

## زيادة الطاقة الحرارية للأفران الشمسية باستخدام العاكس ذو الواجهة الشمالية

د. جوني تقلا\*

د. مسعود صبيح\*\*

هيام حسن\*\*\*

(تاريخ الإيداع 12 / 9 / 2011. قُبِلَ للنشر في 26 / 12 / 2011)

### □ ملخص □

إن توفير الطاقة وتلبية الطلب المتزايد عليها يعد مشكلة اقتصادية واستراتيجية الآن وفي المستقبل لجميع دول العالم، فهي مشكلة حاضرة ومقلقة للدول المستوردة للنفط، وأيضاً لها حاجتها الكبير للدول النفطية من منطلق محدودية الاحتياط النفطي. لذلك لابد من البحث عن مصادر بديلة للطاقة التقليدية، إن أهم هذه المصادر تعد الطاقة الشمسية، طاقة الشمس الحرارية واستخدامها في مجال الطهي والطبخ من خلال الأفران الشمسية سيكون موضوع هذا البحث. تهدف هذه الدراسة الى تحسين الأداء الحراري للفرن الشمسي المجهز بعاكس مفرد ذي واجهة جنوبية من خلال إضافة عاكس ذي واجهة شمالية. تم إجراء الدراسة بشكل تحليلي أو رياضي وأيضاً تجريبي. الدراسة التحليلية تمثلت بإعداد النمذجة الرياضية للفرن الشمسي بعاكس مفرد ذي واجهة جنوبية ثم التوصل الى الأداء الحراري بعد إضافة العاكس ذي الواجهة الشمالية. شملت الدراسة التطبيقية إجراء بعض الاختبارات على أداء الفرن الشمسي ذي العاكس المفرد ومقارنته مع الفرن الشمسي بعاكس مزدوج.

**الكلمات المفتاحية:** فرن شمسي، عاكس مفرد، سلوك حراري للفرن الشمسي، طاقة شمسية.

\* أستاذ - قسم هندسة القوى الميكانيكية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

\*\* أستاذ مساعد - قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

\*\*\* طالب ماجستير - قسم هندسة القوى الميكانيكية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

## Using the Northward Reflector for Increasing the Thermal Energy of Sun Ovens

Dr. Joni Takla<sup>\*</sup>  
Dr. Massoud Sabyh<sup>\*\*</sup>  
Heyam Hasan<sup>\*\*\*</sup>

(Received 12 / 9 / 2011. Accepted 26 / 12 / 2011)

### □ ABSTRACT □

The issue of providing and filling the increased demands for energy is considered an economic and strategic present and future problem for all countries of the world. It is an existing and annoying problem for oil-importing and oil-exporting countries due to limited oil reserve. Consequently, there is a great need to search for substitute sources for traditional energy, the most important of which is solar energy, the thermal energy of the sun and using it in cooking by using sun ovens. This study deals with the issue of improving the thermal performance of the sun oven fitted with a southward single reflector by adding an extra northward reflector. Throughout this study, we apply analytical or mathematical methods in addition to using an experimental one. The analytical study caters for preparing the mathematical modelling of the sun oven fitted with a southward reflector. We have maintained the thermal performance after adding a northward reflector. The applied part of this study is based on conducting certain experiments on the performance of the sun oven fitted with an individual reflector and comparing it with the sun oven fitted with a double reflector.

**Keywords:** Sun oven, Individual reflector, behavior of the sun oven, Solar energy.

---

<sup>\*</sup> Professor, Department of Mechanical Force Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

<sup>\*\*</sup> Associate Professor, Department of Electrical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

<sup>\*\*\*</sup> Postgraduate Student, Department of Mechanical Force Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

## مقدمة

إن الطاقة المستمدة من المصادر التقليدية كالوقود الأحفوري والمفاعلات النووية، يترافق معها تلوث للبيئة وزيادة الاحتباس الحراري تعود انعكاساته السلبية على كل الكائنات الحية، وهذا يسبب تدهوراً في الظروف الصحية والبيئية، من انتشار الأمراض وزيادة الزحف الصحراوي الذي يهدد الغطاء النباتي والغابات بالانحسار والتقلص ويهدد الثروة الحيوانية ومصادر الغذاء في العالم، الأسباب التي سبق ذكرها شجعت أكثر بلدان العالم على إجراء البحوث والتجارب لإيجاد مصادر بديلة للطاقة تتميز بالتجدد والاستمرارية مع عدم تلويثها للبيئة، كانت الطاقة الشمسية من أهم هذه المصادر. سنعالج في هذا البحث موضوع تحسين الأداء الحراري للفرن الشمسي ذي العاكس المفرد بواجهة جنوبية من خلال إضافة عاكس آخر ذي واجهة شمالية. هذه الدراسة للفرن الشمسي ستشمل دراسة تحليلية ودراسة تجريبية، الدراسة التحليلية تمت على عدة مراحل، البداية كانت مع تقدير قيم الإشعاع الشمسي لموقع الدراسة وذلك بحسب ASHRAE، ثم إعداد البرمجة الحاسوبية اللازمة، لسهولة تحديد قيم الإشعاع الشمسي خلال ساعات السطوح الشمسي وعلى مدار العام، الموقع الذي تم اختياره لإجراء الدراسة هو محافظة اللاذقية. الخطوة التالية تمثلت بإعداد النمذجة الرياضية لكل أجزاء ومكونات الفرن الشمسي من خلال استخدام زاوية ميل العاكس ذي الواجهة الشمالية والجنوبية، وزاوية سمت وزاوية ميل الشمس والزاوية الساعية وخط عرض الموقع وزاوية ميل فتحة الفرن الشمسي وقيمة عاكسية العاكس المستخدم ومساحة فتحة الفرن الشمسي وزاوية ورود الأشعة الشمسية وزاوية ارتفاع الأشعة المنعكسة من العاكس. الإجراء التجريبي لعمل الفرن الشمسي لحالتي الفرن الشمسي بعاكس مفرد ذي واجهة جنوبية وأيضاً مع إضافة العاكس ذي الواجهة الشمالية، وإجراء المقارنة بين الحالتين.

## أهمية البحث وأهدافه

إن الارتفاع المتزايد لسعر الوقود البترولي بالإضافة الى النقص الحاد في حجم الغابات التي كانت منتجة للأخشاب من أجل استخدامها مصدراً للطاقة الحرارية اللازمة وأيضاً عدم توافر المشتقات النفطية في كثير من المجتمعات الريفية والمناطق الحدودية وتجمعات القبائل التي تعمل برعي الماشية، كل الأسباب السابقة تزيد من ضرورة البحث عن مصادر بديلة للطاقة لاستخدامها في الاحتياجات اليومية، ولعل من أهم ما يلزم توافره هو الطاقة اللازمة لإجراء الطهي أو الطبخ، إن الفرن الشمسي ولما يتميز به من بساطة في التصميم وانخفاض في التكاليف، أيضاً إمكانية استخدامه في أي موقع شريطة أن تتوفر فيه طاقة الإشعاع الشمسي، المردود الجيد بالمقارنة مع الفرن ذي العاكس المفرد، وبالتالي يمكن اعتبار الفرن الشمسي بديلاً للفرن التقليدي على اختلاف أنواعه.

إن الفرن الشمسي ذا الواجهة الشمالية /NR/ ومن خلال الطاقة الحرارية التي نحصل عليها من خلاله والتي بينتها التجربة في محافظة اللاذقية، هذا يؤكد إمكانية استخدامه في سوريا، والذي يشجع على استخدامه الارتفاع المتتالي لسعر الوقود وغياب المصادر الأخرى للحصول على الطاقة الحرارية المطلوبة (الأخشاب وغيرها)، وقد يكون استخدامه ذا طابع اقتصادي في المناطق الريفية والقرى وهي عديدة وممتدة على كامل رقعة البلاد وأيضاً في المجتمعات الزراعية الذين يعملون برعي المواشي أو الرحلات ذات الطابع السياحي.

إن البحث الذي تم إنجازه يهدف إلى تحسين أداء الفرن الشمسي من خلال إضافة عاكس ذي واجهة شمالية، هذه الإضافة ستزيد من المردود الحراري وسوف توافر من إمكانية الحصول على درجات حرارة تزيد عن درجة حرارة غليان الماء عند التعامل مع السوائل الزيتية.

إجراء دراسة تحليلية وتجريبية لحالتي الفرن الشمسي بعاكس مفرد ذي واجهة جنوبية ومع إضافة العاكس ذي الواجهة الشمالية، ثم أجزاء المقارنة من حيث السلوك الحراري ومردود العمل.

