

## مقارنة متزامنة لأداء تصاميم مختلفة من سخانات الماء الشمسية

وسام حميد عليوي\* و احمد حكمت جاسم\* و مزهر علي صاحب\*

تاريخ التسلم: 2009/3/4

تاريخ القبول: 2009/12/3

## الخلاصة

تم في هذا البحث إجراء دراسة عملية لتصاميم مختلفة من سخانات الماء الشمسية التي تعمل بطريقة التدوير الطبيعي . تضمنت ادراسة اختبار أربعة من سخانات الماء الشمسية ، الأول من النوع الأنبوبي المفرغ من إنتاج شركة Denka/الصين، الثاني سخان ماء شمسي ذو لوح زجاجي مستوي من إنتاج الشركة العامة للصناعات الكهربائية / بغداد تم تشغيله عام (2001) وتم اختباره بعد إجراء صيانة له ، السخان الثالث مشابه للسخان الثاني مع بعض الاختلافات التصميمية من إنتاج مركز بحوث الطاقة الشمسية / بغداد ، تم تشغيله عام (2007) ، أما السخان الأخير فهو الخازن الجامع نوع الوسادة . تم لأختبار تحت الظروف المناخية المختلفة لمدينة بغداد وبصورة متزامنة ابتدائاً من شهر شباط ولغاية شهر تموز من عام (2007) ، وشمل فحص أداء المجمعات في ظروف تحميل مختلفة وبدون تحميل .

أظهرت نتائج التجارب التي تمت بدون حمل أفضلية نسبية في الأداء للسخان الأنبوبي المفرغ على بقية السخانات المستخدمة وان السخان الشمسي المنتج بواسطة مركز بحوث الطاقة الشمسية ذو أداء جيد وهو الأقرب في الأداء إلى السخان الأنبوبي المفرغ من بقية السخانات، كذلك بينت النتائج ضرورة السحب المستمر للماء الساخن من السخانات وذلك لتحسين الأداء ورفع الكفاءة ، تراوحت الكفاءة الإجمالية بين (66% - 55%) للسخان الأول و (57% - 48%) للسخان الثاني . (62% - 51%) و للسخان الثالث و (35% - 20%) للسخان الرابع.

## Synchronous Comparison of Different Solar Water Heaters Design

### Abstract

In this paper an experimental study of different design of solar water heaters was carried out. all the used solar water heaters work on the thermosiphon theory. The experimental study includes testing of four solar water heaters. The first one is a Evacuated tube solar heater flat produced by Denka-China. The second one is a flat plate solar water heater produced by the general company for electrical industries/Baghdad, it's in working since 2001 and it was used for testing after simple maintenance. The third one is a flat plate solar water heater produced by solar energy research center/Baghdad, which is in work in 2007, it is similar to the first one but with some differences in design and material The last one is a portable type - solar water heater.

The testing was done for a period of time from February to July 2007. The performance was tested of the collectors with no load conditions and with different rate of load conditions. The no load testing results showed that performance for the solar water heater produced by Denka Company is better than other solar water heaters. The flat plate solar water heater produced by solar energy research center have good performance and its the nearest to the performance of a Evacuated tube

solar heaters from others heaters. Water withdraw results show an improvement in daily efficiency for the four solar water heaters, where the efficiency of solar water heaters is (55% - 66%) for the first heater, (48% - 57%) for the second heater, (51% - 62%) for the third heater and (20% - 35%) for the fourth heater.

## 1 - قائمة الرموز

كمية الطاقة الممتصة (W)	$Q_{abs}$
كمية الطاقة المفيدة الحقيقية (W)	$Q_u$
كمية الطاقة المخزونة لكل وحدة حجم (W).	$Q_u$
الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على سطح المجمع ( $W/m^2$ ).	$I_b$
المساحة السطحية لصفحة الامتصاص للمجمع ( $m^2$ ).	$A_p$
المعامل الكلي لتأثير الظل والغبار على كمية الإشعاع الشمسي المستلم.	$F_t$
معامل يدخل تأثير الظل الذي يغطي جزء من صفحة الامتصاص على الإشعاع الشمسي المستلم.	$F_{sh}$
معامل يدخل تأثير ذرات الغبار على السطح الخارجي للزجاج على الإشعاع الشمسي المستلم.	$F_d$
حاصل ضرب امتصاصية صفحة الامتصاص في نفاذية الغطاء الزجاجي.	$(\tau_g \alpha_p)$
كتلة الماء (kg).	$M$
كتلة الماء الكلية (kg).	$M_{Total}$
الحرارة النوعية للماء ( $kJ/kg.c$ ).	$(C_{pw})$
معدل درجة حرارة الماء ( $^{\circ}C$ ).	$T_{av}$
درجة حرارة الماء الابتدائية ( $^{\circ}C$ ).	$T_i$
زمن التشغيل (Sc).	$t$
كفاءة الخزن (%).	$\eta_s$
كثافة الماء ( $kg/m^3$ ).	$\rho$

## 2 - المقدمة

( $m^2$  و خزان ماء سعته (125 Litter) أظهرت النتائج إمكانية السخان الشمسي المدروس توفير الماء الساخن في الأشهر (من شباط إلى تشرين الأول) وبنسبة اعتمادية شمسية لا تقل عن (80%) وفي شهري (كانون الأول والثاني) تراوحت نسبة الاعتمادية الشمسية بين (65% ، 61%) ، اما الكفاءة الإجمالية للمنظومة فقد تراوحت بين (39% - 47%).

