

## دراسة عملية لسخان ماء شمسي خازن موشوري الشكل ذو مقطع مثلث قائم الزاوية

م.م عبد الرحمن محمد حمادي  
جامعة الانبار \_ كلية الهندسة  
قسم الهندسة الميكانيكية

تاريخ القبول: 2011/10/15

أ.د صباح طارق احمد  
الجامعة التكنولوجية  
قسم هندسة المكنان والمعدات

تاريخ الاستلام: 2010/12/26

### الخلاصة.

تمت دراسة تجريبية لسخان ماء شمسي يتألف من موشورين ذات مقطع مثلث قائم الزاوية بسعة 210 لتر . يمتاز هذا السخان بسهولة تصنيعه و الكلفة القليلة مقارنةً مع الأنواع الأخرى لسخانات الماء الشمسية والتي عادة يكون اللوح الماص مفصول عن الخزان . الدراسة تضمنت تحقيق عملي تم تحت الظروف المناخية العراقية لمدينة بغداد في فصلي الصيف والشتاء للعام 2006 ولكن الحسابات فقط ليومين وهي 2006/7/15 و 2006/12/6 . الدراسة تضمنت اختبار السخان مع و بدون حمل ( سحب ماء ساخن أو عدم سحب ماء ساخن من الخزان ) واختبر السخان بسحب الماء في يومي 2006/12/13 و 2006/12/14 و بمعدلات مختلفة . بينت النتائج العملية قدرة الحصول على ماء ساخن بدرجة حرارة (  $46^{\circ}\text{C}$  ) في شهر كانون الأول و يرفع درجة الحرارة للماء بمقدار (  $30^{\circ}\text{C}$  ) عندما كانت درجة حرارة الدخول للماء (  $16^{\circ}\text{C}$  ).

الكلمات الدالة: الطاقة الشمسية ;مجمع ماء شمسي;شكل موشوري;مساحة اللوح الماص ;الطاقة المخزونة;الكفاءة الساعية;تأثير الحمل.

### 1. المقدمة .

يعتبر تسخين الماء عن طريق الطاقة الشمسية من أقدم و أسهل استخدامات الطاقة الشمسية لذلك اجريت بحوث و دراسات عديدة عن السخانات الشمسية بأحجام وأشكال مختلفة ، وكذلك بطرق مختلفة . و غالباً ما تكون الدراسة في هذا المجال اختباريه ( عملية ) أو تحليلية ( نظرية ) او مشتركة بين التحليل النظري و التجارب العملية و ذلك لمقارنة النتائج و مناقشة الاختلاف . ان كثرة البحوث و الدراسات بهذا الشأن تهدف الى الوصول الى تصميم معين ذا كفاءة جيدة و كلفة منخفضة . وفي ما يلي سنتناول بعض البحوث السابقة التي تتعلق بالسخانات الشمسية و كذلك البحوث المتعلقة بالمجمعات الشمسية الخازنة .

قدم الباحث A.J.Khalif and Mehdi [1] دراسة تجريبية و تحليلية على اسطوانة افقية تمثل خزان لمنظومة امتصاص شمسية لتسخين الماء . بين الباحث ان نموذج انتقال الحرارة ذو البعد الواحد ملائم للتنبؤ بتدرج درجات الحرارة داخل خزان و تم اجراء الاختبارات بدون تحميل تحت ظروف جوية مختلفة و كذلك مع التحميل بسحب كميات مختلفة من الماء الساخن . استنتج الباحث بان التدرج القطري و المحوري مهمل مقارنةً مع الاتجاه العمودي و معدل درجة الحرارة من الممكن حسابه من التدرج العمودي لمركز الخزان.

قدم الباحثون Joudi, Hussein &Farhan [2] دراسة عددية و عملية للتحقق من اداء مجمع خازن موشوري الشكل ذو مقطع مثلث قائم الزاوية ، و كان التصرف مرتبط بالاداء كدرجة الحرارة و توزيع السرعة و متوسط درجة الحرارة للخزان و افضل موقع لدخول و خروج الماء و تحققت بصورة منتظمة . متوسط درجة حرارة الخزان وصلت الى  $37^{\circ}\text{C}$  في الاول من كانون الثاني و  $46^{\circ}\text{C}$  في الحادي والعشرين من حزيران بدون حمل . النتائج لهذه الدراسة بينت توافق جيد بين النتائج النظرية و العملية .

قام الباحث وسام حميد عليوي [3] بدراسة عملية و عددية للاقط شمسي خازن موشوري الشكل ذا مقطع مثلث قائم الزاوية ، اذ يمتاز بسهولة تصنيعه و كلفته الواطئة و ذلك للاستغناء عن اغلب الاجزاء المستخدمة في السخانات الشمسية الاعتيادية . يوفر المجمع حجماً مقداره 190 لتر . تضمنت الدراسة العملية اختبارات المجمع تحت الظروف المناخية لمدينة بغداد و ابتداء من شهر شباط الى نهاية حزيران عام 2003 و شمل فحص اداء المجمع في ظروف تشغيلية مختلفة تضمنت حالات تحميل مختلفة بوجود حمل ( سحب ماء ساخن ) او بدون حمل ( عدم سحب ماء ) و دراسة تأثير إضافة غطاء زجاجي ثاني على الخسائر الحرارية التي تحصل في المجمع و إمكانية استخدام المجمع ليلاً في حالة تغطيته بالعازل . كما قام الباحث بدراسة نظرية تضمنت اعداد نموذج رياضي لدراسة ظاهرة الحمل الحر داخل اللاقط الشمسي باستخدام طريقة الفروقات المحددة ( Finite Differences ) .

اما الباحث يوسف مكي عبد القادر [4] فقد قام بدراسة عملية و عددية على مجمع بروماتيك شمسي خازن من نوع جديد لكي يتحقق من ان هذا التصميم مناسب للاستعمالات المحلية . اجريت التجارب في الشهور الثالث و الرابع و الخامس ، حيث حُصِلَ على اعلى درجة حرارة و هي  $59^{\circ}\text{C}$  و كانت الكفاءة اليومية 63 %، كما اظهرت ان نسبة المساحة المعرضة للاشعاع الشمسي (اللوح الماص) الى حجم الخزين عامل مهم و مؤثر على اداء اللاقط حيث اكد على ان هذه النسبة يجب ان لا تقل عن [6] .