### طرائق البحث ومواده

في البداية تم تحديد الخواص الميتورولوجية ( المناخية ) لموقع الدراسة، ثم تقدير شدة الإشعاع الشمسي من خلال نمذجة رياضية وإجراء دراسة للفرن الشمسي ذي العاكس المفرد بواجهة جنوبية، دراسة الفرن الشمسي السابق بعد إضافة العاكس ذي الواجهة الشمالية.

إن إتمام البحث تم من خلال العمل بالمحاور التالية:

- \* جمع المادة العلمية
- \* النمذجة الرياضية لتقدير قيمة الإشعاع الشمسي
- \* تحديد السلوك الحراري للفرن الشمسي من خلال البرمجة الحاسوبية
- \* إجراء الاختبار التجريبي للفرن الشمسي
- \* مقارنة الدراسة النظرية مع الدراسة التجريبية

### عوامل المناخ

#### درجات الحرارة

إن حرارة الوسط الخارجي تمثل الحرارة الأولية لعمل الفرن الشمسي، لذلك من الضروري تحديد القيم المتوسطة لدرجات الحرارة. بالاستعانة ببيانات محطات الأرصاد الجوية يمكن الحصول على القيم المتوسط الشهرية على مدار العام كما هو موضح بالجدول (1)[1].

الجدول (1): القيم المتوسطة الشهرية لدرجات الحرارة لموقع الدراسة.

الشهر	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temp.	12.9	12.3	13.7	18.9	20.3	23.7	25.3	25.9	25.1	23.3	17.4	14.3

### الإشعاع الشمسي

شدة الإشعاع الساقط على سطح الأرض تابعة لموقع سطح الأرض بالنسبة للشمس، ولتحديد قيمته بالنسبة لموقع الدراسة يجب تحديد قيم الزوايا الهندسية وأيضاً أنواع الإشعاع الشمسي وذلك وفقاً لما يلي:  
زاوية انحراف الشمس تعطى بالعلاقة [2]:

$$\delta = 23.45 + \sin\left(\frac{360}{365}(284 + n)\right) \quad (1)$$

حيث: n: رقم اليوم في السنة

يتألف الإشعاع الشمسي الواصل الى الأرض من إشعاع مباشر ومنعكس ومبدد.

### الإشعاع على السطح الأفقي:

إن شدة الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على سطح الأرض سقوط حر وهو يمثل إشعاعاً مباشراً ساقطاً بشكل غير متعامد مع السطح ولكن متعامد مع الشمس يعطى بالعلاقة التالية [3]:

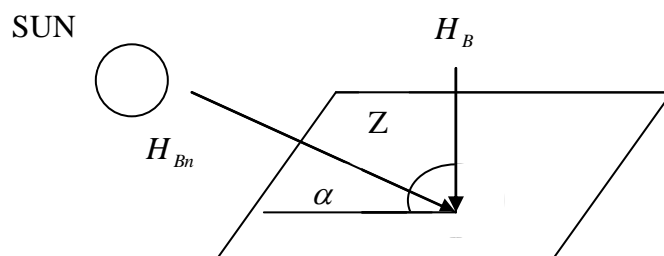
$$H_{Bn} = A e^{-B/\sin\alpha} [W/m^2] \quad (2)$$

حيث: A: إشعاع شمسي عند انعدام كثافة الهواء

B: معامل اختفاء الغلاف الجوي

$\alpha$ : زاوية ارتفاع الشمس

الشكل (1) يبين أنواع الإشعاع المباشر الساقط على السطح الأفقي.



الشكل (1): إشعاع شمسي مباشر ساقط على السطح الأفقي.

يتوقف تغير قيم A & B على التغير السنوي للمسافة بين الأرض والشمس والتغير الفصلي لمحتوى الغلاف الجوي من الرطوبة. الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على سطح الأرض سقوط حر يعطى بالعلاقة:

$$H_B = H_{Bn} \sin\alpha \quad (3)$$

حيث:  $\alpha$ : زاوية ارتفاع الشمس

الإشعاع الشمسي المبعثر الناتج من الإشعاع الشمسي الساقط على سطح اختياري بعد تعرضه لعوامل الانعكاس والانكسار، وهذه الحالة عندما تكون السماء ملبدة بالغيوم. ويعطى بالعلاقة:

$$H_d = C H_{Bn} F_{ss} \quad (4)$$

حيث: C: معامل تشتت الإشعاع.

$F_{ss}$ : المعامل الزاوي بين السطح والسماء.

يعطى المعامل الزاوي من أجل سطح يميل بزاوية S بالعلاقة التالية:

$$F_{ss} = 0.5(1 + \cos s) \quad (5)$$

حيث: S: الزاوية بين السطح والمستوي الأفقي وهو يعادل خط العرض للموقع، للسطح العمودي قيمة المعامل

$F_{ss} = 0.5$  ، وللسطح الأفقي  $F_{ss} = 1$  .

الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح أفقي:

$$H = H_B + H_d \quad (6)$$

الإشعاع على السطح المائل:

الإشعاع على السطح المائل يتكون من إشعاع مباشر، وإشعاع مبدد في السماء وإشعاع منعكس من الأرض، الشكل (2) يوضح الإشعاع المباشر الساقط على سطح مائل. الإشعاع المباشر الساقط على السطح المائل يعطى بالعلاقة:

$$H_{Bt} = H_{Bn} \cos i \quad (7)$$

حيث:  $i$ : زاوية السقوط الشمسي على السطح وهي الزاوية بين أشعة الشمس والخط العمودي على السطح. الإشعاع الشمسي المبدد من السماء الساقط على سطح مائل يعطى بالعلاقة:

$$H_{dt} = H_d [(1 + \cos s)/2] \quad (8)$$

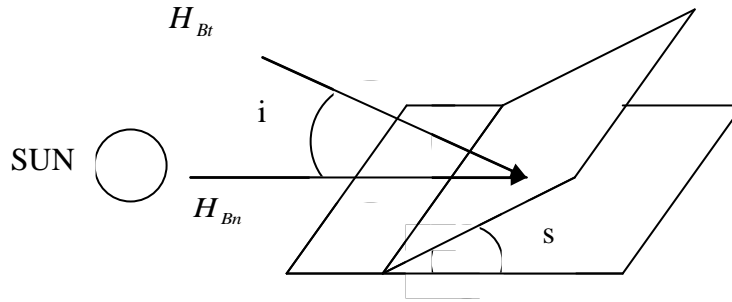
الإشعاع المنعكس من الأرض الى السطح المائل يعطى بالعلاقة:

$$H_{gt} = H \rho_g [(1 - \cos s)/2] \quad (9)$$

حيث:  $\rho_g$ : معامل انعكاس الأرض للأشعة المباشرة والمبعثرة وتعتمد قيمته على طبيعة سطح الأرض (0.2 أرض غير مغطاة بالتلوج، 0.79 أرض مغطاة بالتلوج).

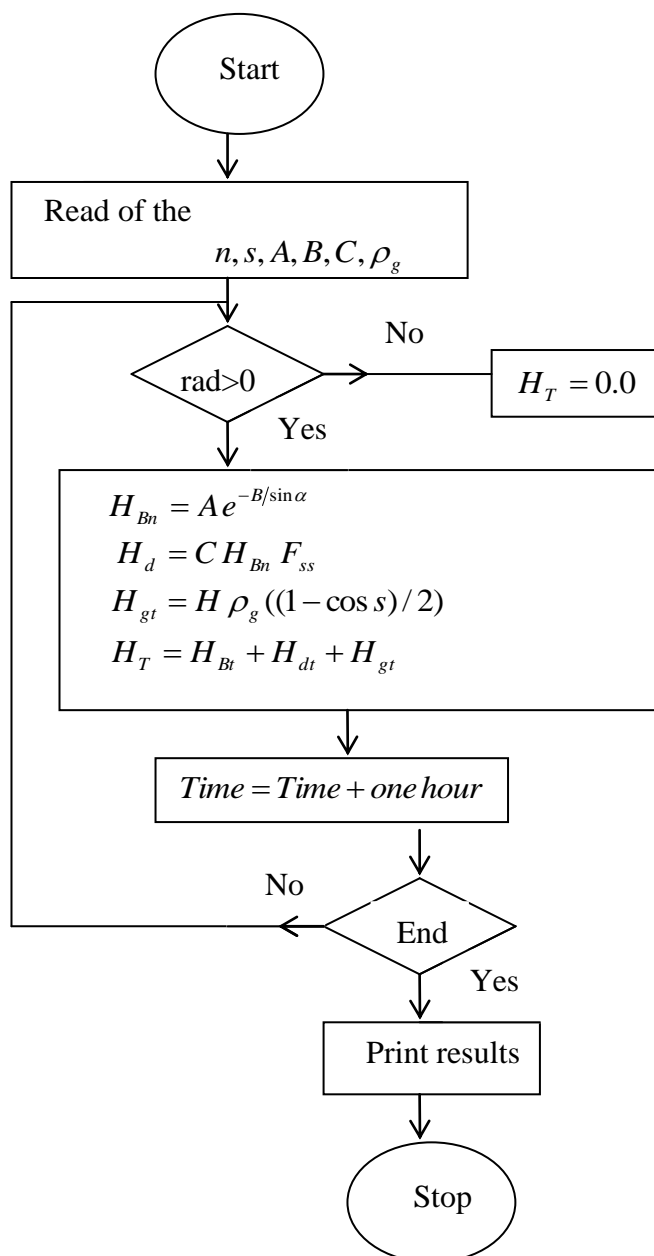
الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح مائل يعطى بالعلاقة:

