطاقة الشمسية الواصلة صيفاً وتقل شتاءً.

٢- نسبة التغميم

تشكل الغيوم بأنواعها عاملاً مهماً في فقدان نسبة من طاقة الاشعة الشمسية، وبنفس الوقت تعد من اقل العوامل فاعلية في نمط التوزيع المكاني لطاقة الأشعة الشمسية، كونها تتوزع في عدد

قليل من ايام الشتاء^(١) ، بلغ المعدل السنوي للغيوم بالأثمان (١,٩٩) واعلى معدل بلغ (٣,٢) في شهر كانون الثاني مما

جدول (١) العوامل المؤثرة على الطاقة الشمسية في مدينة الرميثة للمدة (٢٠٠٠-٢٠٢٢)

الاشهر	ساعات السطوع		الغيوم بالأوكتاس	العواصف الغبارية	تكرار الضباب	الرطوبة النسبية	زاوية سقوط الاشعاع
	النظري	الفعلي					
كانون الثاني	١٠,٢	٦,٩	٣,٢	١,٢	2.3	٦٥,١	٣٦,٤
شباط	١٠,٣	٧,٧	٣,١	٠,٧	0.2	٥٧,٢	٤٥,٨
آذار	١١,٣	٨	٢,٩	١,٥	0.3	٤٧	٥٧,٤
نيسان	١٢,٢	٨,٧	٢,٦	١,٤	0	٣٨,٣	٦٨,٤
أيار	١٣,١	٩,٨	٢,٣	٢,٤	0	٢٦,٢	٧٧,٢
حزيران	١٣,٥	١١,٨	٠,٣	٣,٦	0	٢٣,١	٨١,٦
تموز	١٣,٤	١١,٧	٠,٢	٢,١	0	٢٢,٣	٧٩,٣
آب	١٣,٤	١١,٦	٠,١	١,٩	0	٢٣,٧	٧٢,٥
ايلول	١٢,٩	١٠,١	١	١,٣	0	24.2	٦٢,٦
تشرين الاول	١٢,٣	١٠,٣	٢,٤	١	0	٢٧,٢	٥٠,١
تشرين الثاني	١١,٤	٨,٨	٢,٧	٠,٩	2.2	٣٧,١	٣٩,٦
كانون الاول	١١	٧,٦	٣,١	١,٣	1.7	٥٣,٤	٣٤,٧
المعدل	١٢,٠٨	٩,٤	١,٩٩	١,٦٠	0.55	٣٧,٠٦	٥٨,٨

المصدر: وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأحوال الجوية والرصد الزلزالي ، قسم المناخ ، بغداد ، بيانات غير منشورة ، ٢٠٢٢ .

يقبل من مقدار الطاقة الشمسية ، وتقل في باقي الشهور ، اذ بلغ اقل معدل (٠,١) في شهر آب ، جدول (٢) ، مما يزيد من الطاقة الشمسية الواصلة ويجعلها مؤهلة لاستخدامات الطاقة المتنوعة.

٣- تكرار العواصف الغبارية

بلغ المعدل السنوي للعواصف الغبارية (١,٦٠ عاصفة) وسجل شهر حزيران اعلى تكرار لحدوثها (٣,٦ عاصفة)، واقل تكرار لحدوثها بلغ (٠,٧ عاصفة) في شهر شباط جدول (١)، ويتضح ان اغلب الشهور تتصف بقلة تكرار حدوث العواصف الغبارية مما يزيد من وصول الطاقة الشمسية الى منطقة الدراسة .

٤- تكرار ظاهرة الضباب

يؤثر الضباب في حجب وتقليل كمية الاشعاع الشمسي الواصل الى الارض ويحدث في الصباح مع تكرار المنخفضات الجوية شتاء^(٢) ، يظهر من جدول (١) ، ان منطقة الدراسة تشهد تزايد بالمعدلات الشهرية لحدوث الضباب ، اذ بلغ المعدل السنوي (٠,٥٥) في حين اعلى معدل تكرار لحدوث الضباب بلغ (٢,٣) في شهر كانون الثاني ، ثم تزداد المعدلات الشهرية حتى شهر

آذار وتتنخفض من بعد ذلك ليعود زيادة تكرار حدوثها في شهر تشرين الثاني، مما يؤثر في تباين وصول كمية الطاقة الشمسية الواصلة .

٥- الرطوبة النسبية

يبلغ المعدل السنوي للرطوبة النسبية (٣٧%) وترتفع في فصل الشتاء لتبلغ (٦٥,١%) خلال شهر كانون الثاني، في حين سجل ادنى معدل لها (٢٢,١%) في شهر حزيران بسبب جفاف الهواء ، جدول(١)، وهذا بدوره يساعد على وصول اكبر مقدار من الطاقة الشمسية الى سطح الارض ؛ نتيجة ضعف امتصاص الاشعاع الشمسي من قبل بخار الماء .

٦- زاوية سقوط الاشعاع الشمسي

يقصد بها الزاوية المحصورة بين اشعة الشمس و سطح الارض^(٣) ، وتلعب دوراً مهماً في تحديد مقدار الطاقة الشمسية الواصلة الى سطح الارض^(٤)، يبلغ معدلها العام (٥٨,٨°) ويسجل اعلى مقدار لها (٨١,٦°) في شهر حزيران و اقل مقدار (٣٤,٧°) في شهر كانون الاول، جدول (١) ، وسبب هذا التباين موقع منطقة

الدراسة القريب من العروض شبه المدارية مما ينعكس على تباين الطاقة الشمسية الواصلة اليها ، ان حركة الشمس الافقية والعمودية ضمن ساعات النهار وعلى اساس فصول السنة تتأثر بالزاويا المحددة لموقعها^(٥)، ومنها زاوية ارتفاع الشمس التي تتحدد بثلاث متغيرات وهي: زاوية خط العرض والتي تمثل الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين النقطة على سطح الارض ومركز الارض ومقدارها هو دالة على مقدار خط العرض عددياً^(٦) ، وفي مدينة الرميثة مقدارها (٣٤,٧°) .

وزاوية الزمن التي تنحصر بين مسقط الخط الواصل بين مركزي الارض والشمس ومسقط الخط الواصل بين مركز الارض والنقطة على سطح الارض^(٧) ، وتمثل اوقات الرصد لحركة الشمس الرأسية في مدينة الرميثة (٧:٠٠ ، ٩:٠٠ ، ١١:٠٠ ، ١:٠٠) .