قام الباحث<sup>[2]</sup> بأجراء دراسة عملية لمجمع شمسي خازن موشوري الشكل ذو قطع جزئي للمثلث القائم الزاوية ، شملت الدراسة فحص واختبار المجمع تحت ظروف البيئة العراقية (مدينة بغداد)

إن زيادة الطلب على الوقود التقليدي وارتفاع أسعاره كان عاملاً أساسياً في تطور استخدام الطاقات المتجددة وعلى الخصوص الطاقة الشمسية ، والتي تمثل سخانات الماء احد تطبيقاتها المنتشرة والمستخدمة على نطاق واسع ، لذلك أجريت الكثير من الدراسات لتحسين الأداء وتقليل الكلفة . قام الباحث<sup>[1]</sup> ببناء نموذج رياضي على الحاسب الالكتروني لسخان ماء شمسي يعمل بالدوران الطبيعي لمعرفة أدائه الحراري ، ركز البحث على الدراسة النظرية للسخان الشمسي العراقي المنتج محلياً بمساحة تجميع شمسي مقدارها (1.44

توزيع درجات الحرارة والانسياب داخل الأنابيب المفرغة والخزان الحراري . بسبب مشكلة الطاقة الكهربائية في البلاد أصبح استخدام السخانات الشمسية أمراً ضروريا وملحا خصوصا إذا عرفنا إن سخانات الماء الشمسية توفر أرقاما عالية جدا في الترشيد فيما لو استخدمت على نطاق واسع. بالمقابل في بلدنا العراق فان مصادر اقتناء السخان الشمسي الشائعة، أما عن طريق مراكز بحثية متخصصة بالطاقة الشمسية مثل (مركز بحوث الطاقة والبيئة / بغداد) وكذلك شركات تنتج سخانات الماء الشمسية وتقدمها للمواطن عند الطلب مثل (الشركة العامة للصناعات الكهربائية في الوزيرية / بغداد) ، أو من السوق المحلية والسخان الأنبوبي المفرغ الصيني المنشأ هو المتوفرة حاليا في السوق المحلية العراقية ، لذلك أجرينا دراسة عملية مترامنة لسخانات ماء شمسية منتجة من قبل تلك المراكز أو الشركات فضلا عن منظومة شمسية بشكل وسادة خازنة واطئة الكلفة سهلة التصنيع بإمكان إي مواطن تصنيعها ، لمعرفة أي التصاميم الهندسية للسخانات الشمسية يكون ذو أداء جيد ومناسب لأغراض التطبيق المنزلي لاختياره كسخان نموذجي لمدينة بغداد .

### 3- وصف الأجهزة المستخدمة

يتضمن البحث إجراء مقارنة مترامنة بين أربعة سخانات ماء شمسية تعمل بالحمل الحر ، اثنان منهما متشابهان بالتصميم حيث أن كليهما مجمعات شمسية ذات ألواح زجاجية مستوية أما الاختلاف فهو من حيث الشركة المصنعة وتاريخ الصنع وبعض التفاصيل الدقيقة الأخرى الموضحة في الجدول رقم (1) . أما السخان الآخران فاحدهما من النوع الأنبوبي المفرغ والآخر من نوع الوسادة، لغرض الاختصار والتوضيح والمقارنة سيتم

وابتداء من شهر شباط إلى نهاية شهر حزيران من عام (2005) . بينت النتائج العملية امكانية استخدام هذا النوع من المجمعات في تجهيز الماء الساخن للأغراض المنزلية ، حيث أمكن تسخين (140 liter) من الماء إلى درجات حرارة مختلفة بالاستفادة من ظاهرة التدرج الحراري ، فكانت أقصى درجة حرارة للماء داخل المجمع في اليوم السابع من شهر شباط ( $51.5^{\circ}\text{C}$ ) بينما اقل درجة حرارة كانت ( $29^{\circ}\text{C}$ ) وبمعدل درجة حرارة ( $37^{\circ}\text{C}$ ) عندما كانت درجة حرارة الماء الابتدائية ( $16.3^{\circ}\text{C}$ ) . أي رفع درجة حرارة الماء بمقدار ( $21^{\circ}\text{C}$ ) . أجرت الباحثة<sup>[3]</sup> دراسة عملية ونظرية لسخان ماء شمسي من نوع الوسادة البلاستيكية. تم اختبار المنظومة عمليا وتحليلها رياضيا لمعرفة الاداء الحراري والكفاءة والتوزيع الكتلي لدرجات الحرارة وايضا شكل الجريان. بينت النتائج المستخلصة من هذا التحليل ان هناك عدة تيارات ثانوية ودوامات صغيرة تنشأ بين السطح السفلي البارد والسطح العلوي الحار للوسادة وهذه التيارات الثانوية تتحكم بطريقة الجريان داخل الوسادة وطريقة انتقال الحرارة من السطح العلوي الى المائع وبالتالي الاداء الحراري . توصل الباحث ان معظم الطاقة المخزونة (حوالي 73%) تتركز في الثلث الاعلى من الوسادة . وان ظاهرة السيفون الحراري تُكون دوامات رئيسية وثانوية هذه الدوامات تزداد بارتفاع درجات الحرارة مع ساعات النهار وتشمل مجمل أجزاء الخزان والدوامات المتكونة تبدأ بالاضمحلال في فترة ما بعد الظهيرة وتتلاشى ليلا.