$$H_T = H_{Bt} + H_{dt} + H_{gt} \quad (10)$$



الشكل (2): إشعاع مباشر ساقط على سطح مائل

لسهولة تحديد قيم الإشعاع الشمسي كقيم ساعية على سطح مائل بزاوية تساوي خط العرض للموقع ( $s = 35^\circ 40'$ ) وعلى مدار العام خلال فترة السطوع الشمسي تم إعداد البرنامج الحاسوبي بلغة (Fugal Fortran)، المخطط الصندوقي موضح بالشكل (3).



الشكل(3):المخطط الصندوقي لحساب المتوسط الشهري لشدة الإشعاع.

### زاوية ميل العاكس

تحدد زاوية ميل العاكس بالنسبة للفرن الشمسي ذي العاكس المفرد بحسب خط العرض للموقع، حيث زاوية الميل تعادل قيمة خط العرض في فصلي الربيع والخريف أما في فصل الصيف فتخفض بمقدار  $15^\circ$  وتضاف هذه القيمة في فصل الشتاء.

بالنسبة للفرن الشمسي ذي العاكس المزدوج فإن الخصائص التصميمية موضحة على الشكل(4)، العاكس ذي الواجهة الجنوبية/SR/ له زاوية ميل  $\beta_s$  / تؤمن انعكاس كل الأشعة الشمسية الى الفرن الشمسي بوقت الظهيرة (Noon time) تعطى بالعلاقة:[4]

$$\beta_S = 60 + 1/3 \psi + 2/3 \theta_Z \quad (11)$$

حيث:  $\psi = 15[\text{deg.}]$ : زاوية ميل فتحة الفرن الشمسي

$\theta_Z [\text{deg.}]$ : زاوية سمت الرأس وهي زاوية بين أشعة الشمس والشاقول، وهي تعطى بالعلاقة: [5]

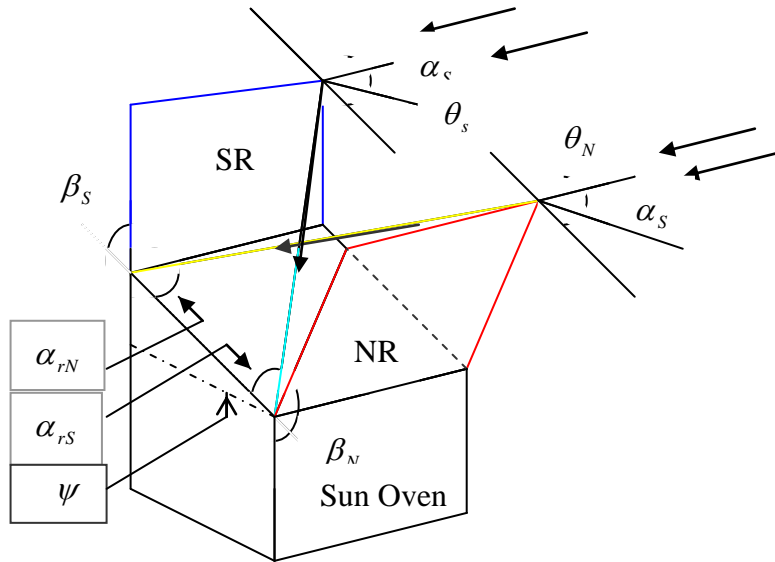
$$\cos \theta_Z = \sin L \sin \delta + \cos L \cos \delta \cos h \quad (12)$$

حيث:  $L = 35^\circ 40'$ : خط العرض للموقع

$h [\text{deg.}]$ : الزاوية الساعية وتحسب من العلاقة ( $h = 1/4(\text{Number of minutes from noon})$ )

العاكس بواجهة شمالية  $/NR/$  له زاوية ميل  $/\beta_N/$  وهذه الزاوية أيضا تؤمن انعكاس كل الأشعة الشمسية بوقت الظهيرة بوصف هذا العاكس يتموضع في مواجهة العاكس السابق، لذلك زاوية الميل تعطى بالعلاقة:

$$\beta_N = 60 - 1/3 \psi - 2/3 \theta_Z \quad (13)$$



الشكل(4): التوضيح الهندسي لأجزاء الفرن الشمسي مع آلية سقوط الأشعة المنعكسة على فتحة الفرن الشمسي.

الأبعاد: القاعدة  $40 \times 40 [\text{Cm}]$ ، الفتحة  $35 \times 35 [\text{Cm}]$ ، العاكس  $40 \times 55 [\text{Cm}]$ ، سماكة عازل القاعدة  $8 [\text{Cm}]$ ، سماكة عازل الجوانب  $5 [\text{Cm}]$ ، الارتفاع من جهة العاكس ذي الواجهة الجنوبية  $22 [\text{Cm}]$ ، الارتفاع من جهة العاكس ذي الواجهة الشمالية  $32 [\text{Cm}]$ .

مواد التصنيع: القاعدة خشب، الجوانب خشب، صفيحة الامتصاص نحاس، العاكس رقائق الألمنيوم، الغطاء زجاج، مادة العزل خشب.

### الطاقة الحرارية للفرن الشمسي

يعطى تدفق الطاقة المستقبلية مباشرة من الشمس بالنسبة للمتر المربع الواحد من مساحة فتحة الفرن الشمسي بالعلاقة: [6]



$$q_a = I_D \cos \theta_a [W/m^2] \quad (14)$$

حيث:  $I_D [W/m^2]$  شدة الإشعاع الشمسي المباشر

$\theta_a$  [deg.]: زاوية سقوط (ورود) الأشعة الشمسية على فتحة الفرن الشمسي وتحسب من العلاقة.

$$\cos \theta_a = \cos \delta \cos h \cos(L-h) + \sin \delta \sin(L-\psi) \quad (15)$$

حيث:  $\delta$  [deg.]: زاوية ميل الشمس

$h$  [deg.]: الزاوية الساعية

$L$  [deg.]: خط العرض للموقع

الطاقة المنعكسة من العاكس /SR/ ذو الواجهة الجنوبية والمستقبلة من قبل فتحة الفرن الشمسي تعطى بالعلاقة:

$$q_{rS} = I_D \rho A_{as} \cos \theta_s \quad (16)$$

حيث:  $\rho = 0.85$  : عاكسية العاكس

$A_{as} [m^2]$ : المساحة الفعلية المضاءة من الأشعة المنعكسة من العاكس /SR/ قبل وبعد الظهيرة.

$\theta_s$  [deg.]: زاوية سقوط الأشعة الشمسية من العاكس /SR/ الى فتحة الفرن الشمسي

الطاقة المنعكسة من العاكس /NR/ والمستقبلة من قبل فتحة الفرن الشمسي تعطى بالعلاقة:

$$q_{rN} = I_D \rho A_{aN} \cos \theta_N \quad (17)$$

حيث:  $A_{aN} [m^2]$ : المساحة الفعلية المضاءة من الأشعة المنعكسة من العاكس /NR/ قبل وبعد الظهيرة.

$\theta_N$  [deg.]: زاوية سقوط الأشعة الشمسية من العاكس /NR/ إلى فتحة الفرن الشمسي.