وزاوية ميل الشمس تتغير حسب موقع الارض في المدار حول الشمس في العام الواحد^(٨) ، ويتراوح مقدارها بين (٢٣,٥+) شمالاً الى (٢٣,٥-) جنوباً^(٩) ؛ ولذلك موقع منطقة الدراسة في النصف الشمالي من الارض فتكون الموازنة الاشعاعية موجبة ، ويلاحظ من جدول(٢) عندما تكون زاوية ميلان اشعة الشمس موجبة ينعكس على زيادة زاوية سقوط الاشعاع الشمسي للساعات (٧:٠٠ ، ٩:٠٠ ، ١١:٠٠ ، ١:٠٠) لتبلغ (٣٠° ، ٤٤° ، ٧٠° ، ٧٩°) على التوالي

في فصل الصيف ، ويقل مقدار زاوية سقوط الاشعاع شتاءً لتبلغ (°٣٥ ، °٣٢ ، °١٧ ، °٠) للأوقات سابقة الذكر على التوالي ، وهذا بدوره ينعكس على شدة الاشعاع

جدول (٢) مقدار الزوايا المحددة لموقع قرص الشمس في الساعة (٧:٠٠ ، ٩:٠٠ ، ١١:٠٠ ، ١:٠٠ ، ولجميع فصول السنة في مدينة الرميثة

الساعة الفصل	زاوية البعد الافقي عن الشمال (°٠)				زاوية ارتفاع الشمس				زاوية سمت الرأس			
	٧:٠٠	٩:٠٠	١١:٠٠	١:٠٠	٧:٠٠	٩:٠٠	١١:٠٠	١:٠٠	٧:٠٠	٩:٠٠	١١:٠٠	١:٠٠
الشتاء	٩٩	١٣١	١٥٧	١٨٢	٠	١٥	٣٢	٣٥	٨٤	٧٥	٥٩	٥٥
الربيع	١٠١	١١٤	١٤٣	١٩٦	٢٢	٣٢	٥٤	٥٩	٧١	٦٠	٣٨	٣١
الصيف	٦٥	٨٨	١٠٦	٢٢٥	٣٠	٤٤	٧٠	٧٩	٦٩	٤٨	٢٢	١٢
الخريف	٩٦	١١٥	١٤٤	١٩٦	١٩	٣٣	٥١	٥٩	٧٣	٥٨	٣٩	٣٠
المعدل	٩٠، ٢	١١١، ٧	١٣٧، ٥	١٩٩، ٧	١٧، ٥	٣١، ٥	٥١، ٧	٥٨، ٧	٧٤، ٢	٦٠، ٥	٣٩، ٥	٣٢

المصدر: بالاعتماد على نمذجة الزوايا الشمسية كمخرجات برنامج Energy 3D Programme بدلالة الساعة واليوم والشهر والموقع الفلكي لمدينة الرميثة (31° 52') شمالاً وتم احتساب معدلات الزوايا خلال اوقات الرصد الفصلي .

الشمسي الواصل لواجهات الخلايا الشمسية خلال اوقات الرصد المعتمدة في مدينة الرميثة ، اما زاوية سمت الرأس المحصورة بين سمت الراصد وموقع الشمس^(١٠) ، تؤثر في تقليل الاشعاع الشمسي على الاسطح الافقية ، ونلاحظ من جدول (٢) انخفاض مقدار زاوية سمت الرأس صيفاً وارتفاعه شتاءً لساعات الرصد (٧:٠٠ ،

٩:٠٠ ، ١١:٠٠ ، ١:٠٠) في حين تمثل زاوية البعد الافقي الزاوية التي يصنعها الاشعاع

الشمسي مع مستوى أفق الراصد ، وتبدأ قياسها من (٠) شمالاً وتحسب عن طريق برنامج (Energy 3D Programme) ، جدول (٢) ، لنمذجة زوايا قرص الشمس بدلالة الوقت خلال اليوم والفصل والشهر والسنة والموقع الفلكي لمنطقة الدراسة^(١١) ، وتعطي هذه الزاوية صورة عن عدد ساعات السطوع النظري فكلما زاد الفرق بين مقدار الزاوية في الشروق او الزوال ازداد عدد ساعات السطوع ومن ثم زيادة كسب طاقة الاشعاع الشمسي والعكس صحيح^(١٢) .

ثانياً:- تقييم الطاقة المكتسبة بالتوجيه الامثل وفقاً لحركة وثبات الخلايا الشمسية في مدينة الرميثة

مجلة كلية التربية الأساسية للعلوم التربوية والإنسانية

تقييم الطاقة المكتسبة بالتوجيه الامثل للخلايا الشمسية في مدينة الرميثة

مجلة علمية محكمة تصدر عن كلية التربية الأساسية – جامعة بابل

يفضل توجيه وتحريك الخلايا الشمسية طوال النهار على محورين المحور الافقي لتتبع حركة الشمس من الشرق الى الغرب ، والمحور العمودي لتتبع التغير الحاصل بزاوية ارتفاع الشمس ؛ لتكون متعامدة مع الاشعاع الشمسي وتستلم اكبر كمية منه^(١٣) ؛ ولكون مدينة الرميثة تقع شمال مدار السرطان فإن الاشعاع الشمسي لا يسقط عمودياً على واجهات الخلايا الشمسية ولذلك تتباين الطاقة الواصلة الى واجهات الخلايا، وعليه يمكن تقييمها على النحو الاتي:

أ- فصل الشتاء

يتضح من جدول(٣)، ان كل ساعات الرصد يتحقق فيها وفورات من الطاقة المكتسبة، وان اعلى مقدار للاشعاع الشمسي الواصل الى الخلايا الشمسية بلغ(٦٨٢,٨ واط/م^٢) في ساعة الرصد(٧:٠٠) صباحاً عند

جدول(٣) الاشعاع الشمسي(واط/م^٢/ساعة)الواصل للخلايا الشمسية بدلالة زوايا البعد الافقي وارتفاع الشمس للساعات(٧:٠٠، ٩:٠٠، ١١:٠٠، ١:٠٠) لفصل الشتاء(٢٠٢٣/١٢/٢١) في مدينة الرميثة