## 2. الجانب النظري.

يمكن تحديد العلاقة بين الأشعاع الشمسي و سطح المجمع الشمسي عندما يكون المجمع في أي مكان واي زمان من الكرة الارضية من خلال العلاقة الاتية [5] :

$$\begin{aligned} \cos\theta = & \sin(\text{DEC})\sin(\text{LAT})\cos\beta - \sin(\text{DEC})\cos(\text{LAT})\sin\beta\cos(\text{aw}) + \\ & \cos(\text{DEC})\cos(\text{LAT})\cos\beta\cos(\text{hs}) + \cos(\text{DEC})\sin(\text{LAT})\sin\beta\cos(\text{aw}) \\ & \cos(\text{hs}) + \cos(\text{DEC})\sin\beta\sin(\text{aw})\sin(\text{hs}) \end{aligned} \quad (1)$$

اما حساب الموقع الزاوي للشمس يحسب من العلاقة التالية [5]:

$$\text{DEC} = 23.45 \sin\left[\frac{360(284+n)}{365}\right] \quad (2)$$

اما زاوية الوقت فتحسب من العلاقة التالية [5]:

$$\text{hs} = (12 - \text{solar time}) \times 15 \quad (3)$$

$$\text{Solar time} = \text{standard time} + E + 4 (L_{\text{st}} - L_{\text{Loc}})$$

عندما يكون المجمع مائلا باتجاه الجنوب فان قيمة (aw) تساوي صفر وعندما يكون المجمع الشمسي مائلا بزاوية (β) ستكون العلاقة رقم (1) كالآتي [5]:

$$\cos\theta = \sin(\text{DEC})\sin(\text{LAT}-\beta) + \cos(\text{DEC})\cos(\text{LAT}-\beta)\cos(\text{hs}) \quad (4)$$

اما الأشعاع الشمسي المباشر العمودي الواصل الى الارض ( $I_{\text{dn}}$ ) فيمكن حسابه من العلاقة التالية [6]:

$$I_{\text{dh}} = I_0 e^{-c/\sin ALT} \quad (5)$$

## 1.2 حساب كمية الأشعاع الشمسي الساقط على المجمع الشمسي.

عندما يكون المجمع الشمسي مائل بزاوية (β) عن الافق فيمكن حساب الأشعاع الشمسي الساقط عليه من المعادلة التالية [5]:

$$I_{\text{beam}} = I_{\text{dn}} \cos \theta \quad (6)$$

## 2.2 حساب كمية الطاقة المفقودة.

ان عملية فقدان الطاقة هي عبارة عن انتقال حرارة من المنظومة الى المحيط و هذا الانتقال سببه الفرق في درجات الحرارة اذ ان الحرارة تنتقل من المنطقة ذات درجة الحرارة العالية الى المنطقة ذات درجة الحرارة الاقل .  
تتمثل الطاقة المفقودة بالمعادلة التالية :

$$Q_{\text{loss}} = U_L A (T_p - T_a) \quad (7)$$

## 3.2 ايجاد معامل الخسائر الحرارية الكلية من المجمع.

أ . معامل الخسائر الحرارية العلوية ( Top Losses ).

من خلال المعادلة الاتية يمكن حساب معامل الخسائر الحرارية العلوية [5].

$$U_t = \left[ \frac{1}{h_{p_g} + h_{r1}} + \frac{1}{h_w + h_{r\infty}} \right]^{-1} \quad (8)$$

ب . معامل الخسائر الحرارية من الجوانب ( edge losses ) .

يمكن تقليل الخسائر الحرارية من الجوانب بوضع عازل حراري بافتراض إن الحرارة تسري باتجاه واحد من داخل المجمع الى خارجه عبر العازل الحراري ، و يمكن حساب معامل الخسائر الحرارية من الجوانب من العلاقة التالية [3].

$$U_e = \frac{(UA)_{\text{edge}}}{A_p} = \frac{(K_{\text{ins}}/X_{\text{ins}})A_e}{A_p} \quad (9)$$

اما لمعرفة معامل الخسائر الكلية فهي ناتج جمع معامل الخسائر العلوية والجانبية وتحسب من العلاقة الاتية :

$$U_L = U_t + U_e \quad (10)$$

## 4.2 حساب كمية الطاقة المكتسبة.

لحساب الطاقة التي يمتصها المجمع الشمسي والتي بدورها تنتقل الى المائع العامل (الماء) باستخدام المعادلة الاتية [5]:

$$Q_{\text{abs}} = I_b * F_t * A_p \quad (11)$$

$$F_t = (\tau_g \alpha_p)_e F_{sh} F_d \quad (12)$$

ولكن هذه الطاقة لابد من وجود خسائر فيها ولحساب الطاقة المكتسبة المفيدة النظرية نستخدم المعادلة التالية [3]:

$$Q_{u(th)} = Q_{abs} - Q_{loss} \quad (13)$$

ولحساب الطاقة المكتسبة الحقيقية [3]:

$$Q_{u(ac)} = m \cdot c_w \cdot (T_{av} - T_i) / t \quad (14)$$

## 5.2 حساب كفاءة المجمع الشمسي.

بصورة عامة تعرف الكفاءة بأنها نسبة الطاقة الخارجة إلى الطاقة الداخلة . بالنسبة للمجمع الشمسي فإنها تعرف على أنها النسبة بين كمية الطاقة المكتسبة ( المفيدة ) من المجمع الشمسي إلى كمية الطاقة الساقطة عليه و يمكن حسابها من المعادلة التالية والتي تشمل الكفاءة النظرية والحقيقية [3].

$$\zeta_c = \frac{Q_u}{Q_i} \quad (15)$$

بتعويض المعادلات في المعادلة (15) نحصل على [3].

$$\zeta_c = [I_b(\tau_b \alpha_a)_e F_{sh} F_d - U_L(T_p - T_a)] / I_b \quad (16)$$

تسمى هذه بالكفاءة اللحظية ( Instantaneous Efficiency ) و لحساب الكفاءة الانية او لفترة زمنية معينة [3].

$$\zeta_{avg} = \frac{\sum Q_{uT}}{Ac \sum I_b} \quad (17)$$

## 3. الجانب العملي.

### 1.3 وصف المنظومة.

المنظومة المستخدمة هنا عبارة عن منظومة تسخين شمسية تعمل بالدوران الطبيعي و التسخين المباشر من خلال مجمع شمسي خازن يستخدم للتجميع و الخزن في آن واحد . تم تصميم المنظومة بشكل موشورين ذو مقطع جانبي مثلثين قائمي الزاوية . تم اختيار هذا الشكل لتحسين الاداء و ذلك بتقليل حجم الخزين نسبةً الى مساحة الصفيحة الماصة ، حيث ان النسبة بين الصفيحة الماصة كمساحة الى حجم الخزين مهم جداً بالنسبة للمجمعات الخازنة و كلما زادت هذه النسبة زادت كفاءة المجمع . يميل المجمع

بزواوية ( 40 ) درجة عن الافق و هذه الزاوية اختيرت لعدة اعتبارات منها للحفاظ على ابعاد و حجم المنظومة و كذلك تعتبر زاوية ميل مثلى لعدة شهور لكي توفر اكبر كمية اشعاع ساقطة على المجمع . الصور الفوتوغرافية في الشكل(2).