الزاوية  $\theta_s$  تعطى بالعلاقة: [6]

$$\cos \theta_s = \cos \delta \cos h \cos(L-\beta_s) + \sin \delta \sin(L-\beta_s) \quad (18)$$

وبالمقابل يمكن تحديد قيمة الزاوية  $\theta_N$  كما يلي:

$$\cos \theta_N = \cos \delta \cos h \cos(L-\beta_N) + \sin \delta \sin(L-\beta_N) \quad (19)$$

مساحة فتحة الفرن الشمسي /  $A_a$  / تكون مساوية لكل من  $A_{as}$  &  $A_{aN}$  في وقت الظهيرة، ولكن في الأوقات قبل

وبعد الظهيرة يتم تحديد هذه المساحة مع الأخذ بالحسبان سمت فتحة الفرن الشمسي وزاوية الميل  $\psi$ ، المساحة الفعلية

المضاءة من الأشعة المنعكسة من العاكس /SR/ قبل وبعد الظهيرة تعطى بالعلاقة: [7]

$$A_{aS} = \sin(\beta_s - \alpha_{rS}) \frac{\cos \gamma_{rS}}{\sin(\alpha_{rS} - \psi)} \left(1 - \frac{\sin(\beta_s - \alpha_{rS}) \sin \gamma_{rS}}{2 \sin \alpha_{rS}}\right) \quad (20)$$

وبالمقابل المساحة الفعلية المضاءة من الأشعة المنعكسة من العاكس /NR/ قبل وبعد الظهيرة تعطى بالعلاقة:

$$A_{aN} = \sin(\beta_N - \alpha_{rN}) \frac{\cos \gamma_{rN}}{\sin(\alpha_{rN} - \psi)} \left(1 - \frac{\sin(\beta_N - \alpha_{rN}) \sin \gamma_{rN}}{2 \sin \alpha_{rN}}\right) \quad (21)$$

حيث:  $\beta_s$  [deg.]: الزاوية بين سطح العاكس بواجهة جنوبية والأفق

$\beta_N$  [deg.]: الزاوية بين سطح العاكس بواجهة شمالية والأفق

تحديد قيمة الزاويتين السابقتين يتم كما يلي:

$$/ \beta_S / = \tan^{-1}(\tan \beta_S \cos \gamma_S) \quad (22)$$

$$/ \beta_N / = \tan^{-1}(\tan \beta_N \cos \gamma_S) \quad (23)$$

في هذه الدراسة نعتبر أن  $90^\circ > \beta_S$  والزاوية  $/ \beta_S /$  تعطى من خلال العلاقة:

$$\tan(' \beta_S - 180) = \tan(\beta_S - 180) \cos \gamma_S \quad (24)$$

إذا فرضنا:  $\gamma_{rS}$  [deg.] زاوية سمت الأشعة الشمسية المنعكسة من العاكس بواجهة جنوبية

$\gamma_{rN}$  [deg.] زاوية سمت الأشعة الشمسية المنعكسة من العاكس بواجهة شمالية

وهاتان الزاويتان تحددان كما يلي: [8]

$$\gamma_{rS} = \gamma_{rN} = \text{SIN}^{-1}\left(\frac{\text{COS } \delta \text{ SIN } W}{\text{COS } \alpha_S}\right) \quad (25)$$

حيث:  $\gamma_S$  [deg.] سمت الشمس

$\alpha_S$  [deg.] زاوية الارتفاع

$\alpha_{rS}$  [deg.] زاوية ارتفاع الأشعة المنعكسة من العاكس /SR/ على فتحة الفرن الشمسي

$\alpha_{rN}$  [deg.] زاوية ارتفاع الأشعة المنعكسة من العاكس /NR/ على فتحة الفرن الشمسي

وتعطى الزوايا السابقة بالعلاقات التالية:

$$\alpha_{rS} = \text{SIN}^{-1}(-\text{COS } \alpha_S \text{ SIN } 2\beta_S \text{ COS } \gamma_S - \text{SIN } \alpha_S \text{ COS } 2\beta_S) \quad (26)$$

$$\alpha_{rN} = \text{SIN}^{-1}(-\text{COS } \alpha_S \text{ SIN } 2\beta_N \text{ COS } \gamma_S - \text{SIN } \alpha_S \text{ COS } 2\beta_N) \quad (27)$$

$$\alpha_S = \text{SIN}^{-1}(\text{COS } L \text{ COS } \delta \text{ COS } W - \text{SIN } L \text{ SIN } \delta) \quad (28)$$

## النتائج والمناقشة

### زاوية ميل العاكس

إن زاوية ميل العاكس ذي الواجهة الجنوبية  $/ \beta_S /$  وزاوية ميل العاكس ذي الواجهة الشمالية  $/ \beta_N /$ ، تأخذ قيماً مختلفة على مدار العام، حيث تتعلق قيمها بخط عرض الموقع ورقم اليوم في العام وزاوية ميل فتحة الفرن الشمسي. لقد تم تحديد قيم زوايا الميل بما يوافق منتصف الشهر لكل أشهر العام، زوايا الميل هذه تؤمن أفضل حالة عمل للفرن الشمسي وأكبر نسبة انعكاس للأشعة الشمسية الى داخل الفرن. تغير قيم زوايا الميل خلال العام للموقع المدروس موضح على الشكل (5).

في الصيف زاوية ميل العاكس ذي الواجهة الجنوبية  $/ \beta_S /$  تأخذ قيماً منخفضة، وزاوية ميل العاكس ذي الواجهة الشمالية  $/ \beta_N /$  تأخذ قيماً مرتفعة، لأن الشمس تكون مرتفعة في القبة السماوية والعاكسان السابقان بهذه الوضعية يسمحان بالسقوط المباشر أو الانعكاس التام للأشعة الشمسية على فتحة الفرن الشمسي. في الشتاء زاوية ميل العاكس ذي الواجهة الجنوبية  $/ \beta_S /$  تأخذ قيماً مرتفعة، وزاوية ميل العاكس ذي الواجهة الشمالية  $/ \beta_N /$  تأخذ قيماً منخفضة، لأن الشمس تكون منخفضة بالنسبة لخط الأفق وهذا أيضا يتيح السقوط المباشر وغير المباشر للأشعة الشمسية على فتحة الفرن الشمسي.

### الطاقة الحرارية للفرن الشمسي

الفرن الشمسي مجهز بفتحة علوية تستقبل الطاقة الحرارية المباشرة من الشمس لواحدة السطح  $q_a [W/m^2]$  ، وهناك تدفق طاقة منعكسة من العاكس ذي الواجهة الجنوبية/SR/ ممثلة بالقيمة  $q_{rS} [W/m^2]$  ، وطاقة منعكسة من العاكس ذي الواجهة الشمالية/NR/ ممثلة بالقيمة  $q_{rN} [W/m^2]$  ، الطاقة المنعكسة بوجود العاكسين معا  $q_{rN\&S} [W/m^2]$  وهي تمثل مجموع الطاقة المقدمة من العاكسين. التمثيل البياني لقيم الطاقة الحرارية السابقة كقيم متوسطة لكل شهر من أشهر العام موضحة بالشكل(6).

### نسبة التحسين

إضافة العاكس ذي الواجهة الشمالية للفرن الشمسي/NR/ والمجهز بالعاكس ذي الواجهة الجنوبية/SR/ يزيد من تدفق الطاقة الكلية الناتجة عن العاكسين معا والمستقبل بوساطة فتحة الفرن الشمسي  $q_{rN\&S} [W/m^2]$  ، هذه الزيادة تؤدي الى تحسين في الأداء وزيادة في الطاقة الحرارية المستقبل بوساطة فتحة الفرن الشمسي بنسبة تصل الى 2.21 مرة في الصيف و 1.45 مرة في الشتاء. إن نسبة الزيادة في الطاقة الحرارية أو نسبة التحسين الناتجة في أداء الفرن الشمسي لحالة وجود العاكس /NR/ (Improvement Ratio/IR/) من أجل مختلف الأشهر على مدار العام موضحة بالشكل(7).

إن نسبة التحسين تم تحديدها من خلال نسبة الطاقة المنعكسة في حال وجود العاكسين ذي الواجهة الجنوبية/SR/ والواجهة الشمالية/NR/ ممثلة بالقيمة  $q_{rN\&S} [W/m^2]$  الى الطاقة المنعكسة في حال وجود العاكس ذي الواجهة الجنوبية فقط  $q_{rS} [W/m^2]$  ، وبخصوص زوايا الميل المعتمدة لتحديد نسبة التحسين من زاوية ميل العاكس ذي الواجهة الجنوبية  $\beta_S$  / وزاوية ميل العاكس ذي الواجهة الشمالية  $\beta_N$  / هي القيم الموافقة لمنتصف الشهر لكل أشهر العام.