مقدار الاشعاع الشمسي لزوايا ارتفاع الشمس					زاوية البعد الافقي	الساعة
°90	°60	°45	°30	°15		
46.1	45	43.9	36	29.4	0° شمال	٧:٠٠
52.3	116.3	125.2	139.2	98	45° شمال شرق	
460.8	494.3	400.4	306.5	297.2	90° شرق	
682.8	601.3	593	464.6	336	135° جنوب شرق	
197.8	227.1	259.5	207.2	199.5	180° جنوب	
52.8	42.3	41.1	40.8	36.7	225° جنوب غرب	
74.7	63.2	55.8	39.2	30.2	270° غرب	
79.7	69.1	45.6	39.4	35.6	315° شمال غرب	
114.3	96.7	85.8	78.6	69.3	0° شمال	
117.4	228.4	267	325.7	365.8	45° شمال شرق	
669.7	914.5	598.5	560.5	499.3	90° شرق	
837.7	694.4	840.2	730.2	690	135° جنوب شرق	
358.1	485.3	466.7	458.2	400.7	180° جنوب	
104	96.6	127.9	192.5	201.2	225° جنوب غرب	
146.1	131.2	125	117.2	101.1	270° غرب	
169.2	146.3	134.6	123.7	111.5	315° شمال غرب	
118.3	80.5	65.4	35	44.8	0° شمال	١١:٠٠
117.4	228.4	267	325.7	365.8	45° شمال شرق	
304.5	596.1	645.3	700.1	721.5	90° شرق	
899.7	1095	938.4	924.6	897.6	135° جنوب شرق	
656.1	830.2	789	771.2	703	180° جنوب	
113.9	70.6	270.5	356.9	379.4	225° جنوب غرب	
114.6	80.7	74.3	50.2	39.9	270° غرب	
144.6	80.7	64.1	50.2	44.2	315° شمال غرب	
120.5	80.1	43.2	53.2	69.٨	0° شمال	
145.9	89.7	77.7	59.4	48.7	45° شمال شرق	
111.7	80.8	130	196.4	201.4	90° شرق	

318	507.8	521.9	551.7	570	135° جنوب شرق
840	911.8	986.2	814	790.5	180° جنوب
841.3	855.7	901.6	863.8	803	225° جنوب غرب
318	507.8	610	647.3	690.1	270° غرب
79.7	60.6	134.8	189.4	199	315° شمال غرب

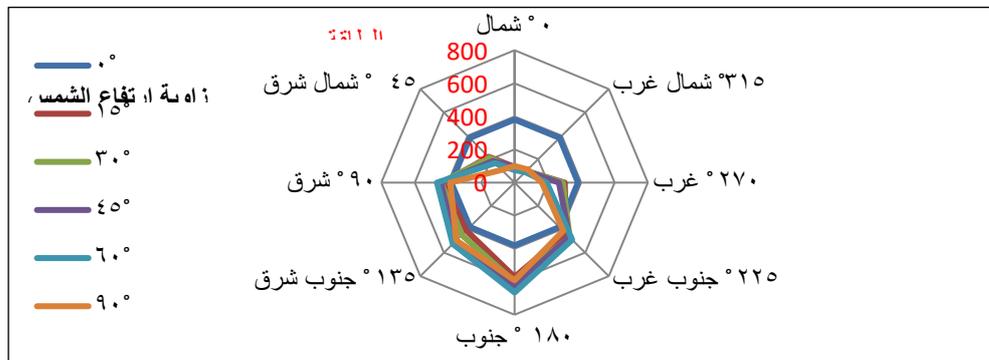
المصدر: الدراسة الميدانية في ٢١/١٢/٢٠٢٣ لقياس الأشعة الواصلة للخلايا بواسطة جهاز (Solar Power Meter SPM – 1116 S).

زاويتي البعد الافقي وارتفاع الشمس (١٣٥° جنوب شرق ، ٩٠°) على التوالي، اما ساعة الرصد (٩:٠٠) اعلى مقدار للطاقة الواصلة بلغ (٩١٤,٥ واط/م^٢) مع تحرك الشمس باتجاه زاوية البعد الافقي (90° شرقاً) وارتفاع الشمس بزاوية (٦٠°) ، في حين بلغ اعلى مقدار للطاقة الواصلة (١٠٩٥ واط/م^٢) عند ساعة الرصد (١١:٠٠) مع تحرك قرص الشمس باتجاه زاوية البعد الافقي (135° جنوب شرق) وارتفاع الشمس بزاوية (60°) ، اما ساعة الرصد (١:٠٠) بلغت اعلى طاقة مكتسبة (٩٨٦,٢ واط/م^٢) عند زاويتي (١٨٠° جنوباً ، 45°) بعد افقي وارتفاع الشمس على التوالي

اما اقل مقدار للطاقة المكتسبة بلغ (٢٩,٤ ، ٦٩,٣) واط/م^٢ للساعات (٧:٠٠ ، ٩:٠٠) عند زاويتي (٠° شمالاً ، ١٥°) البعد الافقي وارتفاع الشمس على التوالي، وبلغ اقل مقدار للطاقة (٣٥,٤٣,٢) واط/م^٢ للساعات (١١:٠٠ ، ١:٠٠) عند زاويتي (٠° شمالاً ، ١٥°)، (٠° شمالاً، ٤٥°) البعد الافقي وارتفاع الشمس على التوالي، ولغرض معرفة الاتجاه الذي يحقق اعلى معدل للطاقة المكتسبة ، فقد تم جمع الطاقة الواصلة لكل اتجاه بزاوية البعد الافقي وزاوية ارتفاع الشمس لكل ساعة مع نفس الاتجاه في ساعات الرصد الاخرى واستخراج المعدل الساعي الفصلي للطاقة المكتسبة في هذا الاتجاه بدلالة الزاويتين ؛ ليتضح الاتجاه الامثل للخلايا الشمسية الذي يحقق اعلى طاقة خلال اليوم، اذ اتضح ان افضل اتجاه بزاوية البعد الافقي (١٨٠° جنوباً) وبزاوية ارتفاع الشمس (٦٠°) لنصب وتوجيه الخلايا الشمسية في فصل الشتاء ، شكل (١) .

شكل (١) الاتجاه الامثل للخلايا الشمسية بدلالة الزوايا المحددة لاتجاه حركة قرص الشمس الذي يحقق اعلى معدل

للتاقة الشمسية (واط/م^٢/ساعة) في فصل الشتاء لمدينة الرميثة



المصدر: اعتمادا على جدول (٣) .

