

دراسة عملية لتحسين الخزن الحراري لمجمع شمسي خازن موشوري الشكل ذو مقطع مثلث قائم الزاوية

سهى عبد الاله محمد

قسم الهندسة الميكانيكية، الجامعة التكنولوجية، العراق، suhashwa@yahoo.com

Abstract

Solar storage water heater systems are not often efficient for overnight applications as their thermal output diminishes sharply as the availability of solar energy decreases. The present research is an experimental study on improving the thermal storage of a prism shaped storage solar collector with a right triangular cross section. This was done by modifications in the design and shape of storage tank of ICSSWH systems [1] in such a way as to provide an extra storage tank which is continuously thermally insulated and which becomes an integral part of the solar complex. Thus it maintains a sufficient quantity of warm water for home consumption during the night. For this purpose two solar collectors were made: one is in the conventional triangular shape and the other by using the proposed method. The two collectors were tested during the period from February to July (2011), under Baghdad climatic condition. The results show that the proposed design of solar collector increases the amount of the hot water by (23%) at nearly the same thermal gradation or a little less in comparison with the conventional design of solar collector. Furthermore, it provides the amount of (70 liter) of hot water for evening use.

Keywords: Solar water heater, solar collector, solar storage, thermal storage.

المستخلص

من اهم المشاكل التي ترافق عمل المجمعات الشمسية الخازنة هي مسالة الخزن الحراري ، حيث ان هذا النوع من المجمعات يكون فعالا خلال النهار طالما توفر الاشعاع الشمس وتفقد الطاقة الحرارية بسرعة كبيرة عندما تطول الفترة بين توفر الطاقة الشمسية واستخدامها. البحث الحالي هو دراسة تجريبية لمعرفة امكانية تحسين الخزن الحراري لمجمع شمسي خازن هرمي الشكل ذو مقطع مثلث قائم الزاوية انجز بواسطة الباحث [1]. وذلك من خلال تعديل في التصميم بما يوفر خزان اضافي معزول حراريا بشكل مستمر كجزء لا يتجزء من المجمع الشمسي بالشكل الذي يجعله يحافظ على كمية مناسبة من الماء الساخن للاستخدام المنزلي خلال المساء او الليل. تم لهذا الغرض تصنيع مجمعين شمسيين احدهما بالتصميم الاعتيادي [1] والاخر بالتصميم المقترح، وذلك من اجل المقارنة والتأكد من موثوقية النتائج. فُحصت المجمعات الشمسية خلال الفترة الممتدة بين شهري شباط وتموز من عام (2011) وتحت الظروف المناخية المختلفة لمدينة بغداد. بينت نتائج الدراسة أن التصميم المقترح للمجمع الشمسي ممكن أن يعطي نسبة زيادة في كمية الماء الساخن مقدارها (23%) وبنفس التدرج الحراري تقريبا او اقل بقليل مقارنة مع التصميم التقليدي للمجمع الشمسي، فضلا عن توفير كمية مقدارها (70 Liter) من الماء الساخن للاستخدام المسائي .

الكلمات المفتاحية : المجمعات الشمسية الخازنة ، سخانات الشمسية ، الخزن الحراري

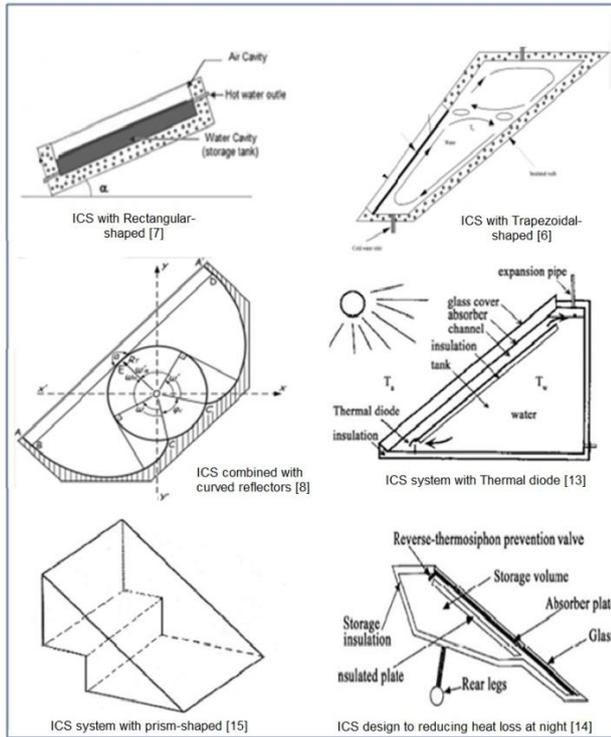
المقدمة:

انواع التصاميم واقلهم كلفة هو وسخانات الماء الشمسية الخازنة الجامعة بالمقارنة مع الأنواع الاخرى حيث لا يحتوي على اي اجزاء متحركة ويكون فيه المجمع الشمسي والخزان الحراري في جزء واحد.