### الطاقة الحرارية للفرن الشمسي وزاوية الميل

ستجرى هذه الدراسة من أجل قيم مختلفة لزوايا الميل، إن زاوية ميل الشمس  $\delta$  والتي تتحدد قيمتها حسب المحور القطبي (Polar axis) الذي يميل عادة عن المحور المداري للأرض حسب الفصول الأربعة بقيم حدية وذلك كالتالي:

$$\delta = -23.5^\circ \text{ *الانقلاب الشتوي}$$

$$\delta = 0^\circ \text{ *الانقلاب الربيعي والخريفي}$$

$$\delta = +23.5^\circ \text{ *الانقلاب الصيفي}$$

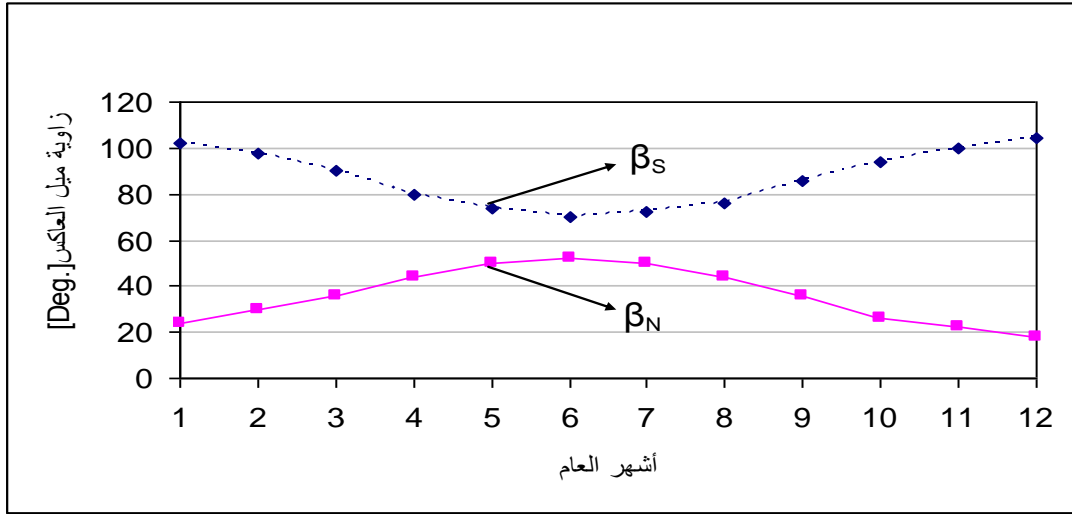
لقد تم تحديد الطاقة الحرارية الواصلة الى الفرن الشمسي عند قيم مختلفة للزاوية الساعية من أجل الفترة من الساعة 12:00[Noon] حتى الساعة 3:00[Pm]، وذلك من أجل الحالات الثلاثة التالية:

الحالة(1): الفرن الشمسي غير مجهز بعواكس للأشعة الشمسية.

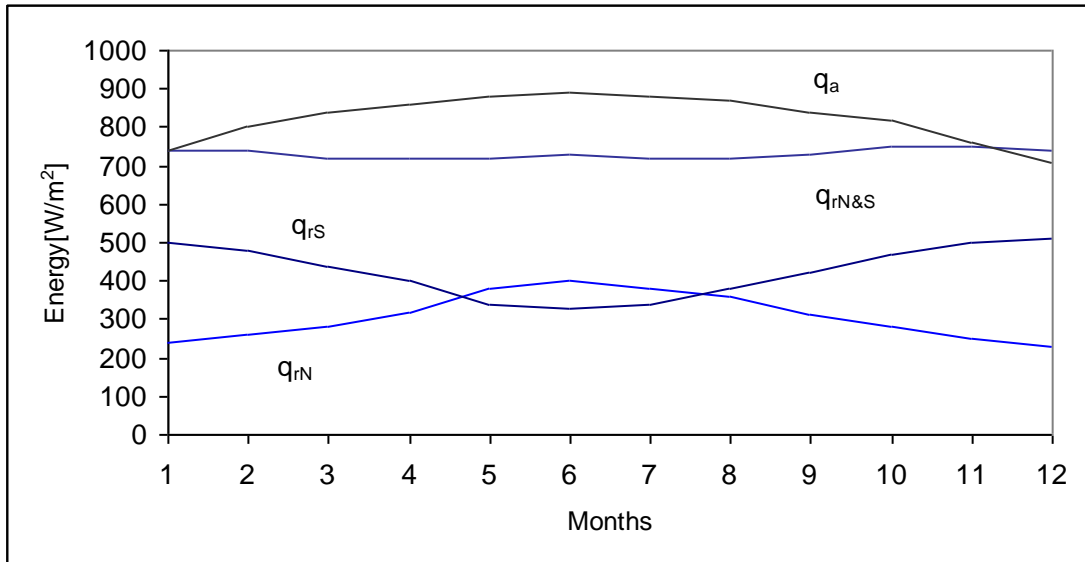
الحالة(2): الفرن الشمسي مجهز بعاكس /SR/ وآخر /NR/ باتجاه ثابت نحو الجنوب حسب خط العرض للموقع.

الحالة (3): الفرن الشمسي مجهز بالعاكسين /SR & NR/ ولكن مع الأخذ بالحسبان زاوية الميل للعاكسين السابقين  $\beta_N$  &  $\beta_S$  على مدار العام.

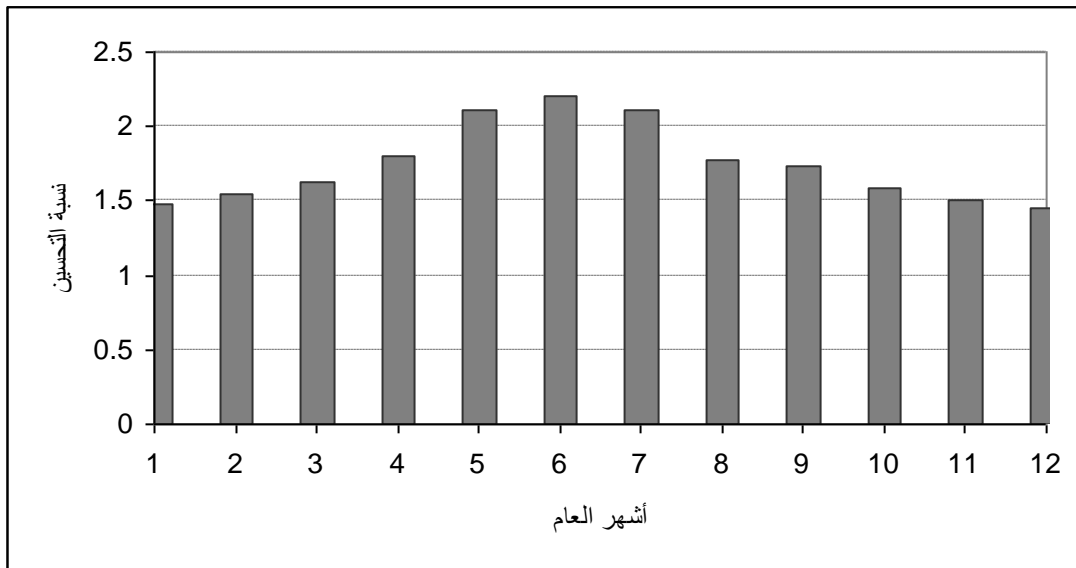
إن تدفق الطاقة الحرارية موضح على الأشكال (8، 9 و 10) من أجل القيم السابقة الحدية لزاوية الميل بما يتفق مع الحالات الثلاث المدروسة، حيث  $q_t$  / هي مجموع الطاقة المستقبلية من قبل الفرن الشمسي المباشرة  $q_a$  / ومن خلال العاكس ذي الواجهة الجنوبية  $q_{rS}$  / والعاكس ذي الواجهة الشمالية  $q_{rN}$  /، إن مساواة الطاقة الحرارية المكتسبة للحالة الثانية (ثبات العاكسان) مع الحالة الثالثة (تحريك العاكسين حسب زوايا الميل) عند الساعة 12:00، لأنها تمثل حالة تطابق في هذه اللحظة بين الحالتين المذكورتين.