ب- فصل الربيع

ان اعلى مقدار للطاقة الشمسية في ساعة الرصد (٧:٠٠) صباحاً بلغ (٨٤٩,٩ واط/م^٢) عند زاوية البعد الافقي (٩٠° شرقاً) وزاوية ارتفاع الشمس (٦٠°)، جدول (٤) ، و اقل طاقة مكتسبة بلغت (٤٧,٧ واط/م^٢) عند زاويتي (٠° شمالاً، ١٥°) بعد افقي وارتفاع الشمس على التوالي، اما ساعة الرصد (٩:٠٠) اعلى مقدار للطاقة الواصلة بلغ (١٠١٠ واط/م^٢) مع تحرك الشمس باتجاه زاوية البعد الافقي (١٣٥° جنوب شرق) وارتفاع الشمس بزواوية (٦٠°)، و اقل مقدار للطاقة بلغ (١٠١,٨ واط/م^٢) عند زاويتي (٣١٥° شمال غرب، ٦٠°) بعد افقي وارتفاع الشمس على التوالي ، في حين بلغ اعلى مقدار للطاقة الواصلة (١١٠٠ واط/م^٢) عند ساعة الرصد (١١:٠٠) عند تحرك قرص الشمس باتجاه زاوية البعد الافقي (١٣٥° جنوب شرق) وارتفاع الشمس بزواوية (٤٥°) ، و اقل طاقة واصله بلغت (١٤٢,٩ واط/م^٢) عند زاويتي (٣١٥° شمال غرب ، ٩٠°) بعد افقي وارتفاع الشمس على التوالي، اما ساعة الرصد (١:٠٠) بلغت اعلى طاقة مكتسبة (١١٥٤ واط/م^٢) عند زاويتي (١٨٠° جنوباً ، ٣٠°) بعد افقي وارتفاع الشمس على التوالي، و اقل طاقة تحققت (١٣٤,١ واط/م^٢) عند زاويتي (٣١٥° شمال غرب ، ٩٠°) بعد افقي وارتفاع الشمس على التوالي، واتضح ان اتجاه الخلايا الشمسية بزواوية البعد الافقي (١٣٥° جنوب شرق) وبزاوية ارتفاع الشمس (٣٠°) هو افضل اتجاه لنصبها وتحقيق اعلى مقدار من المعدل الساعي للطاقة في فصل الربيع ، شكل (٢) .

جدول (٤) الاشعاع الشمسي (واط/م^٢/ساعة) الواصل للخلايا الشمسية بدلالة زوايا البعد الافقي وارتفاع الشمس للساعات (٩:٠٠، ٧:٠٠، ١١:٠٠، ١:٠٠) لفصل الربيع (٢٢/٣/٢٠٢٤) في

مدينة الرميثة

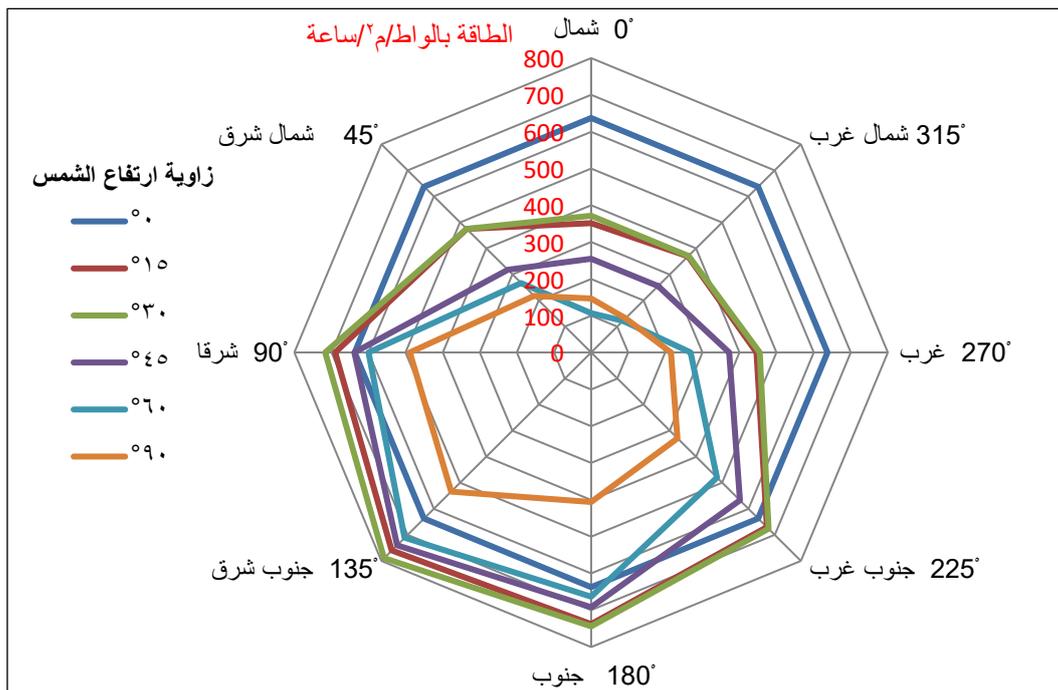
مقدار الاشعاع الشمسي لزوايا ارتفاع الشمس					زاوية البعد الافقي	الساعة	
٩٠°	٦٠°	٤٥°	٣٠°	١٥°			٠°
91.2	79.3	70.2	66.2	47.9	206.8	٧:٠٠	
381.1	402.4	380	355.5	309.4			٠° شمال
793.1	849.9	740.1	625.4	550.5			٤٥° شمال شرق
582.2	621.9	580.5	536.9	480.7			٩٠° شرق
231.3	286.8	268.4	232.1	201.4			١٣٥° جنوب شرق
99.2	82	75.7	61.6	55.1			١٨٠° جنوب
97.5	77.8	69.3	56.3	49.4			٢٢٥° جنوب غرب
89.7	74.3	68.6	60.8	51.9			٢٧٠° غرب
140.2	104	265.6	302.2	300	610	٩:٠٠	
152.8	405.8	354.2	588.4	598.9			٣١٥° شمال غرب
760.5	975.4	981.9	944.3	892.1			٠° شمال
						٤٥° شمال شرق	
						٩٠° شرق	