أجريت الكثير من الابحاث لدراسة تأثير بعض العوامل الهامة على أداءه، مثل تأثير المناخ والظروف التشغيلية والموقع الجغرافي [3][4]، وقام العديد من الباحثين في شتى أنحاء العالم بدراسات ساهمت في تحسين أداء منظومات الماء الشمسية الخازنة الجامعة من خلال ايجاد تصاميم مختلفة (مستطيل ، اسطواني ، مثلث ، شبه منحرف .. الخ) . من هذه النماذج المجمع الذي تم تصنيعه من قبل [5] على هيئة خزان

ان سخانات المياه الشمسية تعتبر من اسرع التقنيات نمواً في مجال الطاقات المتجددة، حيث يمكن لمنظومة تسخين صغيرة أن تكون حل عملي واقتصادي لتوفير الماء الساخن بشكل موثوق لسنوات عديدة في المناطق النائية او التي تعاني من شحة في انتاج الطاقة الكهربائية مع توفر كمية اشعاع شمسي كبيرة في تلك المناطق. تُقسم سخانات الماء الشمسية الى ثلاثة اقسام [2]: سخانات الماء الشمسية التي تعمل بالحمل الحر، سخانات الماء الشمسية التي تعمل بالحمل القسري، وسخانات الماء الشمسية الخازنة الجامعة. أبسط

حالة استخدامه في غير اوقات توفر الاشعاع الشمسي. لذلك هذا البحث يتناول فحص واختبار اداء مجمع شمسي خازن متكون من جزئين، الجزء الاول للتجميع والجزء الثاني للخزن ومقارنة نتائجه مع مجمع شمسي خازن للباحث [1]. تم اختياره لاجراء المقارنة لانه اعطى نتائج تجريبية جيدة للظروف المناخية العراقية. تم تعديل تصميم المجمع الشمسي [1] وتطويره للحصول على كمية اضافية من الماء بدرجة حرارة مقبولة تحفظ للاستخدام المنزلي المسائي باضافة خزان حراري للماء الساخن ليكون الخزان كجزء من المجمع ولكنه معزول بصورة دائما ومن ثم الاستفادة من ظاهرة التدرج الحراري التي تحصل في المجمع بسب فرق الكثافة لسحب الحرارة المطلوبة من الجزء الساخن للمجمع وإضافة كمية أخرى من الماء الجديد للجزء البارد من الخزان. المخططات ادناه تمثل نماذج مختلفة من المجمعات الشمسية الخازنة التي ذكرت من خلال استعراض البحوث السابقة ومؤشر عليها ضمينا اسم الباحث.



تصنيع المجمعات الشمسية:

من اجل نجاح ودقة الدراسة التجريبية للتصميم المقترح تم تصنيع مجمعين شمسيين : الاول بالتصميم الذي انجزه الباحث [1] ونرمز له بالرمز (A) وهو عبارة عن سخان شمسي خازن هرمي الشكل ذو مقطع مثلث قائم الزاوية. الثاني بالتصميم المقترح ونرمز له بالرمز (B) وهو عبارة عن مجمع شمسي خازن يتكون من جزئين، الجزء الاول هو الجزء الجامع للحرارة وصنع بشكل هرمي ذو قطع جزئي للمثلث القائم الزاوية لتقليل كمية الماء داخل المجمع [15]، الجزء الثاني يمثل الجزء الخازن للحرارة وهو جزء من ضمن المجمع لكنه معزول بشكل دائم. الصورة الفوتوغرافية في الشكل رقم (1) والمخطط شكل رقم (2) توضحان المظهر العام للمجمعات الشمسية المستخدمة وأبعادها.

متغير العمق يسمى الحوض البسيط للتجميع والخزن في آن واحد يمتاز هذا المجمع بعدم وجود صفيحة الامتصاص إذ يقوم الماء داخله بعملية التجميع والخزن في الوقت نفسه. الباحث [6] درس اداء مجمع شمسي خازن بشكل شبه منحرف في ظروف مناخية مختلفة في اوربا (البرتغال) وبين ان الشكل المستخدم يساهم في زيادة التدرج الحراري داخل المجمع الشمسي الخازن.