قام الباحث<sup>[4]</sup> بدراسة عملية وعددية للسخان الشمسي الأنبوبي المفرغ المستخدم في أوربا والصين ، حصل الباحث على كفاءة مقدارها (36%) لفترة الشتاء و (55%) لباقي فترات السنة، بين الباحث ومن خلال الحل العددي خطوط

أناء يحتوي على ماء مقطر مع جريش الثلج ( $0.0^{\circ}\text{C}$ ) وتكوين درجة حرارة الماء المقاسة من قبل المزودج الحراري ، ومن ثم تسخين الماء إلى درجة حرارة الغليان ( $100^{\circ}\text{C}$ ) وتسجيل درجة الحرارة المقاسة أيضا ، ومن ثم القياس تم الحصول على مخطط المعايرة للمزودج الحراري الموضح في الشكل رقم (3).

#### 5- التحليل النظري

يتضمن التحليل النظري للمنظومة حساب كمية الطاقة الممتصة والمخزونة داخل المجمع الشمسي وكذلك حساب الكفاءة . كمية الطاقة الممتصة من المجمع الشمسي لكل سخان تحسب من المعادلة الآتية:

$$Q_{abs} = I_b \cdot A_p \cdot F_t \cdot (\tau_g \alpha_p) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$F_t = F_d \cdot F_{sh}$$

$$(F_d = 0.97, F_{sh} = 0.98)^{[4]}$$

المقدار  $(\tau_g \alpha_p)$  والذي يمثل حاصل ضرب امتصاصية صفيحة الامتصاص في نفاذية الغطاء الزجاجي يتغير بتغير الخواص البصرية للغطاء الزجاجي واعتمادا على تغير زاوية السقوط والانعكاس للاشعاع الشمسي الساقط خلال ساعات النهار<sup>[6]</sup> ، تم حسابه باستخدام برنامج حاسوبي بلغة الفورتران (fortran 90) لكل ساعة . بسبب تعذر الحصول على جهاز قياس الإشعاع الشمسي لجأنا إلى الدراسات النظرية لتقدير شدة الإشعاع الشمسي ( $I_b$ ) المعتمدة في اغلب المصادر ذات العلاقة (ممكن مراجعة المصدر<sup>[7]</sup>)

كمية الطاقة الحرارية الفعلية المخزونة داخل المجمع الشمسي تحسب كالاتي:

$$Q_{u(acu)} = MC_w (T_{av} - T_i) / t \quad \dots\dots\dots (2)$$

وتحسب كفاءة المجمع الشمسي من المعادلة الآتية :

$$h_s = \frac{Q_u}{Q_{abs}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

استخدم الأحراف (A,B,C,D) كاختصارات لتسمية السخانات وكالاتي :

A: السخان الأنبوبي المفرغ المصنع من قبل شركة (DENKA)/الصين.

B: السخان المصنع من قبل الشركة العامة للصناعات الكهربائية.

C: السخان المصنع من قبل مركز بحوث الطاقة الشمسية.

D: السخان الشمسي الخازن نوع الوسادة. الجدول رقم (1) يمثل مواصفات السخانات المستخدمة في البحث و الشكل رقم (1) صورة فوتوغرافية للسخانات المستخدمة .

#### 4- توزيع نقاط درجات الحرارة داخل السخان

لتقييم أداء أي سخان لابد من قياس درجة حرارة الماء داخل الخزان ، والتي تعطي مؤشرا رئيسا لقياس الطاقة الحرارية المفيدة المستخلصة من المجمع الشمسي وبالتالي تحديد كفاءة المنظومة ، تم توزيع نقاط المزودجات الحرارية للسخانات

(A,B,C) داخل خزان الخزن الحراري وذلك بتثبيت ثمانية عشر نقطة من المزودجات الحرارية بواسطة عدد من الأسلاك المعدنية الرفيعة تقسم الخزان الحراري إلى ثلاثة أقسام على طول الخزان وستة أقسام عرضية مختلفة في المساحة بحكم الشكل الاسطواني وكما موضح في الشكل رقم (2) . تثبت المزودجات الحرارية في منتصف كل مساحة من تلك المساحات لتمثل معدل درجات الحرارة في ذلك الجزء من الخزان لنتمكن بعد ذلك من معرفة معدل درجة حرارة الماء داخل الخزان، أما السخان (D) فقد تم تثبيت أربع نقاط اثنتان منها على صفيحة الامتصاص والأخريان في الجهة الخلفية للسخان والمغلقة بالعازل . استخدمت لقياس درجات الحرارة مزودجات حرارية نوع (Copper-Constant) . درجة حرارة المحيط الخارجي تم قياسها بواسطة محرار زئبقي معزول عن الأشعة الشمسية والمؤثرات الجوية . تم إجراء عملية المعايرة قبل البدء بالقياسات ، وذلك بوضع متحسس المزودج الحراري (Thermocouple Junction) في