849.2	1002	1010	929.4	901.6		135° جنوب شرق	١١:٠٠
272.4	560.4	600.2	670.3	689.5		180° جنوب	
141.1	151.9	220.5	481.9	496.4		225° جنوب غرب	
136.9	109.8	130	209.6	222.2		270° غرب	
133.2	101.8	211.8	310.6	339		315° شمال غرب	
181.7	126	340	551.9	586.1	0° شمال	١١:٠٠	
165.2	140.1	298.3	595.5	606.6	45° شمال شرق		
374.8	665.8	765.9	859.7	887.7	90° شرق		
531.6	866.2	1100	1002	999.1	135° جنوب شرق		
570.2	921.5	980	1097	1001	180° جنوب		
340	678.6	876	924	976.3	225° جنوب غرب	١٠:٠٠	
170.7	110.1	432.8	609.3	669.4	270° غرب		
142.9	119.7	342.6	565.4	586.2	315° شمال غرب		
176.3	120.6	343.7	406.6	470	0° شمال		
171.4	119.7	238	360.2	385.3	45° شمال شرق		
166.5	114.7	265.1	438.2	470.1	90° شرق	١٠:٠٠	
172.8	466.6	543.8	689.3	699	135° جنوب شرق		
736.1	1007	1098	1154	1119	180° جنوب		
549.9	883.8	899.3	975.4	998.5	225° جنوب غرب		
485.4	783.9	856.2	942.1	965.3	270° غرب		
134.1	183	398.7	549.5	580.2	315° شمال غرب		

المصدر: الدراسة الميدانية في ٢٢/٣/٢٠٢٤ لقياس الأشعة الواصلة للخلايا بواسطة جهاز (Solar Power Meter SPM)

. (-1116 S)

شكل (٢) الاتجاه الأمثل للخلايا الشمسية بدلالة الزوايا المحددة لاتجاه حركة قرص الشمس الذي يحقق أعلى معدل للطاقة الشمسية (واط/م^٢/ساعة) في فصل الربيع لمدينة الرميثة



المصدر: اعتماداً على جدول (٤).

ج- فصل الصيف

أظهرت نتائج البحث ان اعلى شدة للاشعاع الواصل للخلايا في ساعة الرصد (٧:٠٠) صباحاً بلغ (٩٢٣,٧ واط/م^٢) عند توجيه الخلايا الشمسية بزواوية البعد الافقي (٩٠° شرقاً) وزواوية الارتفاع (٦٠°)، جدول (٥)، اما اقل مقدار للطاقة الواصلة بلغ (١٣١,٢ واط/م^٢) المحدد بزواوية (٢٧٠° غرباً، ٦٠°) بعد افقي وارتفاع الشمس على التوالي، في حين سجلت الساعة (٩:٠٠) اعلى طاقة مكتسبة بلغت (٩٤٨,٧ واط/م^٢) عند تحريك الخلايا الشمسية باتجاه زاوية البعد الافقي (١٣٥° جنوب شرق) وزواوية ارتفاع الشمس (٤٥°)، وقل طاقة واصله بلغت (١٧٧,٨ واط/م^٢) بدلالة زاوية البعد الافقي (٣١٥° شمال غرب) وزواوية ارتفاع الشمس (٦٠°)، وبلغ اعلى مقدار للطاقة (٩٩٧,٦ واط/م^٢) في الساعة (١١:٠٠) عند تحريك الخلايا الشمسية الشمسية بزواوية البعد الافقي (١٨٠° جنوباً) وزواوية ارتفاع الشمس (٣٠°)، وقل مقدار للطاقة بلغ (٢٠٣,٦ واط/م^٢) بدلالة زاويتي (٣١٥° شمال غرب، ٩٠°) بعد افقي وارتفاع الشمس على التوالي، وسجلت ساعة الرصد (١:٠٠) اعلى طاقة مكتسبة بلغت (١١٧٥,٦ واط/م^٢) عندما تكون الخلايا باتجاه زاوية البعد الافقي (٢٢٥° جنوب غرب) وزواوية ارتفاع الشمس (١٥°)، اما اقل طاقة واصله بلغت (١٢٤,٨ واط/م^٢) باتجاه زاوية البعد الافقي (٠° شمالاً) وزواوية ارتفاع الشمس (٩٠°)، ومما تقدم يتضح ان الاتجاه الأمثل الذي يحقق اعلى طاقة مكتسبة بدلالة المعدل الساعي لفصل الصيف هو عند توجيه الخلايا الشمسية بزواوية البعد الافقي (١٨٠° جنوباً) وزواوية ارتفاع الشمس (١٥°)، شكل (٣).

جدول (٥) الاشعاع الشمسي (واط/م^٢/ساعة) الواصل للخلايا الشمسية بدلالة زوايا البعد الافقي وارتفاع الشمس للساعات (٧:٠٠، ٩:٠٠، ١١:٠٠، ١:٠٠) لفصل الصيف (٢٣/٦/٢٠٢٤) في مدينة الرميثة

مقدار الاشعاع الشمسي لزوايا ارتفاع الشمس						زاوية البعد الافقي	الساعة
٩٠°	٦٠°	٤٥°	٣٠°	١٥°	٠°		
229.9	303.6	312.6	327	349.2	296	0° شمال	٧:٠٠
528.9	728.3	654.9	557.1	499.9		45° شمال شرق	
582.5	923.7	632.8	753.9	770.4		90° شرق	
395.7	739.4	756.1	789.1	798.6		135° جنوب شرق	
167.1	282.7	235	194.4	150.5		180° جنوب	
171.4	266.8	198.7	143.2	133		225° جنوب غرب	
134.6	131.2	134.2	139.7	148.5		270° غرب	
133.6	140.5	196.5	251.9	279		315° شمال غرب	
220.6	342.6	456.8	654.8	680		0° شمال	
476.8	753.2	749	744.3	680.3	45° شمال شرق		
602	833.8	803.7	795.7	711.1	90° شرق		
600.4	869.3	948.7	844.6	801.9	135° جنوب شرق		
265.6	439.1	533.6	578.2	590	180° جنوب		
247.1	223.5	339.2	422.6	454.4	225° جنوب غرب		
229.5	185.8	270.1	424.9	461.1	270° غرب		