#### 4. ابعاد المنظومة .

من الشكل (1) الذي يبين ابعاد المنظومة حيث يمكن تقسيمها الى جزئين الجزء العلوي و الجزء السفلي . الجزء العلوي يكون فيه الماء بدرجة حرارة اعلى من الجزء السفلي و ذلك بسبب الفرق بالكثافة . صمام دخول الماء يكون في قعر الجزء السفلي اما صمام خروج الماء فيكون في وسط الجزء العلوي . اما ابعاد المنظومة كما مبينة في الشكل (1) فهي .

$$w_1=58\text{cm}, w_2=28\text{cm}, H_1=30\text{cm}, H_2=40\text{cm}, z=96\text{cm} \& \beta=40^0$$

#### 5. طريقة الاختبار.

أجريت التجارب العملية على اللاقط الشمسي الخازن تحت ظروف مختلفة لمدينة بغداد تمثلت في فصلي الشتاء والصيف واختيرت يومي ال7/15 و12/6 من عام 2006 لاجراء الحسابات. وكانت فترة الاختبار تبدأ الساعة الثامنة صباحاً و حتى الثالثة من بعد الظهر ، حيث في بداية كل تجربة يملأ الخزان بماء جديد و يتم تنظيف الغطاء الزجاجي و فحص نقاط المزدوجات الحرارية . ان قياس درجة الحرارة كان هو المهم في التجارب حيث تم قياس درجات الحرارة لكل ساعة خلال مدة اجراء التجربة و شملت كل من درجة حرارة الماء داخل اللاقط ، درجة حرارة الهواء الخارجي ، درجة حرارة صفيحة الامتصاص ، درجة حرارة الغطاء الزجاجي ، درجة حرارة الماء الداخل و الخارج من اللاقط . حيث كان من المقرر قياس بعض المتغيرات الاخرى مثل كمية الاشعاع الشمسي ، سرعة الريح ... الخ و لكن تعذر ذلك بسبب الظروف فتم حسابها نظرياً . تضمنت التجارب نمطين الاول كان فحص اداء اللاقط الشمسي بدون تحميل ( عدم سحب ماء ساخن ) حيث تم قياس درجات الحرارة و ايجاد معدل درجة الحرارة . اما النمط الثاني فتم فحص اداء اللاقط الشمسي بوجود تحميل ( سحب ماء ساخن ) حيث تم قياس درجات الحرارة و ايجاد معدل درجة الحرارة . اما قياس درجات الحرارة فتمت من خلال المزدوجات الحرارية المبينة بالشكل(1) وتم معايرتها بالطريقة المتبعة وهي وضع المزدوجات الحرارية في جريش الثلج و الماء و قياس درجة الحرارة عن طريق جهاز قياس درجة الحرارة الرقمي وكذلك وضع المزدوج الحراري في ماء عند درجة الغليان و قياس درجة الحرارة عن طريق نفس الجهاز وتم معايرة

المزدوجات الحرارية قبل تثبيتها وربطها بمفتاح تحديد (selector switch) وكذلك تم وضع المزدوجات الحرارية داخل الخزان وعلى الصفيحة.

## 6. المناقشة .

### 1.6 تغير الإشعاع الشمسي و الطاقة الحرارية المفيدة النظرية و الحقيقية .

ان شدة الإشعاع الشمسي تبدأ بقيمة قليلة في بداية النهار و تصل الى قيمتها العظمى عند الظهر الشمسي و من ثم تبدأ بالانخفاض تدريجياً حتى غياب الشمس . الإشعاع الشمسي الذي يسقط على صفيحة الامتصاص لا يكون بشكل عامودي نتيجة تغير زاوية سقوط أشعة الشمس و كذلك ميل اللاقط الشمسي عن الأفق و كذلك وجود الغطاء الزجاجي يمثل عرقلة الإشعاع الشمسي حيث ان جزء من الإشعاع ينعكس بسبب الغطاء الزجاجي و كذلك هناك انعكاس من صفيحة الامتصاص إضافة إلى عامل الغبار و عامل الظل ، هذه كلها تعيق وصول الإشعاع الشمسي الى صفيحة الامتصاص و من ثم تحوله الى طاقة حرارية . أما العائق الأكبر فهو الخسائر الحرارية المتمثلة بانتقال الحرارة عن طريق الحمل و الإشعاع بالاتجاه المعاكس حيث تنتقل الحرارة من صفيحة الامتصاص إلى الهواء الخارجي . من خلال ذلك يمكن لنا معرفة الطاقة الحرارية المفيدة و التي تسلك سلوك الإشعاع الشمسي لكن بفارق حيث إنها تكون ذات قيمة اقل للأسباب المذكورة أعلاه . ان هذه الطاقة تسمى الطاقة الحرارية المفيدة النظرية حيث انها حُسِبَت بمعادلات نظرية ، اما الطاقة الحرارية المفيدة الحقيقية تكون اقل منها لوجود خسائر اخرى لم تذكر او ان قيمة الإشعاع الشمسي تكون غير القيم التي حُسِبَت نظرياً . الشكل (3) و الشكل (4) يوضح العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي و الطاقة الحرارية المفيدة النظرية و العملية خلال ساعات النهار .

### 2.6 معدل درجة حرارة الماء.

يمكن تعريف معدل درجة حرارة الماء كما ورد في المصدر [3] حيث يمكن اعطاءها بالصيغة

التالية :

$$T_{av} = \sum_{i=0}^{i+1} (m_i T_i) / m_{Tot} \quad (18)$$

حيث  $m_{Tot}$  هي كتلة ماء اللاقط الشمسي .

الشكل (5) و الشكل (6) يوضحان العلاقة بين معدل درجة حرارة الماء داخل اللاقط الشمسي مع ساعات النهار حيث كما هو متوقع يزداد معدل درجة حرارة الماء مع الزمن و يبقى في زيادة حتى بعد منتصف النهار لكن تكون الزيادة قليلة نسبةً الى ارتفاع معدل درجة حرارة الماء في بداية التجربة اي قبل الظهر

الشمسي و السبب يعود الى ان كمية الاشعاع تقل بعد منتصف النهار و الفقد الحراري يزداد . من جهة اخرى يعتمد معدل درجة حرارة الماء على مساحة الصفيحة الماصة مقارنةً مع حجم الخزين حيث ان النسبة بينهما تلعب دوراً مهماً بالنسبة لمعدل درجة حرارة الماء .