$$T_{av} = \sum_{n=0}^{n-1} M_n T_n / M_{Tot} \quad \dots\dots (4)$$

الشكل رقم (4) يوضح نتائج قياسات معدل درجة حرارة الماء داخل خزان الخزن الحراري لكل سخان ولاشهر مختلفة من السنة ، نجد ان هناك سلوكا متشابهها في التصرف لجميع السخانات من حيث الزيادة المستمرة في معدل درجة حرارة الماء حتى نهاية التجربة وهو مطابق لما ورد في عدة مصادر من حيث الزيادة الساعية ولكنها مختلفة بالقيمة وهذا بالتأكيد بسبب الاختلاف في تصميم السخان ، بلغ معدل درجة حرارة الماء في شهر شباط وحزيران على التوالي (46.1 °C , 65 °C) للسخان (A) و (37 °C , 57.5 °C) للسخان (B) و (44.1 °C , 63.7 °C) للسخان (C) بينما (54.2 °C , 65.6 °C) للسخان (D) ، اعلى معدل درجة حرارة للماء الساخن وفي كل التجارب التي أجريت كان للسخان (D) وبصورة متقاربة نسبيا مع السخانين (A) و (C) وبمعدل اقل للسخان (B) . ان معدل درجة حرارة الماء مرتبطة بطريقة تصميم السخان وكذلك مساحة المجمع وحجم الخزان الحراري ، لهذا السبب لا يمكن القول بان السخان (D) ذو أفضلية على بقية السخانات كون كمية المياه المستخدمة او المخزونة قليلة نسبيا ( 24 liter) . وبالمقابل نجد ان السخانات (A)،(B)،(C) تملك نفس كمية المياه المخزونة (170 liter) ومساحة تجميع شمسي متقاربة نسبيا وهذا يعطي مؤشرا اوليا على ان السخان (A) له اداء جيد ويتبعه بذلك السخان (B). من الوظائف الرئيسية للمجمع الشمسي الخزان خزن الطاقة الشمسية وان هذه الطاقة المخزونة هي دالة لمعدل درجة حرارة

**6- أسلوب فحص السخان تم اختبار** السخانات الشمسية تحت الظروف المختلفة لمدينة بغداد ، وأجريت التجارب على المجمعات التي تميل بزواوية مقدارها (45°) عن الأفق وموجه باتجاه الجنوب الجغرافي خلال فصلي الشتاء والصيف ، ابتداءً من شهر شباط الى نهاية شهر تموز من عام ( 2007 . أجريت الاختبارات في أيام مختلفة وبلغ عدد التجارب ثلاثين تجربة ، دونت القراءات في كل ساعة لجميع المتغيرات المقاسة ولجميع السخانات وهي (درجة حرارة الماء المخزون ، درجة حرارة الجو ، درجة حرارة الماء الداخل والخارج من السخان ) . قسم البحث على جزئين ، يتضمن الجزء الأول فحص أداء السخانات بدون حمل أي بدون سحب للماء وإيجاد معدل درجة حرارة الماء أما الجزء الثاني فيتضمن مقارنة أداء السخانات بوجود حمل اي سحب ماء وينسب متساوية من كتلة الماء في خزان كل منظومة . تبدأ كافة التجارب من الساعة الثامنة والنصف صباحا الى الساعة الثانية والنصف بعد منتصف النهار ، وفي بداية كل تجربة تملئ السخانات بماء جديد وتنظيف الأغشية الزجاجية وفحص الأجهزة ونقاط التوصيل للمزدوجات الحرارية .

#### 7- النتائج والمناقشة

أجريت التجارب بصورة مترامنة على السخانات الاربعة وفي ظروف جوية مختلفة لمدينة بغداد للفترة من شهر شباط ولغاية شهر تموز من عام (2007) ، تم تمثيل التجارب بشكل مخططات بيانية توضح أداء السخانات المذكورة ، أن معدل درجة حرارة ماء السخان تعد من المتغيرات المهمة في تحديد كفاءته وإمكانية استخدامه ، ويمكن تعريفها من العلاقة<sup>[8]</sup>

للسخانات الشمسية ، حيث تم سحب الماء بعد الساعة الواحدة ظهرا من السخانات الأربعة بنسب مئوية موحدة لجميع السخانات وتصاعديا لكل اختبار وبمقدار (10% , 20% , 30% , 40%) من كمية الماء المخزون وعلى شكل أربع دفعات خلال الساعة ولكل سخان والتعويض عن الماء المسحوب بماء جديد بارد من خلال خزان مرتفع يزود جميع السخانات ، نلاحظ من الشكل المذكور زيادة الكفاءة اليومية تدريجيا مع زيادة معدل سحب الماء من الخزانات . وذلك بسبب زيادة الطاقة المكتسبة نتيجة الفرق الحاصل في درجات الحرارة بين صفيحة الامتصاص والماء البارد المزود للسخانات بعد كل عملية سحب للماء الساخن . نلاحظ أيضا أن الكفاءة تزداد إلى حين الوصول للحمل (30%) من الكتلة لكل سخان ثم تبدأ بالنقصان عند الحمل (40%) حيث تنخفض درجة حرارة سطح الامتصاص للسخانات عند زيادة سحب الماء باستثناء السخان (D) فان الكفاءة تستمر بالزيادة في هذا السخان لذلك يتوجب سحب الطاقة بصورة مستمرة منه وإبدال الماء الساخن بماء جديد لان ارتفاع درجة حرارة الماء مع عدم سحبه يسبب في حصول خسائر حرارية عالية تقلل من أداءه.

#### 8- الاستنتاجات

من خلال النتائج التي تم التوصل إليها من التجارب العملية كان هناك تشابه كبير في نمطية السلوك الحراري للسخانات الشمسية على الرغم من اختلافها في التصميم ، السخان الأنبوبي المفرغ له مساحة تجميع شمسي هي الأكبر بالمقارنة مع بقية السخانات وتبلغ (2.7 m<sup>2</sup>) فضلا عن التصميم الحديث له والذي يساهم في تقليل الخسائر الحرارية ، بالرغم من ان تصميم السخان الأنبوبي المفرغ يعطي أفضلية في الكفاءة وكمية الحرارة المخزونة وهذا ما وجدناه من خلال النتائج وأيضا مطابقا لما

الماء داخل المجمع بثبوت المتغيرات الأخرى لذلك فان كمية الطاقة المخزونة في زيادة مستمرة خلال فترة الاختبار تبعا لزيادة معدل درجة حرارة الماء، تم حساب الطاقة المخزونة لكل وحدة حجم من الخزان من العلاقة<sup>[8]</sup>.