مجلة كلية التربية الأساسية للعلوم التربوية والإنسانية

تقييم الطاقة المكتسبة بالتوجيه الأمثل للخلايا الشمسية في مدينة الرميثة

مجلة علمية محكمة تصدر عن كلية التربية الأساسية – جامعة بابل

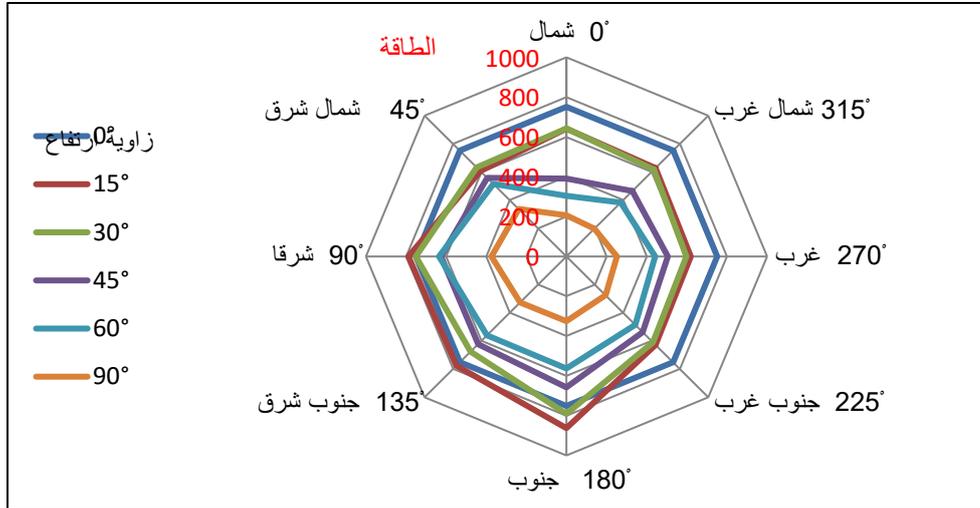
198.3	177.8	321.5	517.9	522.7	910.2	315° شمال غرب	١١:٠٠
212.8	420.4	389.6	764.9	654	0° شمال		
217.6	463.1	572	831.9	846.8	45° شمال شرق		
166.4	570	640.6	936.8	960.3	90° شرق		
٢٥4.9	663.5	734	920.2	928.5	135° جنوب شرق		
114.4	486.8	954.2	997.6	940.5	180° جنوب		
196.8	562.4	660.6	841.7	880.1	225° جنوب غرب		
230.7	634.6	745.8	847.9	878.7	270° غرب		
2٠3.6	530.7	605.1	799.5	812.3	315° شمال غرب		
124.8	150.3	404.9	824.4	883.6	0° شمال	١:٠٠	
160.3	114.٦	256.3	398.3	402.6	45° شمال شرق		
147.5	130	360.2	470.3	501.1	90° شرق		
189.5	192.2	370.9	683.3	698.7	135° جنوب شرق		
368.6	860.5	990.7	1017	1034	180° جنوب		
489.3	889.7	950.4	1033	1175.6	225° جنوب غرب		
410.1	815.4	870	977.5	989	270° غرب		
222.9	683.1	734.7	893	898.3	315° شمال غرب		
					1007.8		

المصدر: الدراسة الميدانية في ٢٣/٦/٢٠٢٤ لقياس الأشعة الواصلة للخلايا بواسطة جهاز (Solar Power Meter SPM 1116 S -).

د- فصل الخريف

سجلت أعلى مقدار للطاقة الواصلة (٨٢٢,٥ واط/م^٢) في ساعة الرصد (٧:٠٠) عند زاوية البعد الأفقي (٩٠° شرقاً) وبزاوية ارتفاع لشمس (٦٠°)، أما أقل مقدار من الطاقة الواصلة بلغ (٦٩,٢ واط/م^٢) بدلالة زاوية البعد الأفقي (٢٧٠° غرباً) وبزاوية ارتفاع لشمس (١٥°)، أما أعلى مقدار للطاقة في ساعة الرصد (٩:٠٠) بلغ (٨٦٩,٤ واط/م^٢) عند حركة الشمس باتجاه زاوية البعد الأفقي (١٣٥° جنوب شرق) وزاوية الارتفاع (٤٥°)، وأقل مقدار للطاقة بلغ (٩٩,٣ واط/م^٢) عند زاويتي (٣١٥° شمال غرب، ١٥°) بعد أفقي وارتفاع الشمس على التوالي.

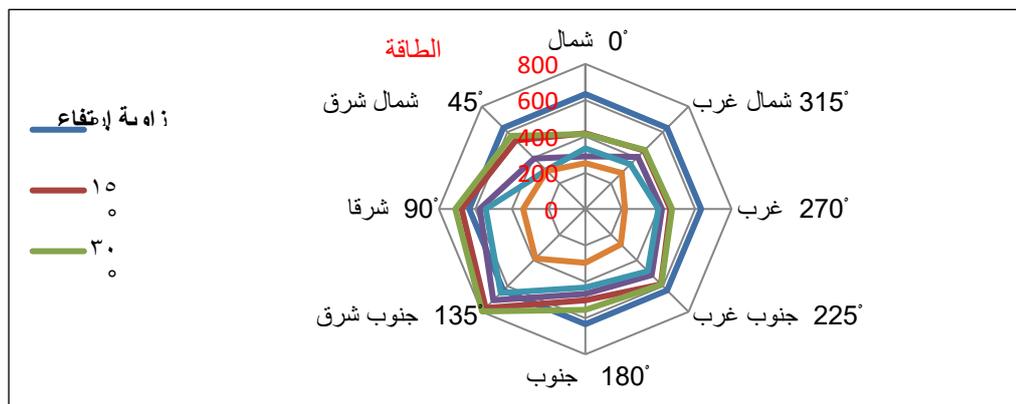
وسجلت ساعة الرصد (١١:٠٠) أعلى مقدار للطاقة المكتسبة بلغ (١٠١٨ واط/م^٢) عندما تكون الخلايا موجهة بزاوية البعد الأفقي (١٣٥° جنوباً) وزاوية الارتفاع (٣٠°)، أما أقل مقدار للطاقة بلغ (١٣٧,٩ واط/م^٢) بدلالة زاوية البعد الأفقي (٩٠° شمالاً) وزاوية ارتفاع الشمس (٩٠°)، في حين بلغت أعلى طاقة شكل (٣) الاتجاه الأمثل للخلايا الشمسية بدلالة الزوايا المحددة لاتجاه حركة قرص الشمس الذي يحقق أعلى معدل للطاقة الشمسية (واط/م^٢/ساعة) في فصل الصيف لمدينة الرميثة



المصدر: اعتماداً على جدول (٥).