### 3.6 الطاقة المخزونة.

إن من أهم الوظائف للآقط الشمسي الخازن هو خزن الطاقة الحرارية لأكبر فترة ممكنة و إن الطاقة المخزونة تعتمد على معدل درجة الحرارة لذلك فان الطاقة المخزونة تكون في زيادة مع الزمن تبعاً لمعدل درجة الحرارة . الشكل (7) يوضح تغير الطاقة المخزونة مع الزمن حيث إنها تكون بتزايد مع ساعات النهار إلى إن تصل إلى قيمتها العظمى و تستقر. تقل كمية الطاقة المخزونة في حالة عدم وجود إشعاع شمسي أو بوجود إشعاع شمسي طفيف و ذلك بسبب الخسائر الحرارية التي تؤدي إلى انخفاض درجة حرارة الماء . يمكن حساب الطاقة المخزونة لكل وحدة حجم و كما وردت في المصدر [3].

$$Q_{\text{storage}} = \rho * c_p * (T_w - T_i) \quad (19)$$

حيث إن  $T_{\text{ave}} = T_w$

### 4.6 الكفاءة الساعية النظرية و الحقيقية .

تعتبر الكفاءة من المقاييس المهمة لأداء اي منظومة حيث تكون معتمدةً هنا على كمية الطاقة الحرارية المفيدة مقابل كمية الإشعاع الساقط . بينت النتائج ان الكفاءة الساعية في حالة نقصان خلال ساعات النهار و يعزى ذلك بان الإشعاع الساقط على اللوح الماص يكون بتزايد حتى منتصف النهار و كذلك الخسائر الحرارية تتزايد مع الزمن و هذان العاملان يؤثران على الكفاءة تأثير سلبي بالرغم من ان الطاقة الحرارية المفيدة تزداد . اما بعد منتصف النهار اي بعد الظهر الشمسي فان الاشعاع الشمسي يقل و الطاقة الحرارية المفيدة تقل ايضاً و لكن الخسائر الحرارية تبقى في زيادة و هذا يؤدي الى استمرار النقصان بالكفاءة و تسمى هذه الكفاءة بالكفاءة النظرية حيث ان الكفاءة الحقيقية تكون اقل من الكفاءة النظرية و السبب يعود الى عدة عوامل منها عدم حساب القيم الحقيقية للاشعاع الشمسي و كذلك وجود خسائر اخرى لم تدخل بالحسابات ... الخ الشكل (8) و الشكل (9) يوضحان تغير الكفاءة الساعية النظرية و الحقيقية للآقط مع الزمن.

## 5.6 تأثير الحمل على معدل درجة حرارة الماء.

ان عملية سحب ماء ساخن من الخزين و تعويضه بماء بارد يؤدي الى انخفاض درجة الحرارة للماء في جميع المناطق و هذا بدوره يؤدي الى انخفاض معدل درجة حرارة الماء، حيث من خلال الأشكال (10) و (11) نجد ان معدل درجة حرارة الماء يتأثر بكمية الماء المسحوبة حيث كلما كبرت كمية الماء المسحوبة كلما كان انخفاض معدل درجة حرارة الماء اكبر و السبب دخول ماء جديد تكون درجة حرارته منخفضة ت النهار في حالة عدم وجود حمل .

## 7. الاستنتاجات.

1. إمكانية استخدام هذا النوع من المجمعات الشمسية الخازنة لتسخين الماء في الاستخدامات المنزلية حيث يساعد على التقليل من استهلاك الطاقة الكهربائية .
2. نسبة المساحة الماصة الى حجم الخزين هو عامل مهم جداً حيث يتوقف معدل درجة الحرارة للماء على هذه النسبة حيث كلما زادت النسبة زاد معدل درجة حرارة الماء حيث كانت هذه النسبة هنا حوالي (5.5) بينما ذكر المصدر [4] ان هذه النسبة يفضل ان لا تقل عن (12).
3. تزداد الطاقة المخزونة داخل اللاقط مع الزمن على الرغم من الانخفاض التدريجي في قيمة الإشعاع بعد منتصف النهار حيث عند الساعة 12 ظهراً تصل الى 33 ميكاجول لكل متر مكعب بينما تصل الى 57 ميكاجول لكل متر مكعب في نهاية النهار بتاريخ 2006/7/15 بينما بتاريخ 2006/12/6 فتصل الطاقة المخزونة الى 28 ميكاجول لكل متر مكعب عند الساعة 12 ظهراً بينما تصل 50 ميكاجول لكل متر مكعب في نهاية النهار وسبب الزيادة هو زيادة درجة حرارة صفيحة الامتصاص.
4. تأثير الحمل (سحب ماء ساخن من المنظومة) يكون تأثيراً سلبياً على معدل درجة حرارة الماء حيث عند سحب 24 لتر من الماء الساخن لكل ساعة يصل معدل درجة حرارة الماء إلى (23 °C) بينما عند سحب 48 لتر من الماء لكل ساعة يصل معدل درجة حرارة الماء إلى (21 °C) عند ظروف جوية متشابهة.
5. تكون الكفاءة الساعية عالية في بداية النهار و تبدأ بالتناقص حتى ساعات النهار الأخيرة حيث تبدأ بكفاءة ساعية 60 بالمائة وتحافظ على هذه النسبة حتى الساعة 12 ظهراً وبعدها تبدأ بالتناقص تدريجياً إلى أن تصل إلى 45 بالمائة في نهاية النهار هذه النسبة للكفاءة الحقيقية بينما الكفاءة النظرية تأخذ نفس المنحني ولكن تكون أعلى بقليل.

## 8. المصادر.

- [1] A.J.Khalifa&M.M.Mehdi, "On the verification of one Dimensional Heat Flow in Horizontal Thermosyphon Storge Tank", Energy conversion & Mangment, vol.40, pp961, 1999.
- [2] K.Joudi,I.Hussein &A.Farahan, "comportational Model Per a Prism shaped storage solar collector with mght trrangular cross section ", Energy conversion &Mangment, 2003.
- [3] وسام حميد عليوي، "دراسة عملية وعددية للاقط شمسي خازن موشوري الشكل ذومقطع مثلث قائم الزاوية"، رسالة ماجستير-قسم هندسة المكاتن والمعدات-الجامعة التكنولوجية-بغداد-العراق، 2004 .
- [4] يوسف مكي عبدالقادر (Numerical& Experimental Investigation of new Design at primatre solar collector) رسالة ماجستير- كلية الهندسة-جامعة النهرين-العراق 2006.
- [5] Jone A.Duffie&William A.Beckman, "solar Engineering Of Thermal Process", Jhon Wiley and sons Ins.Newyork, 1974.
- [6] Amercan Society of Heating, " ASHRE Handbook of Fundamental" Refrigerating&Air condition Engineers Inc. NewYork, 1967.

## 9. الرموز.

- $A =$  المساحة ( $m^2$ )
- $A_e =$  المساحة الجانبية للمنظومة ( $m^2$ )
- $A_p =$  مساحة صفيحة الامتصاص ( $m^2$ )
- $ALT =$  زاوية ارتفاع الشمس (Deg.)
- $a_w =$  زاوية السطح السمتية (Deg.)
- $a_z =$  الزاوية السمتية (Deg.)
- $C =$  معامل الإجهاد الجوي
- $C_w =$  الحرارة النوعية للماء ( $kJ/kg.^\circ C$ )
- $C_p =$  الحرارة النوعية بثبوت الضغط ( $kJ/kg.^\circ C$ )
- $DEC =$  الموقع الزاوي للشمس (Deg.)
- $E =$  معادلة الوقت (min.)
- $F_d =$  معامل الغبار