الباحث [7] قام بدراسة تجريبية ونظرية حول أيجاد التصميم الأمثل لمجمع شمسي خازن بسيط التركيب منخفض الكلفة بشكل صندوق مستطيل يعمل تحت الظروف المناخية الاسكتلندية. اما الباحث [8] فقد قام بدراسة عملية لمجمع خازن اسطواني الشكل مع استخدام صفائح عاكسة لتحسين اداءه. الباحث [9] قام بدراسة تأثير معدل التدفق وزاوية الميل على اداء مجمع شمسي خازن يتكون من جزئين جزء للتجميع الطاقة الشمسية والجزء الثاني لخزنها.

الباحث [10] قام بدراسة عددية باستخدام برنامج (ANSYS) للحصول على توزيع درجات الحرارة خلال مجمع شمسي خازن موشوري الشكل ذو مقطع مثلث قائم الزاوية. درس الباحثان [11][12] مجمع شمسي خازن بمساحة مقطع مثلثة الشكل، وجدوا ان هذا التصميم يحسن من اداء المجمع ويزيد من معدل انتقال الحرارة من صفيحة الامتصاص الى الماء.

الباحث [13] اجري دراسة عملية لمنضومة شمسية خازنة مع استخدام دايود حراري لمنع الدوران العكسي خلال الليل. الباحث [14] قام بدراسة عملية لتصميم مقترح لمجمع شمسي خازن يقلل من الخسار الحرارية خلال الليل. دراسة تجريبية لمجمع شمسي خازن هرمي الشكل ذو مقطع مثلث قائم الزاوية تحت الظروف الجوية المختلفة لمدينة بغداد انجزها الباحث [1]، وبينت النتائج امكانية استخدام هذا النوع من المجمعات في تسخين المياه للأستخدامات المنزلية، تم تطوير تلك الدراسة من قبل الباحث [15] وذلك باجراء تعديل في التصميم يجعل حجم الماء اقل داخل المجمع وبالتالي تحسين التدرج الحراري للماء (بالمقارنة قبل التحسين). ان من اهم السلبيات التي ترافق عمل الـ (ICSSWH) هي مسالة الخزن الحراري، حيث ان هذا النوع من المجمعات يكون فعالا خلال النهار اي طالما توفر الاشعاع الشمسي وتكون غير فعالة او لا يمكن استخدامها في خلاف ذلك، لانها تفقد الطاقة الحرارية بسرعة كبيرة عندما تطول الفترة بين توفر الطاقة الشمسية واستخدامها. لذلك كان هناك جزء اخر من الدراسات تُعنى بتحسين الخزن الحراري لمنضومات (ICSSWH) ونشرت نتائج جيدة من قبل بعض الباحثين تضمنت العديد من الاستراتيجيات المختلفة لجعلها اكثر فائدة واستخداما خلال الليل. من هذه الاستراتيجيات استخدام طبقة من العازل يغطي بها المجمع خلال المساء [16][17]، استخدام العوازل الشفافة [18][19]، استخدام المواد متغيرة الطور [20][21]، استخدام طبقات متعددة من الألواح الزجاجية [22].

مما تقدم نجد ان تحسين اداء سخانات الماء الشمسية من النوع الخازن الجامع يتطلب استخدام تصميم يساهم في تحسين الاداء الحراري فضلا عن ايجاد حل لمشكلة العزل الحراري في

السفلي. في التصميم الحالي تم الاستفادة من ظاهرة التدرج الحراري التي تحصل في المجمع بسبب فرق الكثافة والتي تعطي إمكانية خزن الحرارة في الجزء العلوي المعزول وسحب الحرارة المطلوبة من الجزء الساخن للمجمع وإضافة كمية أخرى من الماء الجديد للجزء البارد من الخزان وهذا ما يحسن التدرج الحراري للماء وبالتالي يجعل المجمع يعمل بكفاءة، بعكس المجمع في الحالة الأولى التي تكون الخسائر الحرارية كبيرة بعد غياب الشمس عند المساء أو في حالة وجود غيوم في الجو وبالتالي عدم الاستفادة من الماء الساخن في تلك الفترة. تم عزل كلا المجمعين من الأسفل والجوانب بطبقة من الصوف الزجاجي بسمك (5 cm) وغُلف المجمع بصفيح من الخشب بسمك (2 mm) لغرض حفظ واحتواء المجمع والمادة العازلة علاوة على اعتباره مادة عازلة إضافية للحد من الخسائر الحرارية. تم توزيع نقاط قياس درجات الحرارة للماء داخل المجمعات الشمسية وذلك بتثبيت عدد من المزدوجات الحرارية داخل