واصلة (٩٨٨,٤ واط/م²) في الساعة (١:٠٠) عند توجيه الخلايا بزوايا البعد الأفقي (١٨٠° جنوباً) وزاوية ارتفاع الشمس (٣٠°)، وأقل طاقة واصله بلغت (١٣٤,٢ واط/م²) بدلالة زاوية البعد الأفقي (٠° شمالاً) وزاوية ارتفاع الشمس (٩٠°)، ومما تقدم يتضح ان الاتجاه الأمثل الذي يحقق أعلى طاقة مكتسبة بدلالة المعدل الساعي لفصل الخريف هو عند توجيه الخلايا الشمسية بزوايا البعد الأفقي (١٣٥° جنوب شرق) وزاوية ارتفاع الشمس (٣٠°)، جدول (٦)، شكل (٤).

شكل (٤) الاتجاه الأمثل للخلايا الشمسية بدلالة الزوايا المحددة لاتجاه حركة قرص الشمس الذي يحقق أعلى معدل للطاقة الشمسية (واط/م²/ساعة) في فصل الخريف لمدينة الرميثة



المصدر: اعتماداً على جدول (٦).

مجلة كلية التربية الأساسية للعلوم التربوية والإنسانية

تقييم الطاقة المكتسبة بالتوجيه الأمثل للخلايا الشمسية في مدينة الرميثة

مجلة علمية محكمة تصدر عن كلية التربية الأساسية – جامعة بابل

جدول (٦) الاشعاع الشمسي (واط/م^٢/ساعة) الواصل للخلايا الشمسية بدلالة زوايا البعد الافقي وارتفاع الشمس للساعات (٧:٠٠، ٩:٠٠، ١١:٠٠، ١:٠٠) لفصل الخريف (٢٣/٩/٢٠٢٤) في مدينة الرميثة

مقدار الاشعاع الشمسي لزوايا ارتفاع الشمس						زاوية البعد الافقي	الساعة
°90	°60	°45	°30	°15	°0		
72.8	113.4	١٩٥,٤	255	286.4	230.6	0° شمال	٧:٠٠
373.5	629.3	٤٥٣,٨	522.2	564		45° شمال شرق	
589.3	822.5	٦٩٨,١	748.7	790.1		90° شرق	
98.9	170.7	٢٨٧,٥	301.8	337.8		135° جنوب شرق	
96.3	86.1	٩٣,٣	105.5	153.2		180° جنوب	
117.1	99.4	٨٩	82.3	75		225° جنوب غرب	
120.3	97.7	٨٨,٦	74.9	69.2		270° غرب	
414.8	696.4	٦٠٠,٣	748.6	774.7		315° شمال غرب	
135.9	128.5	١٩٠	308.6	340.3	593.7	0° شمال	٩:٠٠
104.9	281.9	٤٢٩,٤	503.8	554.9		45° شمال شرق	
371.3	686.7	٦٨٤,٢	761.6	798		90° شرق	
395.5	759.2	٨٦٩,٤	820.3	779.9		135° جنوب شرق	
206.9	375.5	٤٣٩,٦	625.3	645.8		180° جنوب	
182.3	180.9	٢٠١,٨	296.7	320.4		225° جنوب غرب	
212.3	197	٢٢٠,٣	401.9	493.2		270° غرب	
532.5	912.4	٤٩٠,٢	106.1	99.3		315° شمال غرب	
137.9	143.8	٣٨٧,٥	514.9	543.2	888.2	0° شمال	١١:٠٠
١٤٨	167.4	٤١٧	585.1	600		45° شمال شرق	
203.6	514.6	٦٤٦,٦	744.9	765.9		90° شرق	
289.1	718.5	٨٥٠,١	١٠١٨	987.6		135° جنوب شرق	
558.5	874.8	٩٠٦,٤	968.1	978.5		180° جنوب	
242.1	559.6	٥٨٧	661.7	654.1		225° جنوب غرب	
234.7	304.3	٤٥٣,٩	651.8	546.7		270° غرب	
199.4	186.4	٢٧٣,٤	503.2	546.2		315° شمال غرب	
134.2	153.2	٣٨٩,٩	576.1	500.3	823.6	0° شمال	١:٠٠
175.7	١٧٦,٦	٢٧٥,٦	393.6	423.1		45° شمال شرق	
193.1	152.9	٢٧٨,٦	446.5	487.6		90° شرق	
216	339.7	٤٠٣,٩	612.9	547.1		135° جنوب شرق	
484.5	809.6	٨٧٦,٤	٩٨٨,٤	900		180° جنوب	
537.8	901.5	٩٤٣,٥	929.4	965.3		225° جنوب غرب	
303.3	651.8	٧٢١,٢	771.7	754.2		270° غرب	
140.7	161	٢٦٤,٨	483.5	409		315° شمال غرب	

المصدر: الدراسة الميدانية في ٢٣/٩/٢٠٢٤ لقياس الاشعة الواصلة للخلايا بواسطة جهاز (Solar Power Meter SPM)

. (-1116 S)

الاستنتاجات

- ١- تكتسب الخلايا الشمسية اعلى مقدار من الطاقة الواصلة (1007.8 واط/م^٢) في فصل الصيف عندما تكون الخلايا ثابتة باتجاه موقع قرص الشمس بزوايا سمت الرأس (0°) في الساعة (١:٠٠) وهو المعدل الاعلى على مستوى ساعات اليوم وفصول السنة .