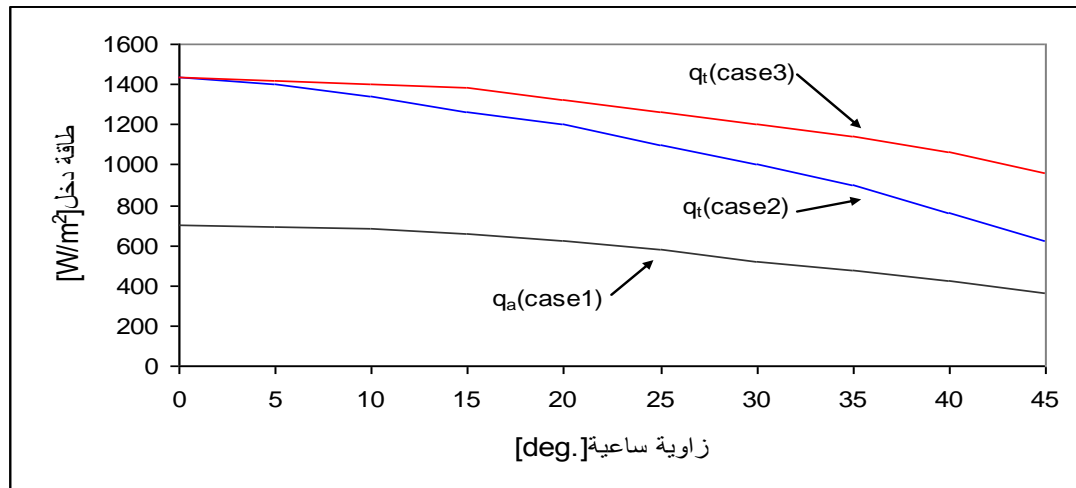
الشكل(5): زوايا ميل العاكس /SR/ و /NR/ لمختلف أشهر العام لخط عرض  $35^\circ 40'$ .



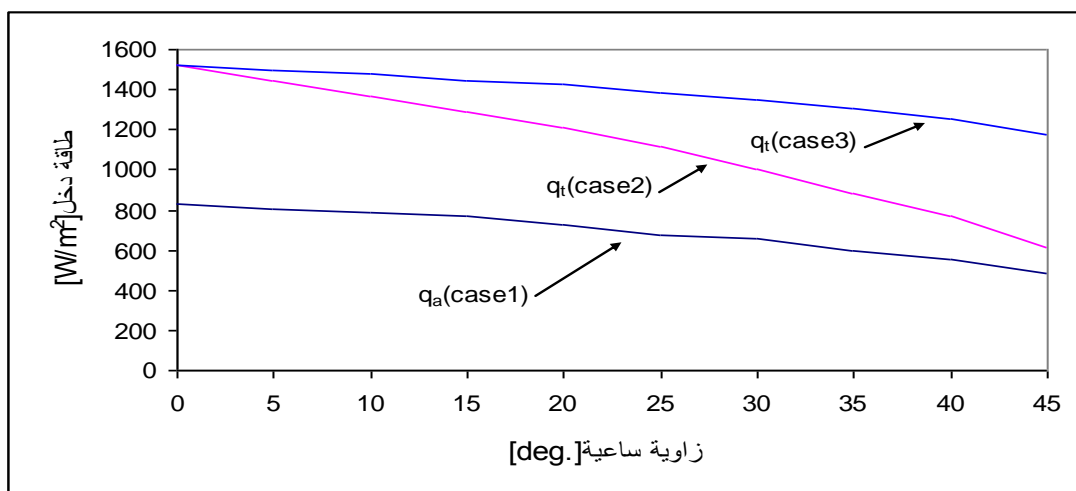
الشكل(6): قيم الطاقة المستقبلية بواسطة الفرن الشمسي على اختلاف أشهر العام،  $q_a$ : الطاقة الحرارية المباشرة من الشمس،  $q_{rS}$ : الطاقة المنعكسة من العاكس ذي الواجهة الجنوبية،  $q_{rN}$ : الطاقة المنعكسة من العاكس ذي الواجهة الشمالية،  $q_{rN\&S}$ : الطاقة المنعكسة بوجود العاكسين معا.



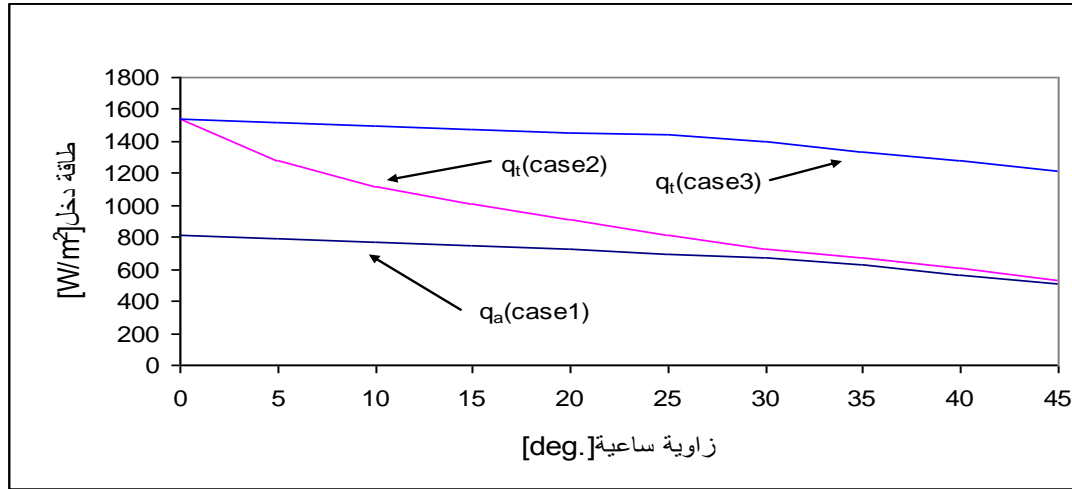
الشكل(7):نسبة التحسين في الطاقة المفيدة بإضافة العاكس ذي الواجهة الشمالية.



الشكل(8):الطاقة الحرارية الواردة إلى فتحة الفرن الشمسي عند خط عرض  $35^{\circ} 40'$  وزاوية ميل  $\delta = -23.5^{\circ}$



الشكل(9):الطاقة الحرارية الواردة إلى فتحة الفرن الشمسي عند خط عرض  $35^{\circ} 40'$  وزاوية ميل  $\delta = 0^{\circ}$



الشكل (10): الطاقة الحرارية الواردة إلى فتحة الفرن الشمسي عند خط عرض  $40^\circ$  و زاوية ميل  $\delta = +23.5^\circ$

### الدراسة التجريبية

#### قياس درجة حرارة الهواء المحصور

إن قياس درجة حرارة الهواء المحصور داخل الفرن الشمسي تم من خلال المواصفات التالية:

- مقياس درجة الحرارة ملصق على الجدار الداخلي للفرن الشمسي ويمكن رؤية تغيراته من خلال الغطاء الزجاجي الشفاف لفتحة الفرن الشمسي، مجال المقياس  $[^\circ C] (10 \div 320)$ .
- زاوية ميل العاكس ذي الواجهة الجنوبية الموافقة لشهر نيسان  $\beta_S = 80^\circ$
- زاوية ميل العاكس ذي الواجهة الشمالية الموافقة لشهر نيسان  $\beta_N = 44^\circ$
- قياس درجات الحرارة كل 20[minutes]
- صورة للفرن الشمسي موضحة بالشكل (11)

لقد تم إجراء هذا الاختبار بتاريخ 2011/4/15 في يوم صحو، وذلك من خلال قياس وتسجيل درجة حرارة الهواء المحصور داخل الفرن الشمسي، درجة حرارة الوسط الخارجي  $[^\circ C] 24$ ، تم إجراء التجربة من الساعة 8:00[am] وحتى الساعة 16:00[pm]، إن تغيرات درجة الحرارة لفرن شمسي بعاكس مفرد  $T_S$  وتغيراتها لفرن شمسي بعاكس ذي واجهة شمالية وجنوبية  $T_{SN}$ . نتائج القياس موضحة بالشكل (12). يتبين من خلال هذا الإجراء التجريبي أن درجة حرارة الهواء داخل الفرن الشمسي المزود بعاكس /NR/ تزداد بمقدار  $[^\circ C] 30$  بالمقارنة مع الفرن ذي العاكس المفرد، وأيضاً يحافظ على درجة حرارة تزيد عن  $[^\circ C] 100$  لفترة زمنية تتجاوز الساعة الواحدة بالمقارنة مع الفرن ذي العاكس المفرد.