$$Q_s = rC(T_{av} - T_i) \dots\dots(5)$$

والإشكال (5) و(6) توضح تغير تلك الطاقة مع ساعات النهار خلال فترة الاختبار ولكل سخان . نلاحظ إن الطاقة المخزونة التراكمية لكل وحدة حجم في شهر شباط تكون اكبر للسخان (D) عن بقية السخانات كون أعلى فرق في درجات الحرارة يعطيه السخان المذكور وهذا بسبب كتلة الماء القليلة نسبيا، أما في شهر حزيران فتكون الطاقة المخزونة للسخان (A) هي الأكبر من بقية السخانات. مخططات الكفاءة توضحها الإشكال (7) و (8) ونلاحظ بان هناك تقارب في الكفاءة للسخانين (A) و (C) في ساعات الصباح الأولى وبعد ذلك تزداد كفاءة السخان (A) تدريجيا ، إن التصميم الحديث للسخان الأنبوبي المفرغ والذي يساهم في تقليل الخسائر الحرارية قد جعل أداءه جيد وذو كفاءة عالية لكن بالمقابل نجد هناك السخان (C) هو اقرب السخانات من حيث الكفاءة للسخان (A) برغم الاختلاف الواضح في التصميم بينهما ، يعود سببه إلى العزل الجيد والمحكم ومساحة سطحية للمجمع تتناسب مع كمية الماء المخزون وعلى العكس منه السخان (B)، إما كفاءة السخان (D) هي اقل كفاءة بين المنظومات الأربعة ، أهم أسباب قلة الكفاءة هو كتلة الماء المخزون القليلة حيث تحصل زيادة كبيرة في التسخين تولد فرق كبير في درجات الحرارة بين المنظومة والمحيط مما يعزز فقدان الحرارة وبالتالي تقليل كفاءة السخان المذكور . الكفاءة لأشهر مختقة من السنة يوضحها الشكل رقم (9) .

الشكل (10) يبين تأثير معدل سحب الماء أثناء ساعات النهار على الكفاءة اليومية

مشكلة التراكم الحراري عن طريق سحب الماء الساخن باستمرار .

#### 8- المصادر

[1]. نهاد علي كرم " النمذجة الرياضية لمنظومات التسخين الشمسية " رسالة ماجستير - قسم هندسة المكنائن والمعدات - الجامعة التكنولوجية - العراق - 1989 .

[2]. وسام حميد عليوي " منظومة منزلية لتسخين المياه بسيطة التصميم واطئة الكلفة " مجلة التقني ، المجلد 21 ، العدد 4 ، الصفحة 27 ، 2008 .

[3]. أمل هاشم حسين " تحليل حراري لمجمع شمسي من نوع الوسادة " رسالة ماجستير - قسم هندسة المكنائن والمعدات - الجامعة التكنولوجية - العراق - 2006 .

[4]. I. Budihrdjo & G. L. Morrison "Performance of a Water- in - Glass Evacuated Tube Solar Water Heater " In Proceedings of ISES Conference - 2002 - Australian and New Zealand Solar Energy Society.

[5]. خضير مرزوق " خزن الطاقة الشمسية باستخدام الطبقة الحصوية " رسالة ماجستير - كلية الهندسة - جامعة البصرة - العراق .

[6]. John A. Duffie & William A. Beckman " Engineering of Thermal Process " John Wiley and Sons Ins, New York, 1980.

[7]. سول ويدر " مقدمة في الطاقة الشمسية لطلبة العلوم والهندسة " دار الكتب للطباعة والنشر - جامعة الموصل العراق - 1989 .

[8]. A. J. Khalifa "On the Verification of one Dimensional Heat Flow in a Horizontal Thermosyphon Storage Tank " Energy Conversion. & Management, Vol.40 , pp. 961, 1999 .

ورد في العديد من مصادر الطاقة الشمسية ، بينما نجد أن السخان (C) له مساحة تجميع شمسية مقدارها (2.5 m<sup>2</sup>) وله كفاءة ساعية وكمية حرارة مخزونة ومعدل درجة حرارة جيدة وقريبة نسبيا من السخان (A) ، كذلك نجد أن السخان (B) له مساحة تجميع شمسية مقدارها (2 m<sup>2</sup>) وكفاءة أقل من (A) و (C) . لذلك يمكن القول إن السخان المنتج بواسطة مركز بحوث الطاقة والبيئة ملائم جدا للتطبيقات المنزلية (على فرض أن سعة السخان ملائمة لعائلة مكونة من خمسة أشخاص) ويمكن استخدامه في مدينة بغداد والمحافظات القريبة من أجواءها وسعره مناسب نسبيا للمواطن العراقي ، وان التحسن في الكفاءة الذي يحققه السخان الأنبوبي المفرغ لا يتناسب وسعره المرتفع (تقريبا ضعف سعر السخان الاعتيادي ) ، على الرغم من التدرج الحراري الجيد للسخان (D) ألا انه يملك أقل كفاءة بين السخانات وهذا بسبب كتلة الماء المخزون القليلة حيث يحصل زيادة كبيرة في التسخين تولد فرق كبير في درجات الحرارة بين المنظومة والمحيط وحصول خسائر حرارية تقلل من الأداء ، ولتقليل الفقد الحراري للسخان (D) يفضل سحب الماء الساخن منه بصورة مستمرة أو استخدام خزان إضافي لخزن الماء المُسخن وبالتالي تحسين كفاءة المنظومة . أن زيادة معدل سحب الماء من خزانات الخزن الحراري لحين الوصول لنسبة معينة (30%) وأكثر من هذه النسبة للسخان (D) يحسن الكفاءة الإجمالية وخاصة بعد المن ساعة الواحدة ظهرا حيث يجب تجنب