- معامل الظل =  $F_{sh}$
- معامل انتقال الحرارة بالحمل بين الصفيحة الماصة والغطاء الزجاجي ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ) =  $h_{p-g}$
- معامل انتقال الحرارة بالإشعاع بين الصفيحة الماصة والغطاء الزجاجي ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ) =  $h_{r1}$
- معامل انتقال الحرارة بالإشعاع بين الغطاء الزجاجي والمحيط ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ) =  $h_{r\infty}$
- زاوية الوقت (Deg.) =  $h_s$
- معامل انتقال الحرارة بالحمل بين الغطاء الزجاجي والمحيط الخارجي ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ) =  $h_w$
- الإشعاع الشمسي ( $W/m^2$ ) =  $I$
- الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي ( $W/m^2$ ) =  $I_0$
- الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض ( $W/m^2$ ) =  $I_{dn}$
- الإشعاع الشمسي الساقط عمودياً على المجمع الشمسي ( $W/m^2$ ) =  $I_{beam}$
- الموصلية الحرارية لطبقة العازل ( $W/m \cdot ^\circ C$ ) =  $k$
- المسافة بين الغطاء الزجاجي وصفيحة الامتصاص (m) =  $L$
- خط عرض المكان (Deg.) =  $L_{loc}$
- خط العرض على أساس الوقت المحلي (Deg.) =  $L_{st}$
- زاوية خط عرض المكان (Deg.) =  $LAT$
- كتلة الماء الكلية (kg) =  $m$
- كتلة الماء لجزء معين من الخزان (kg) =  $m_i$
- عدد الأغشية =  $N$
- رقم اليوم بالسنة =  $n$
- كمية الطاقة (W) =  $Q$
- الطاقة المفقودة (W) =  $Q_{loss}$
- الطاقة الممتصة (W) =  $Q_{abs}$
- الطاقة المفيدة النظرية (W) =  $Q_{u(th)}$
- الطاقة المفيدة الحقيقية (W) =  $Q_{u(ac)}$
- الطاقة الساقطة على المجمع الشمسي (W) =  $Q_i$
- الطاقة المخزونة ( $W/m^3$ ) =  $Q_{store}$
- درجة الحرارة ( $^\circ C$ ) =  $T$
- معدل درجة الحرارة ( $^\circ C$ ) =  $T_{ave}$
- درجة حرارة دخول الماء ( $^\circ C$ ) =  $T_i$
- درجة حرارة صفيحة الامتصاص ( $^\circ C$ ) =  $T_p$
- درجة حرارة الهواء الخارجي ( $^\circ C$ ) =  $T_{air}$
- الزمن (hr-sec) =  $t$
- معامل الخسائر الكلية =  $U_L$

$$U_t = \text{معامل الخسائر الحرارية (W/m} \cdot \text{°C)}$$

$$U_e = \text{معامل الخسائر الحرارية الجانبية (W/m} \cdot \text{°C)}$$

$$V = \text{سرعة الريح (m/s)}$$

$$X = \text{سمك طبقة العازل (m)}$$

$$\theta = \text{زاوية سقوط أشعة الشمس على السطح الأفقي (Deg.)}$$

$$\beta = \text{زاوية ميلان أشعة الشمس (Deg.)}$$

$$\epsilon = \text{الانبعاثية}$$

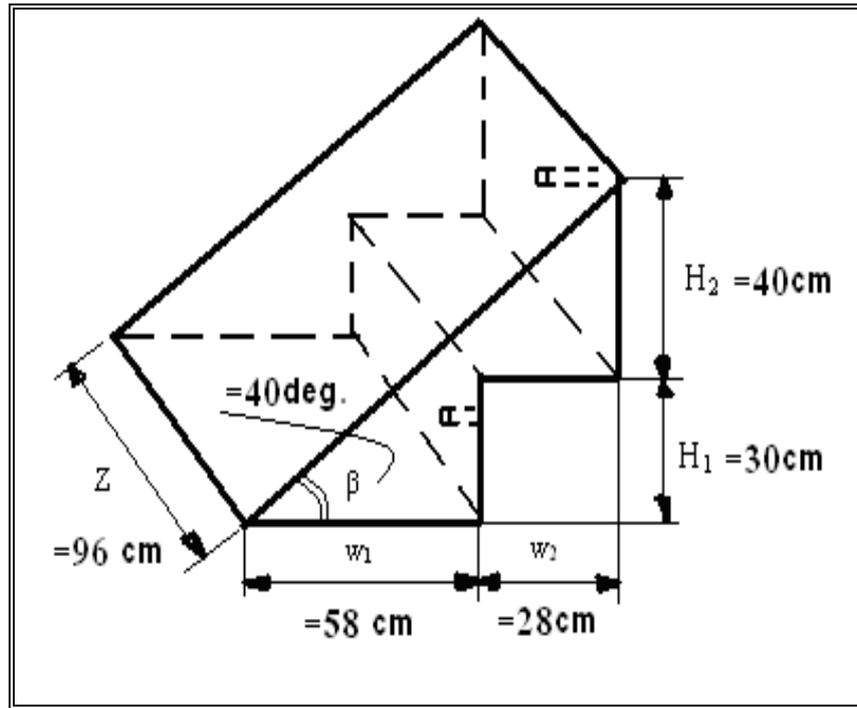
$$\rho = \text{الكثافة (kg/m}^3\text{)}$$