#### أداء الفرن الشمسي

لتحديد العلاقة بين أداء الفرن الشمسي والطاقة الحرارية المكتسبة تم وضع كميات مختلفة من الماء وزيادة منتظمة لوزن الماء بواقع  $0.5[kg]$  لكل حالة، حتى نصل الى الحمولة الأعظمية للفرن المجهز بعاكس مفرد والتي بلغت  $L_1 = 2.0[kg]$  ويقابلها حمولة  $L_2 = 4.0[kg]$  بعد إضافة العاكس ذي الواجهة الشمالية، حيث الزمن اللازم لتسخين الحمولة الأولى من أجل الفرن التقليدي والوصول إلى درجة الحرارة  $[^\circ C] 90$  يتساوى مع الزمن اللازم لتسخين

الحمولة الثانية من أجل الفرن ذي العاكس المزدوج عند نفس الدرجة. الشكل البياني (13) يوضح الزمن اللازم للوصول الى درجة الحرارة  $[^{\circ}C] 90$  من أجل كميات مختلفة من الماء والموضوعة داخل الفرن الشمسي بنوعيه ذي العاكس المفرد والمجهز بعاكس ذي واجهة شمالية. وهذا الشكل يوضح أن الزمن اللازم للوصول الى الحرارة المطلوبة عند وزن  $[kg] 4$  وفرن شمسي بعاكس مزدوج يعادل نفس الزمن اللازم لتسخين  $[kg] 2$  لفرن شمسي بعاكس مفرد. تم قراءة تغيرات درجة الحرارة للماء داخل الفرن الشمسي من خلال مزدوجة حرارية، طراز المزدوجة -ST 9269 وبدقة  $[^{\circ}C] \pm 0.1$ ، وبلد المنشأ الماني. لقد تم اختيار وزن الماء الذي يراد تسخينه باستخدام الفرن الشمسي ذي العاكس المفرد بما يعادل نصف وزن الماء لحالة استخدام الفرن الشمسي المجهز بعاكسين لكي نلقي الضوء على أهمية إضافة العاكس ذي الواجهة الشمالية من خلال زمن الوصول الى درجة الحرارة  $[^{\circ}C] 90$  وقيم متقاربة من الزمن بالرغم من اختلاف وزن الماء الى الضعف.

### تسخين الماء

تم تسخين الماء داخل الفرن الشمسي المجهز بعاكس ذي واجهة شمالية /NR/ وفقا للمعايير التالية:

- وزن الماء  $[kg] 3$
- زاوية ميل العاكس ذي الواجهة الجنوبية الموافقة لشهر حزيران  $\beta_S = 70^{\circ}$
- زاوية ميل العاكس ذي الواجهة الشمالية الموافقة لشهر حزيران  $\beta_N = 52^{\circ}$
- مزدوجة حرارية لقياس تغيرات درجة الحرارة
- التاريخ 2011/6/10
- التوقيت [Noon] 12:00

من خلال الإجراء التجريبي لتسخين الماء يمكن وضع النقاط التالية:

- ارتفاع درجة حرارة الماء وسطيا يبلغ حوالي  $[^{\circ}C] 5$  خلال زمن يعادل  $[minutes] 13$
  - بعد تجاوز الحرارة  $[^{\circ}C] 70$  تزداد درجة حرارة الماء بمعدل أخفض بحيث تبلغ حوالي  $[^{\circ}C] 3$  خلال نفس الفترة الزمنية السابقة.
  - الوصول إلى درجة الغليان يحصل خلال زمن قدرة  $[minutes] 170$
- يوضح الشكل (14) تغيرات درجة حرارة الماء مع الزمن.

### طهي وجبة طعام

تمت عملية الطهي باستخدام الفرن الشمسي المجهز بعاكس ذي واجهة شمالية /NR/ وفقا للمعايير التالية:

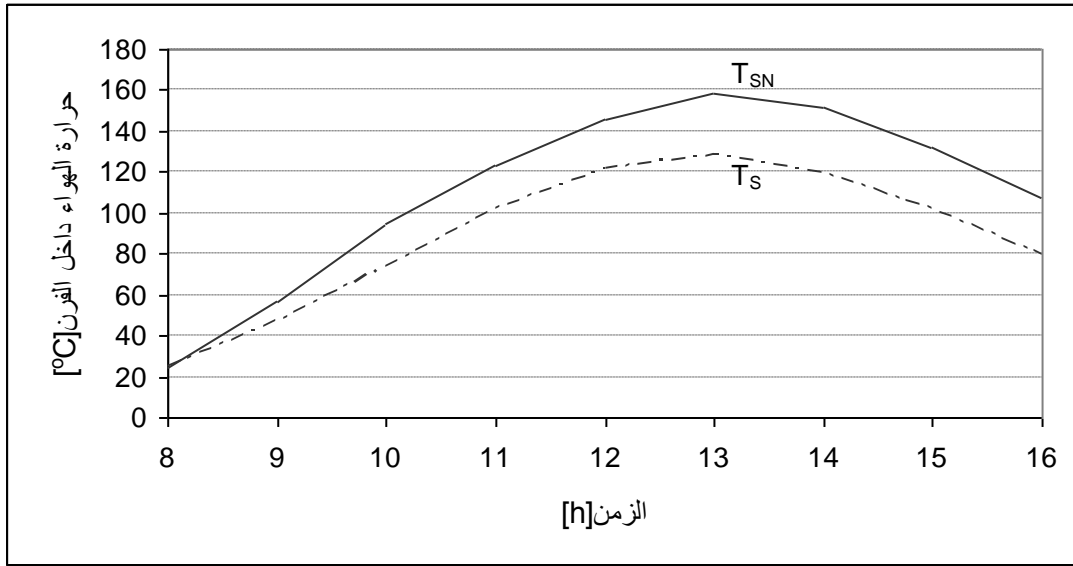
- كمية الماء  $[kg] 0.5$
- كمية الزيت  $[kg] 0.25$
- كمية اللحم  $[kg] 0.25$
- كمية الأرز  $[kg] 0.5$
- الحرارة الأولية للمكونات السابقة  $T_0 = 20 [^{\circ}C]$
- التاريخ 2010/7/15
- التوقيت [Noon] 12:00

-زاوية ميل العاكس ذي الواجهة الجنوبية الموافقة لشهر تموز  $\beta_S = 72^\circ$

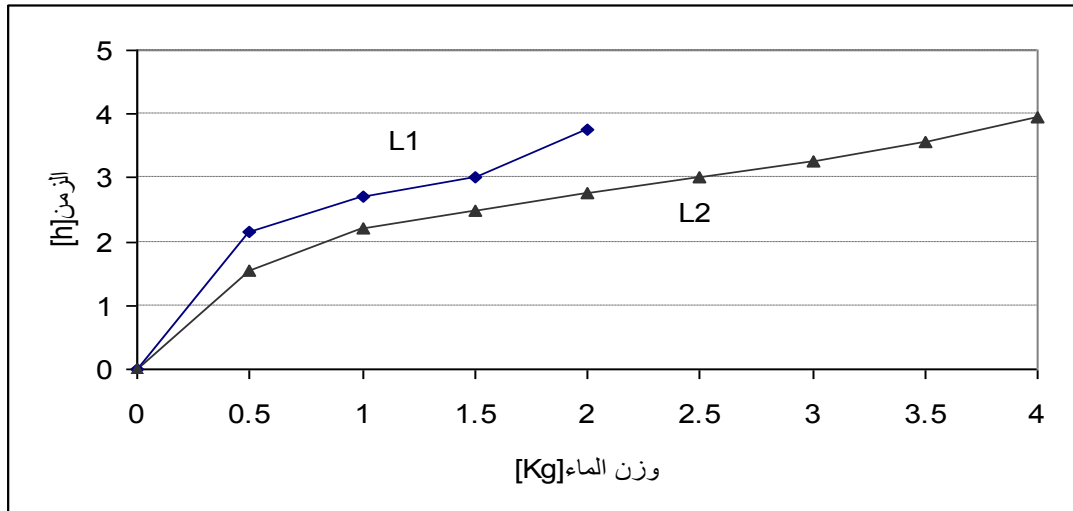
-زاوية ميل العاكس ذي الواجهة الشمالية الموافقة لشهر تموز  $\beta_N = 50^\circ$

-مزودة حرارية لقياس تغيرات درجة الحرارة

لقد وصلت المكونات السابقة إلى درجة الغليان بعد [105 minutes] واستمرت عملية الغليان [45 minutes]، تم تسجيل تغيرات درجة الحرارة لمكونات عملية الطهي بوساطة مزودة حرارية، طراز المزودة ST-9269 وبدقة  $\pm 0.1 [^\circ C]$ ، يوضح الشكل (15) السلوك الحراري للفرن الشمسي.