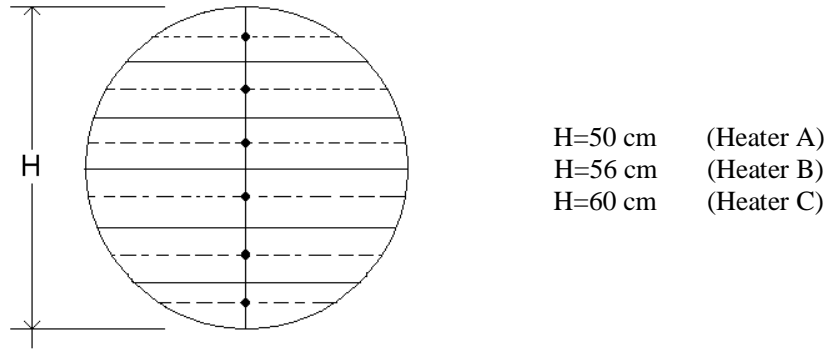
الجدول رقم (1) يمثل مواصفات السخانات المستخدمة في البحث

السخان (D)	السخان (C)	السخان (B)	السخان (A)	
سخان ماء شمسي خازن من نوع الوسادة سهل التصنيع بإمكان إي مواطن تصنيعه	سخان ماء شمسي يعمل بالحمل الحر من إنتاج مركز بحوث الطاقة الشمسية / بغداد	سخان ماء شمسي يعمل بالحمل الحر من إنتاج الشركة العامة للصناعات الكهربائية / بغداد	سخان ماء شمسي أنبوبي مفرغ يعمل بالحمل الحر من إنتاج شركة (Denka)/الصين	1
تم تصنيعه وتشغيله في 2007 .	تم نصبه وتشغيله لأول مرة في فترة إجراء البحث عام 2007.	تم استخدامه وتشغيله منذ عام 2001 وأجريت له الصيانة في عام 2007، إذ تم استبدال المادة العازلة وكذلك طلاء اللوح الماص	تم نصبه وتشغيله لأول مرة في فترة إجراء البحث عام 2007.	2
لوح الامتصاص والخزان الحراري وحدة واحدة ومساحة صفيحة الامتصاص (0.6 m <sup>2</sup> )	لوح الامتصاص يتكون من قطعة واحدة من صفائح الحديد المغلون تثبت عليها الأنابيب وبمساحة كلية (2.5 m <sup>2</sup> )	لوح الامتصاص يتكون من قطع متراسة من صفائح الحديد المغلون ومثبت عليها الأنابيب وبمساحة كلية (2 m <sup>2</sup> ) تم طلاؤه بطلاء اسود داكن غير لامع من صنع شركة الأصباغ الحديثة له امتصاصية مقدارها (0.96) وانبعائية مقدارها (0.81) <sup>[2]</sup>	لوح الامتصاص يتكون من مجموعة من الأنابيب الزجاجية متحدة المركز، عدد الأنابيب (20) وبمساحة كلية (2.7 m <sup>2</sup> )	3
العازل المستخدم للمجمع هو الصوف الصخري وبسمك (10 cm)	العازل المستخدم للمجمع والخزان هو الصوف الصخري وبسمك (10 cm)	العازل المستخدم للمجمع والخزان هو الصوف الصخري وبسمك (10 cm)	العازل المستخدم للمجمع والخزان هو البوليوريثين فوم وبسمك (10 cm)	4
سعة السخان (24 L)	سعة السخان (170 L)	سعة السخان (170 L)	سعة السخان (170 L)	5
تكلفة تصنيع السخان الواحد تقريبا (60) ألف دينار عراقي	سعر السخان الواحد في السوق المحلية (290) ألف دينار عراقي	سعر السخان الواحد في السوق المحلية (270) ألف دينار عراقي	سعر السخان الواحد في السوق المحلية (575) ألف دينار عراقي	6