$$\tau = \text{النفاذية}$$

$$\sigma = \text{ثابت ستيفان بولتزمان (W/m}^2 \cdot \text{K}^4\text{)}$$

$$\alpha = \text{الامتصاصية}$$

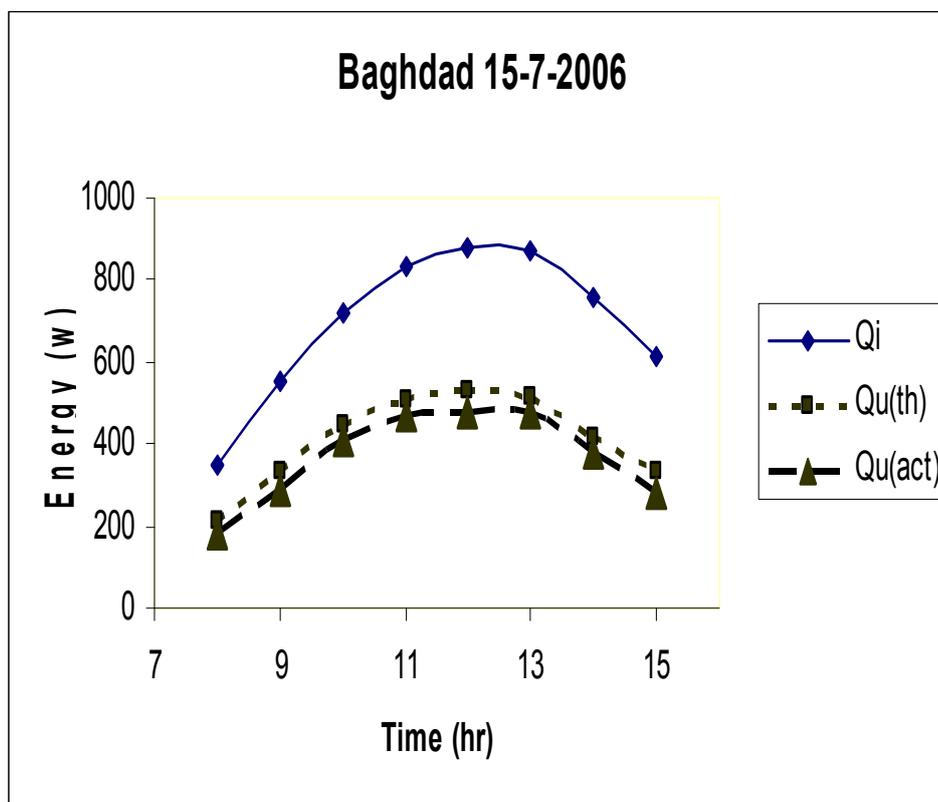
$$\zeta = \text{الكفاءة}$$



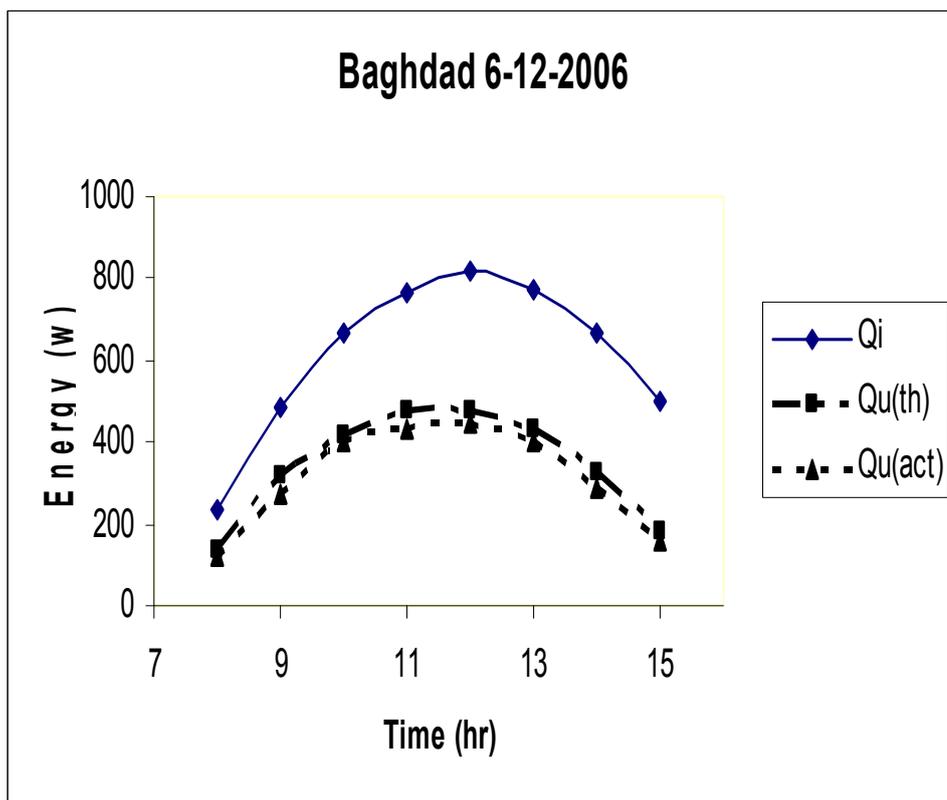
الشكل (1): ابعاد المنظومة.



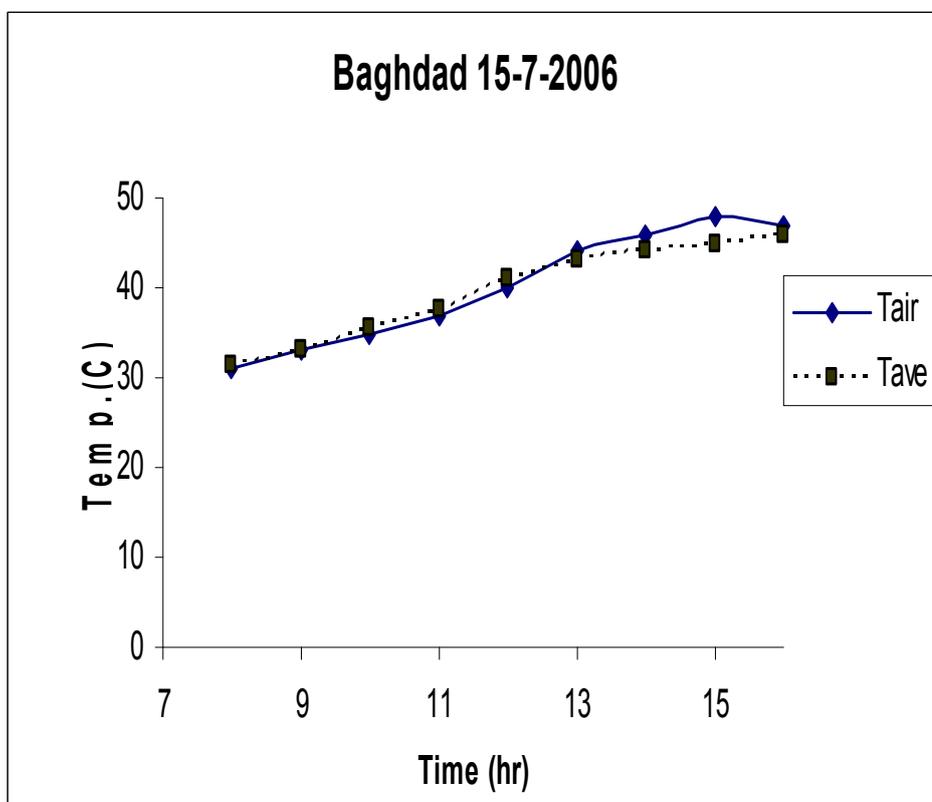
الشكل(2): صورة فوتوغرافية للمنظومة.



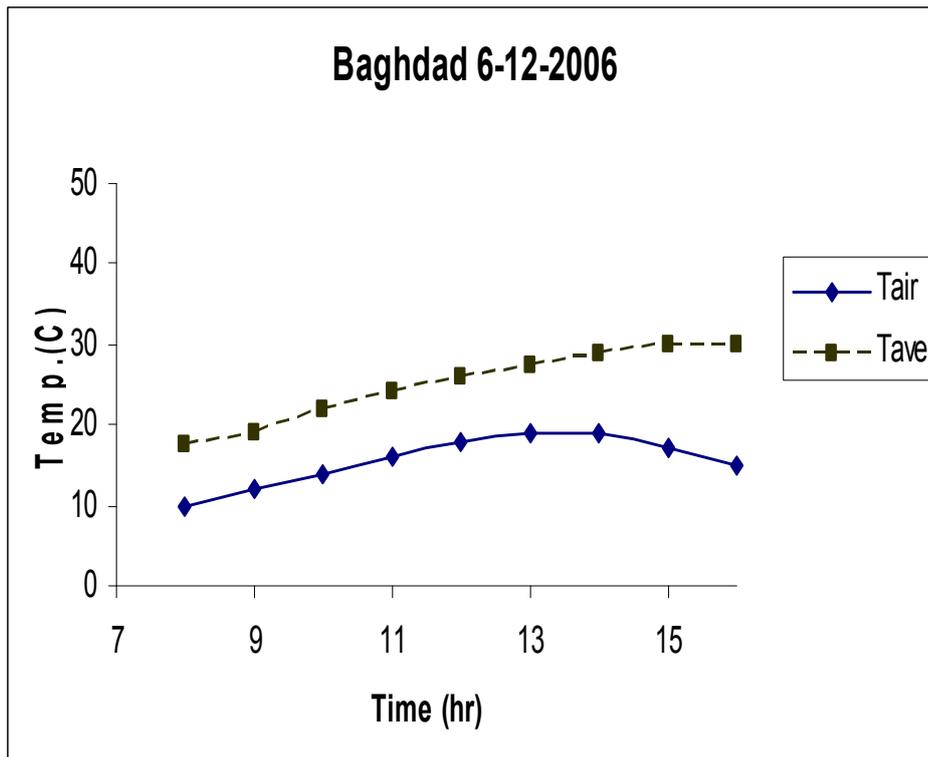
الشكل(3): تغير الإشعاع الشمسي والطاقة الحرارية المفيدة النظرية والحقيقية.