- ٢- يتحقق اعلى مقدار من الطاقة المكتسبة (١١٧٥,٦ واط/م^٢) عندما تكون الخلايا الشمسية متحركة باتجاه قرص الشمس المحدد بزاوية البعد الافقي (٢٢٥° جنوب غرب) وزاوية ارتفاع الشمس (١٥°) في ساعة الرصد (١:٠٠) ظهراً في فصل الصيف وهو اعلى معدل على مستوى ساعات اليوم وفصول السنة .
- ٣- يتحدد الاتجاه الامثل الذي يحقق اعلى طاقة مكتسبة بدلالة المعدل الساعي لفصل الشتاء هو عند توجيه الخلايا الشمسية بزاوية البعد الافقي (١٨٠° جنوباً) وزاوية ارتفاع الشمس (٦٠°) ، وفي فصل الصيف يكون بزاوية البعد الافقي (١٨٠° جنوباً) وزاوية ارتفاع الشمس (١٥°) ، في حين يتحدد الاتجاه الامثل للخلايا الشمسية في فصلي الربيع والخريف بزاوية البعد الافقي (١٣٥° جنوب شرق) وزاوية ارتفاع الشمس (٣٠°) .
- ٤- يتضح ان الحركة للخلايا الشمسية تحقق اعلى طاقة واصلة بالمقاييس مع ثبات الخلايا اذ سجلت كل ساعات الرصد في فصول السنة طاقة مكتسبة تتباين مع الحركة الافقية للخلايا الشمسية الموجهة باتجاه قرص الشمس .

التوصيات

- ١- يفضل ربط منظومات الخلايا الشمسية مع منظومة تتحكم في الاتجاه مع حركة قرص الشمس بماي يضمن تحقيق اعلى طاقة شمسية خلال ساعات اليوم .
- ٢- يتطلب نصب الخلايا الشمسية وتوجيهها وفق الاتجاه الامثل الموصى به في البحث ولكل فصل تزامناً مع حركة الشمس خلال اشهر السنة بهدف تحقيق أعلى مقدار من الطاقة المكتسبة .
- ٣- ضرورة دعم مشاريع الطاقة الشمسية في منطقة الدراسة من خلال تقديم الدعم المالي لهذه المشاريع والاستعانة بخبرات الشركات الرائدة في هذه المجال مع اقامة الدورات والتوجيه حول استخدام الطاقة المتجددة .

المصادر

- (١) فراس فاضل مهدي البياتي ، التباين المكاني للإشعاع الشمسي في العراق ، مجلة الاستاذ ، المجلد(٢)، العدد(٢٢٤)، ٢٠١٨ ، ص٣٦٤-٣٦٥ .
- (٢) Barry, R.C. Chorley, R.I., Atmosphere, Weather and Climate, Zither, London , 1998 , P.19.
- (٣) علي احمد غانم ، الجغرافية المناخية ، ط(٢) ، دار المسيرة ، عمان ، الاردن ، ٢٠١١ ، ص٥٠ .
- (٤) Krarti, M., & Reddy, T. A. , Solar energy, An introduction. CRC Press, UK, 2018 , p.89 .
- (٥) حسين علي عبد الحسين ، تقييم كفاءة الطاقة المكتسبة بدلالة حركة وثبات سطح الخلايا الشمسية وفقاً للزوايا المحددة لموقع قرص الشمس في مدينة الديوانية ، مجلة بابل للعلوم الانسانية ، المجلد(٢٨) ، العدد(١) ، ٢٠٢٠ ، ص ٩٧ .
- (٦) سعود يوسف عياش، تكنولوجيا الطاقة البديلة ، سلسلة اصدارات عالم المعرفة، العدد(٣٨)، الكويت، ١٩٨١، ص١٧٩ .
- (٧) حسين علي عبد الحسين ، مصدر سابق ، ص ٩٨ .
- (٨) K. Salaheldeen et al. ,Optimal Roof Tilt Angles and Orientations for Solar Photovoltaic Systems Energies, 13(9), 2020 , p.44 .
- (٩) Firas Aziz Ali , Optimum Tilt Angle of Photovoltaic Panels for Some Iraq Cities, Journal of University of Babylon, Engineering Sciences, Vol.(26), No.(1), 2018.

(١٠) آلاء رحيم محمد الشمري ، حساب كمية الطاقة الكهربائية المتولدة بفعل الاشعاع الشمسي في العراق ، رسالة ماجستير ، كلية التربية للبنات ، جامعة الكوفة ، ٢٠١١ ، ص٩٣ .

K. Salaheldeen et al. ,Optimal Roof Tilt Angles and Orientations for Solar Photovoltaic (11) Systems Energies, 13(9), 2020 .

Gary, H. P. & Gary, S. N, Model Evaluation & optimum collector slope for A Tropical (12) country, solar world forum, 1982, P. 236.

(١٣) حسين علي عبد الحسين ، مصدر سابق ، ص١٠٤ .

المصادر باللغة الانكليزية

- (1) Firas Fadel Mahdi Al-Bayati, Spatial Variation of Solar Radiation in Iraq, Al-Ustad Magazine, Volume (2), Issue (224), 2018, pp. 364-365.
- (2) Barry, R.C. Chorley, R.I., Atmosphere, Weather and Climate, Zither, London , 1998 , P.19.
- (3) Ali Ahmed Ghanem, Climatic Geography, 2nd edition, Dar Al-Masirah, Amman, Jordan, 2011, p. 50.
- (4) Krarti, M., & Reddy, T. A. ,Solar energy, An introduction. CRC Press, UK, 2018 , p.89.
- (5) Hussein Ali Abdul Hussein, Evaluation of the acquired energy efficiency in terms of the movement and stability of the surface of solar cells according to the angles specified for the location of the sun disk in the city of Diwaniyah, Babel Journal for the Human Sciences, Volume (28), Issue (1), 2020, p. 97.
- (6) Saud Yousef Ayyash, Alternative Energy Technology, Knowledge World Publications Series, Issue (38), Kuwait, 1981, p. 179.
- (7) Hussein Ali Abdul Hussein, previous source, p. 98.
- (8) K. Salaheldeen et al. ,Optimal Roof Tilt Angles and Orientations for Solar Photovoltaic Systems Energies, 13(9), 2020 , p.44 .
- (9) Firas Aziz Ali , Optimum Tilt Angle of Photovoltaic Panels for Some Iraq Cities, Journal of University of Babylon, Engineering Sciences, Vol.(26), No.(1), 2018.
- (10) Alaa Rahim Muhammad Al-Shammari, Calculating the amount of electrical energy generated by solar radiation in Iraq, Master's thesis, College of Education for Girls, University of Kufa, 2011, p. 93.
- (11)K. Salaheldeen et al. ,Optimal Roof Tilt Angles and Orientations for Solar Photovoltaic Systems Energies, 13(9), 2020 .
- (12)Gary, H. P. & Gary, S. N, Model Evaluation & optimum collector slope for A Tropical country, solar world forum, 1982, P. 236.
- (13) Hussein Ali Abdul Hussein, previous source, p. 104.