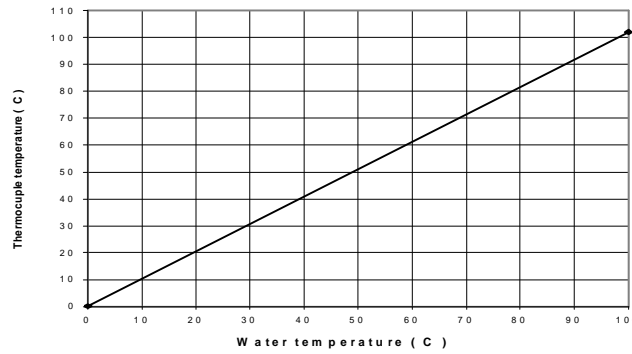




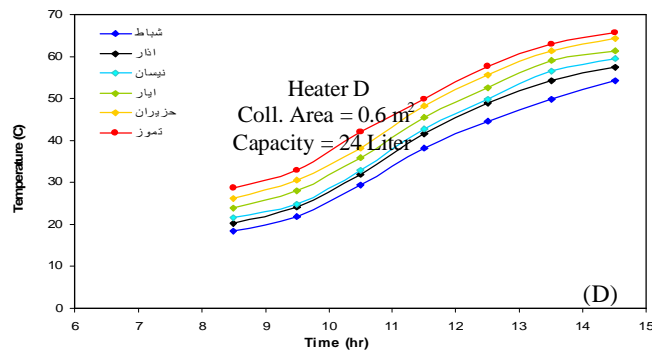
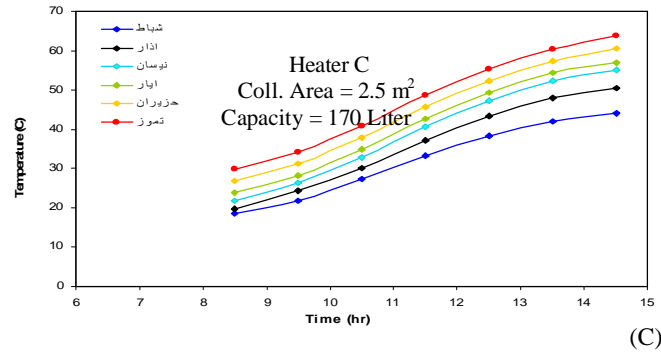
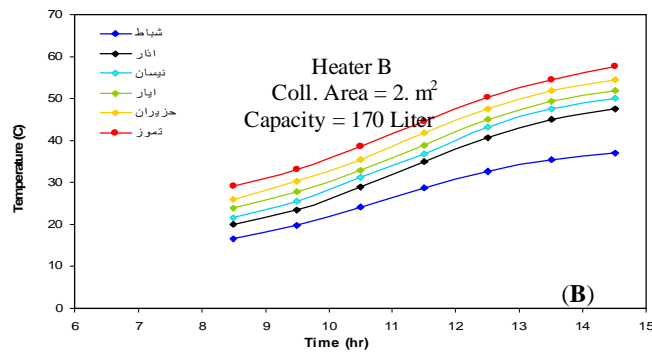
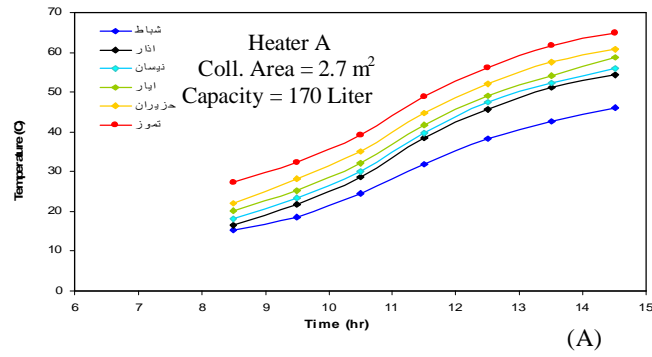
شكل رقم (1) يمثل صورة فوتوغرافية للسخانات المستخدمة في البحث



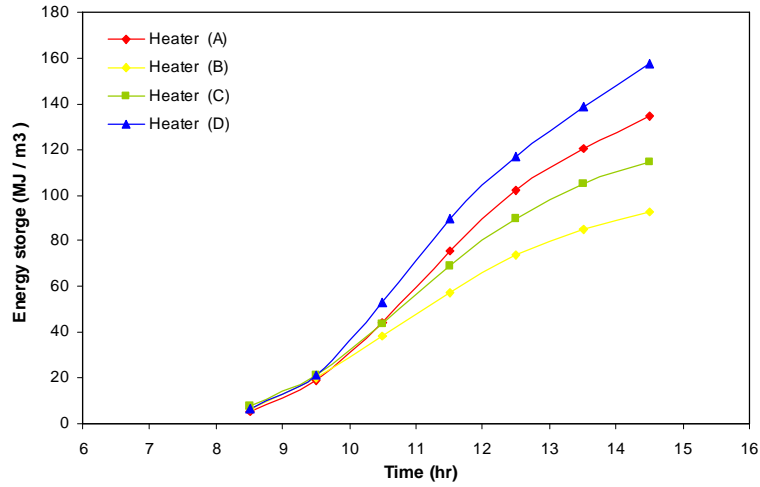
شكل رقم (2) يمثل توزيع نقاط درجات الحرارة داخل الخزان



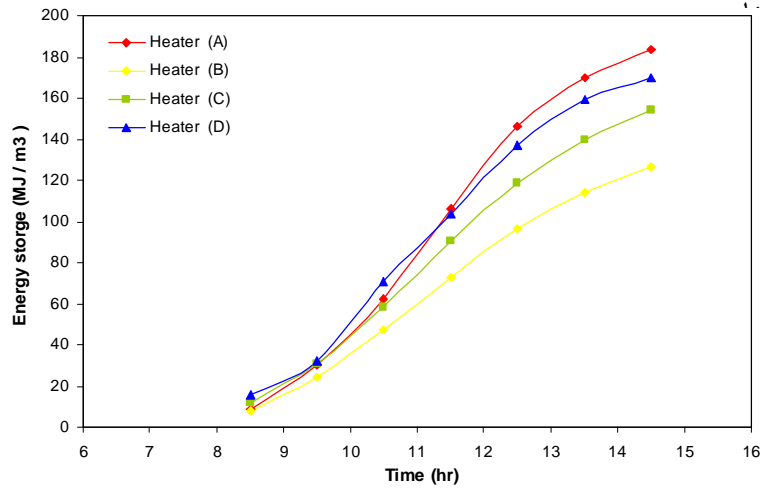
شكل رقم (3) يوضح مخطط المعايرة لمزدوج حراري