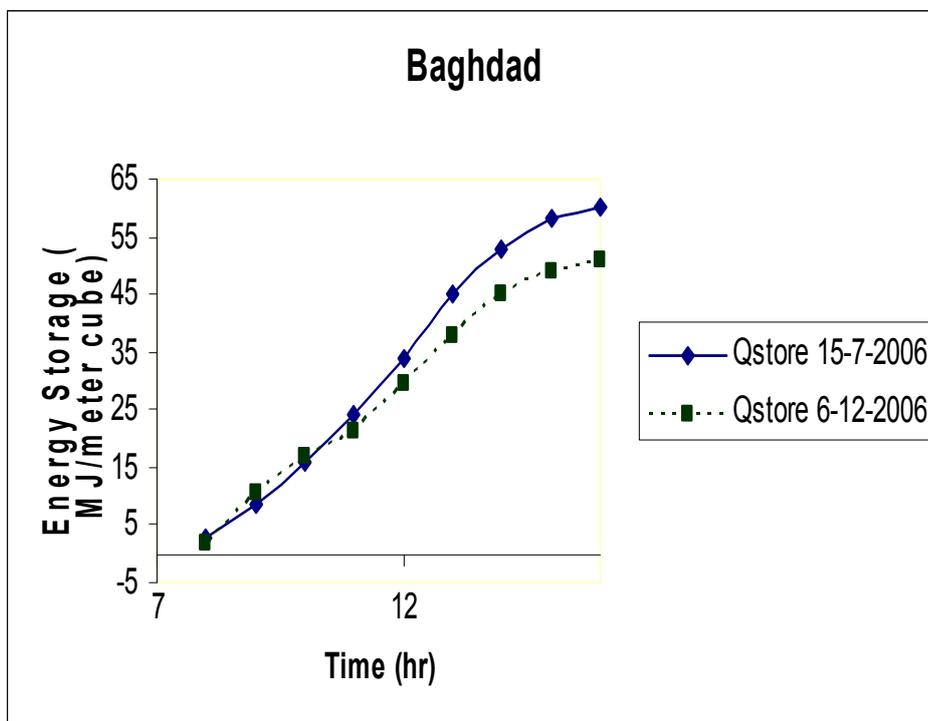
الشكل (4): تغير الإشعاع الشمسي والطاقة الحرارية المفيدة النظرية والحقيقية.



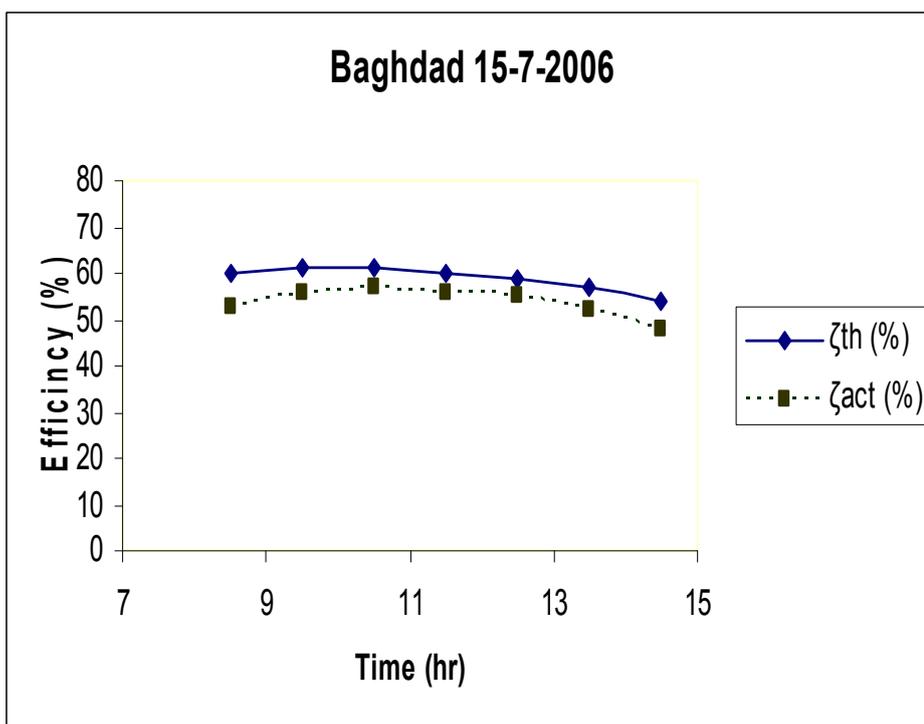
الشكل (5): تغير معدل درجة حرارة الماء والهواء الخارجي.



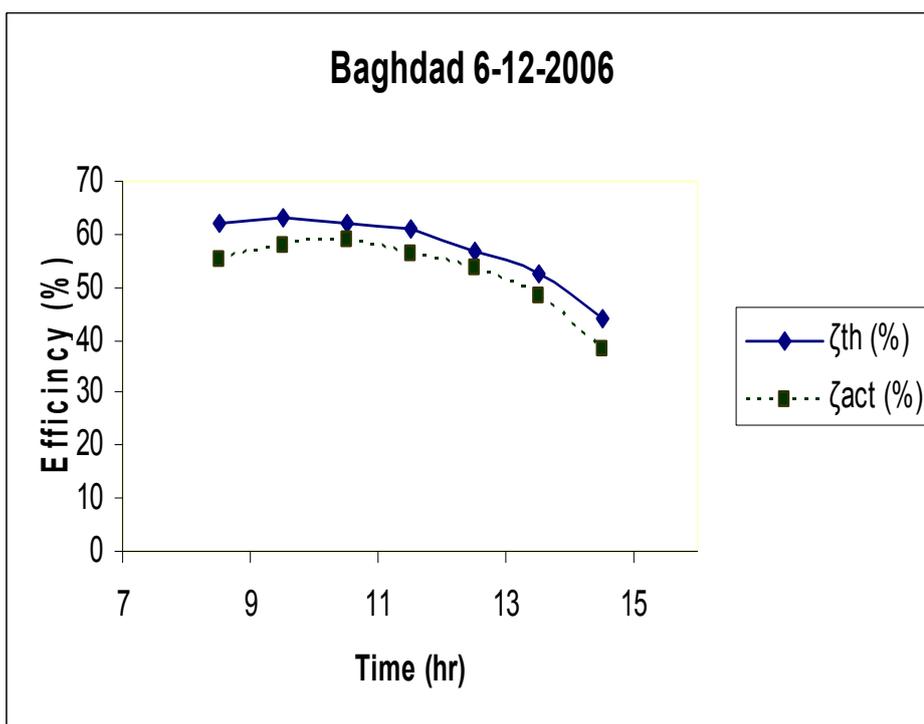
الشكل (6): تغير معدل درجة حرارة الماء والهواء الخارجي .