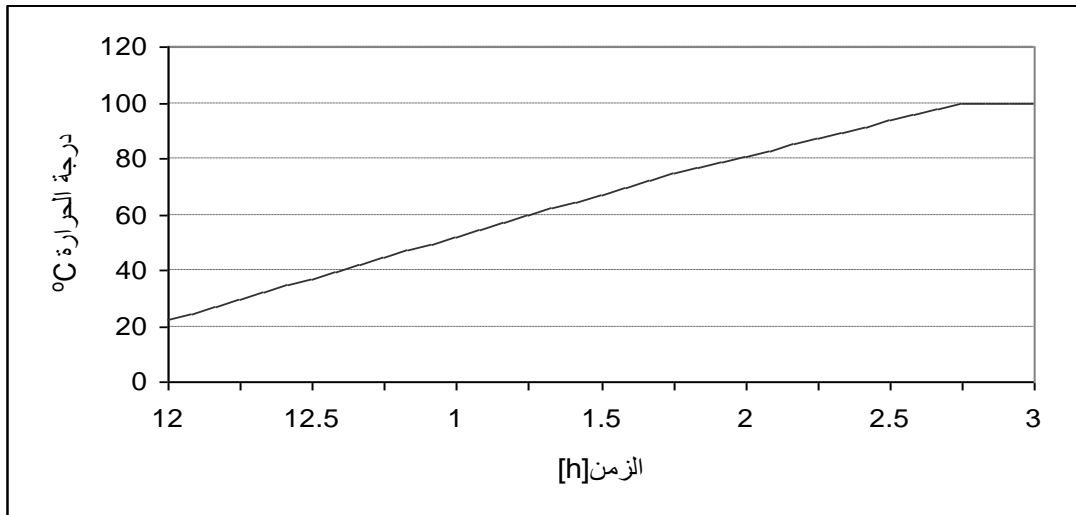


الشكل (12): درجة حرارة الهواء المحصور داخل الفرن الشمسي لتاريخ 2011/4/15، لفرن بعاكس مفرد  $T_S$  وفرن بعاكس مزدوج  $T_{SN}$  (واجهة شمالية وجنوبية).

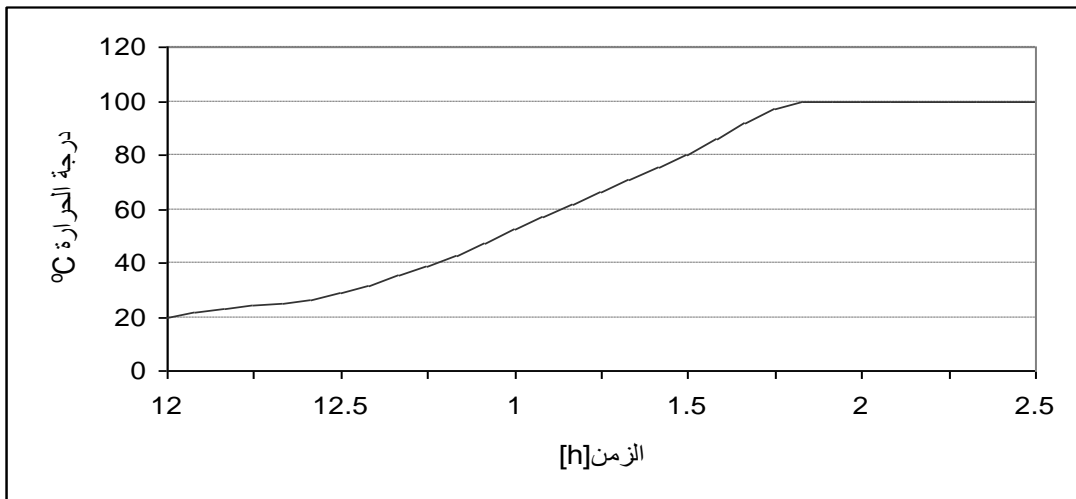


الشكل (13): العلاقة بين حمولة الفرن الشمسي والزمن اللازم للوصول إلى درجة الحرارة  $90 [^\circ C]$ ،  $L_1$  / : الحمولة الأعظمية للفرن المجهز بعاكس مفرد،  $L_2$  / : الحمولة الأعظمية للفرن المجهز بعاكس مزدوج.





الشكل(14):نتائج تسخين 3[kg] من الماء باستخدام الفرن الشمسي المجهز بعاكس ذي واجهة شمالية /NR/



الشكل(15):نتائج طهي وجبة طعام باستخدام الفرن الشمسي المجهز بعاكس ذي واجهة شمالية /NR/



الشكل(11):صورة توضيحية للفرن الشمسي المجهز بعاكس ذي واجهة شمالية.

## الاستنتاجات والتوصيات:

- إضافة العاكس ذي الواجهة الشمالية/NR/ للفرن الشمسي يزيد من تدفق الطاقة الكلية.
- الطاقة المنعكسة من العاكس ذي الواجهة الجنوبية/SR/ والمستقبلة من قبل فتحة الفرن الشمسي تكون مرتفعة في الشتاء أكثر من الصيف، والطاقة المنعكسة من العاكس ذي الواجهة الشمالية/NR/ والمستقبلة من قبل فتحة الفرن الشمسي  $q_{rN} [W/m^2]$  تكون مرتفعة في الصيف أكثر من الشتاء.
- إن تدفق الطاقة الكلية المنعكسة والمستقبلة بوساطة فتحة الفرن الشمسي على طوال العام تبقى تقريبا ثابتة.
- إضافة العاكس ذي الواجهة الشمالية/NR/ للفرن الشمسي والمجهز بالعاكس /SR/ يجعل تدفق الطاقة الكلية المستقبلية ذات قيم متقاربة على مدار العام.
- إن إضافة العاكس ذي الواجهة الشمالية/NR/ تؤدي الى زيادة في الطاقة الكلية المستقبلية بوساطة الفرن الشمسي، التحسين في العمل من جراء هذه الإضافة تبلغ حوالي 20% في فصل الشتاء و 33% في فصل الصيف.
- التحسين في أداء الفرن الشمسي بإضافة العاكس ذي الواجهة الشمالية/NR/ يكون له أهمية كبيرة في آلية العمل وخاصة عندما تكون قيم الإشعاع الشمسي منخفضة.
- تبين تجريبيا أن درجة الحرارة العظمى للهواء المحصور داخل الفرن الشمسي المزود بعاكس ذي واجهة جنوبية/SR/ التي من الممكن الحصول عليها تصل الى  $128 [^{\circ}C]$  وعند إضافة العاكس ذي الواجهة الشمالية/NR/ تصل إلى حوالي  $158 [^{\circ}C]$ .
- تبقى درجة الحرارة للهواء المحصور داخل الفرن الشمسي المزود بعاكس ذي واجهة شمالية/NR/ وبقية تزيد عن  $100 [^{\circ}C]$  لفترة زمنية تزيد على ست ساعات (10 am ÷ 16 pm)، بينما في الفرن الشمسي المزود بعاكس مفرد /SR/ تبلغ الفترة الزمنية المقابلة حوالي أربع ساعات (11 am ÷ 15 pm).
- تستمر الفترة الزمنية المتاحة لاستخدام الفرن الشمسي المزود بعاكس /NR/ عدة ساعات بعد الظهيرة وهذا يسمح بإمكانية الاستخدام لأكثر من مرة في اليوم.

## المراجع

1. بيانات الأرصاد الجوية، المديرية العامة للأرصاد الجوية، مركز تنبؤ مطار الباسل، 2008.
2. YADAV, Y., *Transient Analytical Study of Box-Type Solar Cooker*, Energy Conv. Mgm. Vol.27, No.2, 2006, 121-127.
3. ASHRAE Handbook, *Application, Heating, Ventilating, and Air Conditioning Applications*, 1995.
4. DUFFIE, G., *Solar Energy Thermal Processes*. John Wiley, New York, 1999, 358.
5. MISHRA, D., *Performance and Testing of A Parabolic Spheroidal Concentrator Type Solar Cooker*, Reg. J. Energy Heat Mass Transfer, Vol.9, No.2, 2009, 220-226.
6. SUKHATME, S., *Solar Energy Principals of Thermal Collection & Storage*, Tata MC Graw-Hill New Delhi, 2000, 289.
7. DANG, A., *An Analytical Study of A Solar Cooker Augmented with A Booster Mirror Using PCM As Storage*, Energy Conv. Mgm. Vol. 25, No.3, 2002, 220-231.
8. OLWI, I. A., KHALIFA, A. M., *Computer Simulation of The Solar Pressure Cooker*, Solar Energy, Vol.40, No.3, 1998, 259-268.