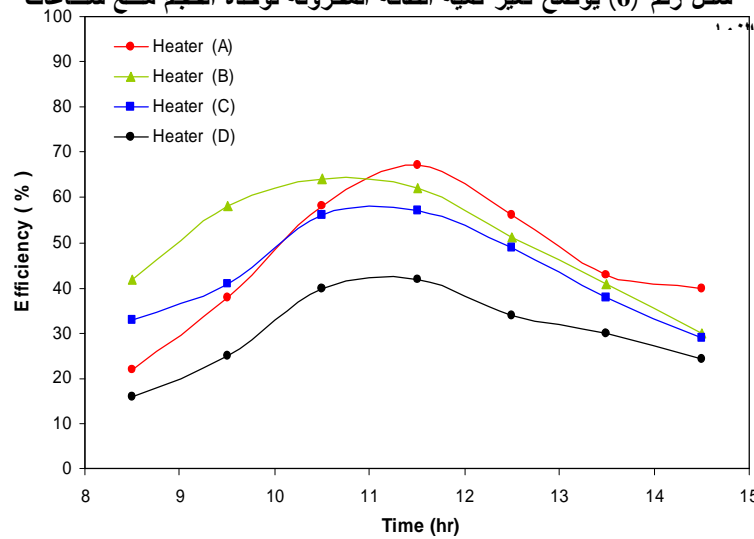
شكل رقم (4) (a,b,c,d) يوضح تغير درجة الحرارة مع ساعات النهار لأشهر مختلفة من السنة



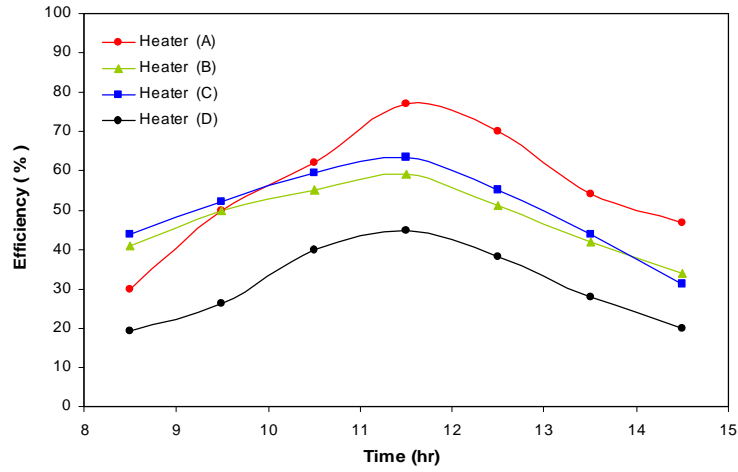
شكل رقم (5) يوضح تغير كمية الطاقة المخزنة لوحدة الحجم مع ساعات



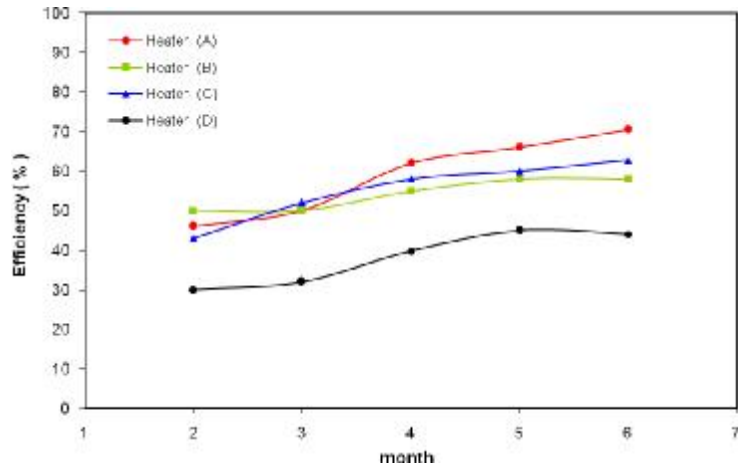
شكل رقم (6) يوضح تغير كمية الطاقة المخزنة لوحدة الحجم مع ساعات



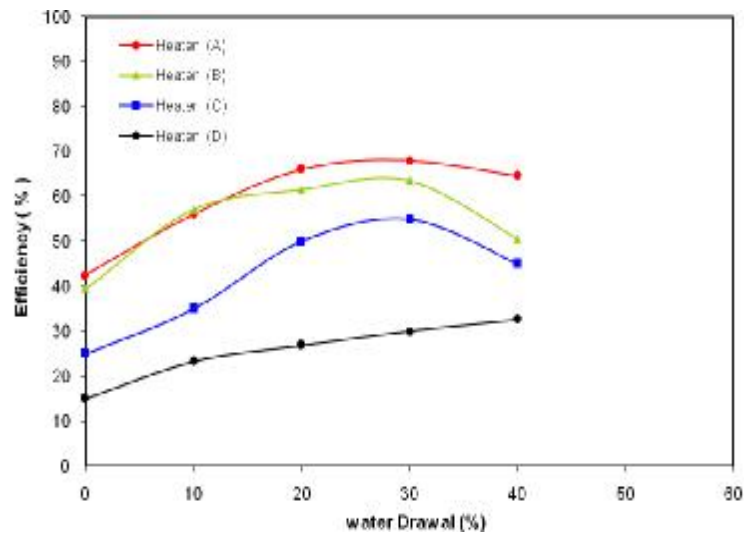
شكل رقم (7) يوضح تغير الكفاءة الساعية مع ساعات النهار



شكل رقم (8) يوضح تغير الكفاءة الساعية مع ساعات النهار



شكل رقم (9) يوضح تغير الكفاءة لأشهر مختلفة من السنة



شكل رقم (10) يوضح تأثير معدل سحب الماء على الكفاءة اليومية