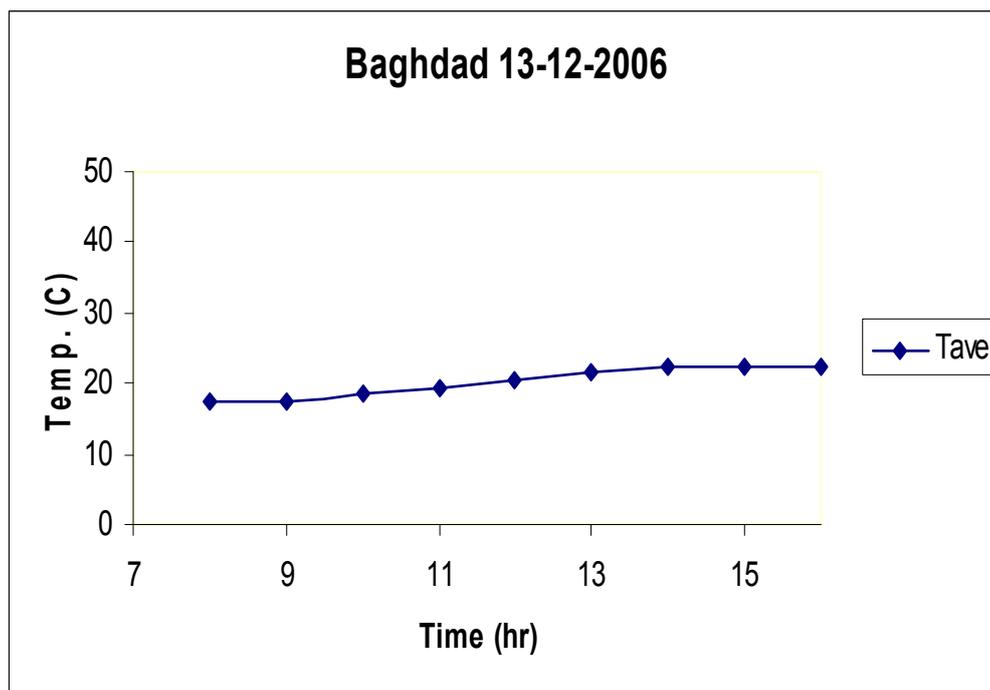
الشكل (7): تغير الطاقة المخزونة مع الزمن .



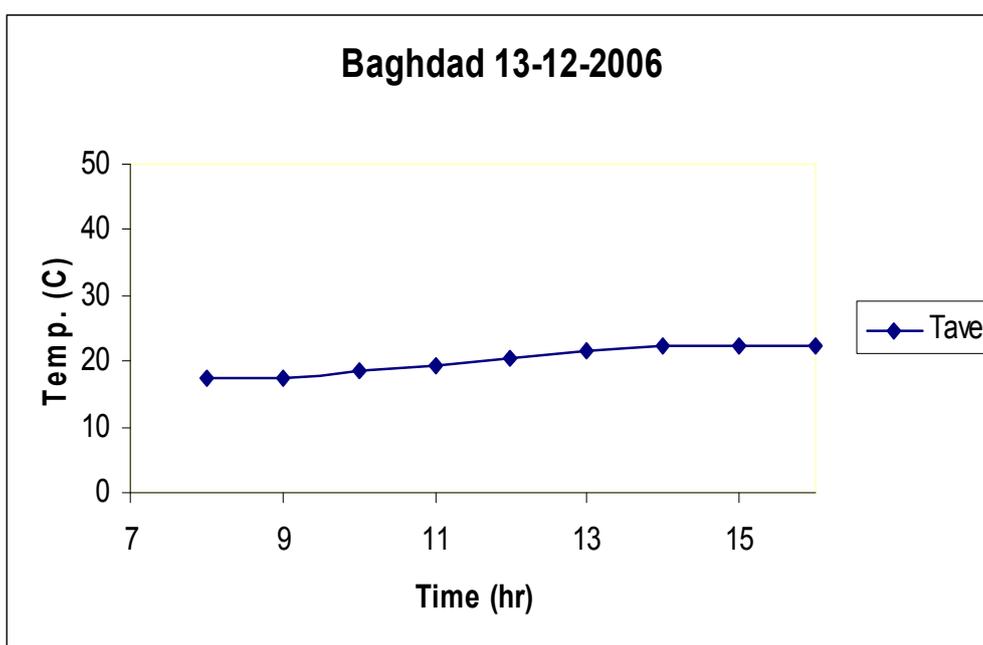
الشكل (8): تغير الكفاءة الساعية النظرية والحقيقية مع الزمن بدون حمل.



الشكل (9): تغير الكفاءة الساعية النظرية والحقيقية مع الزمن بدون حمل.



الشكل (10): تغير معدل درجة حرارة الماء بعد سحب 24 لتر لكل ساعة مع الزمن.



الشكل (11): تغير معدل درجة حرارة الماء بعد سحب 48 لتر لكل ساعة مع الزمن.

**An Experimental Study Of A Solar Water Heater Of Prismatic Right  
Triangular Cross-Section Area**

*Dr.sabah T. Ahmed  
university of Technol  
Mechanical Engineering*

*Abdul Rahman M. Homadi  
Anbar university  
Collge of Engineering  
E.mail eng-abdoon alrawi @yahoo.Com*

**ABSTRACT.**

An experimental study was done on a solar water heater which consists of two prisms of orthogonal triangle cross-section with a 210 liters capacity . The heater was easy to make and has a low cost when compared with other types of solar water heaters that it usually the collector separate on the water store. The study included experimental investigations , the experimental investigation was done under the Iraqi environmental conditions at Baghdad for the period in summer and winter seasons in 2006 but the calculation for only two days 15/7/2006 and 6/12/2006 . The study included testing the heater with & without loading and it tested in 13/12/2006and14/12/2006. draining hot water from storage tank at different rates . The experimental result show the ability to get hot water at 46°C at December i.e. a temperature rise at 30°C with 16°C initial temperature .

**Keywords:** solar energy, solar water collector, prismatic shape, area of absorbent plate, energy conserved, hour efficiency, effect of load.