مجمع [سنة نقاط للمجمع (A) وعشرة نقاط للمجمع (B)] بواسطة عدد من الأسلاك المعدنية الرفيعة تقسم الخزان الحراري إلى أقسام متساوية في الارتفاع ومختلفة في المساحة بحكم ميلان السطح الماص وكما موضح في الشكل رقم (2). تثبت المزدوجات الحرارية في منتصف كل مساحة من تلك المساحات لتمثل معدل درجات الحرارة في ذلك الجزء من الخزان لتتمكن بعد ذلك من معرفة معدل درجة حرارة الماء داخل كل مجمع من خلال العلاقة (6). استخدمت لقياس درجات الحرارة مزدوجات حرارية من نوع (Copper-Constant) تم توصيلها من خلال مفتاح انتقائي يحتوي على عشرين نقطة إلى محرار رقمي. درجة حرارة المحيط الخارجي تم قياسها بواسطة محرار زئبقي معزول عن الأشعة الشمسية والمؤثرات الجوية وقبل البدء بالقياسات تم إجراء عملية المعايرة

التحليل النظري:

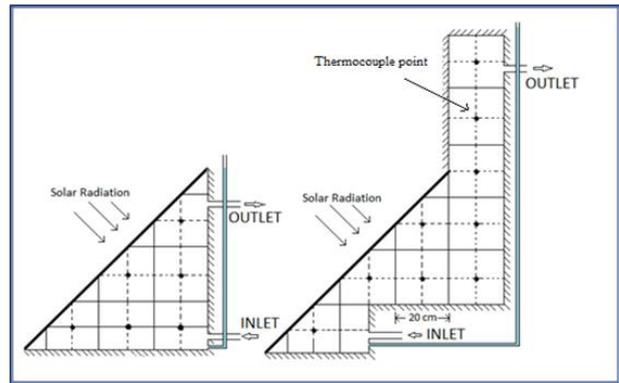
يتضمن التحليل النظري حساب الخسائر الحرارية للمنظومة وكمية الطاقة الممتصة والمخزونة داخل المجمع الشمسي وكذلك حساب الكفاءة. كمية الطاقة المفقودة والتي تحدث من جميع جوانب المجمع تحسب من المعادلة الآتية

$$Q_{Loss} = U_L \cdot A_p \cdot (T_p - T_a) \quad (1)$$

أن معامل الخسائر الحرارية الكلي (UL) هو مجموع كلا من معامل الخسائر الحرارية التي تحدث من صفيحة الامتصاص وتمثل الجزء الأكبر من فقدان وتسمى الخسائر الحرارية العلوية ومعامل الخسائر الحرارية التي تحدث من جوانب المجمع والتي تسمى الخسائر الحرارية الجانبية وهي قليلة بالمقارنة مع الخسائر الحرارية العلوية لذلك تم إهمالها. هناك عدة علاقات تجريبية لإيجاد معامل الخسائر الحرارية العلوي، أفضل علاقة تجريبية لحساب (U) اقترحت من قبل [٢٥].



الشكل (1) المجمعات الشمسية الخازنة (A) و (B) المستخدمة في البحث



الشكل (٢) مخطط للمجمع الشمسي المستخدم وابعادة ونقاط المزدوجات الحرارية

المجمعات المستخدمة توفر زاوية ميل مقدارها (45°) عن الأفق وهي زاوية الميل المثلى للمجمع بالنسبة لمدينة بغداد خلال فترة الشتاء [٢٣] وباتجاه الجنوب الجغرافي وتم اختيارها للفترة الممتدة من بداية شهر شباط ولغاية نهاية شهر تموز من عام (2011) تحت الظروف المناخية المختلفة لمدينة بغداد، يعطي المجمع (A) حجماً مقداره (170 liter) من الماء اما المجمع الثاني بالتصميم المقترح فبسعة (210 liter)، في كلا المجمعين صنع الخزان وصفيحة الامتصاص من صفائح بسمك 1.25 mm من مادة الحديد المغلون وتم طلاء صفيحة الامتصاص بطلاء اسود داكن غير لامع (من صنع شركة الأصباغ الحديثة العراقية) أستعمل غطاء من الزجاج العادي بسمك (4 mm) مثبت داخل إطار باستخدام مادة السليكون المطاط بالإضافة الى معجون خاص لمنع تسرب الهواء الساخن من داخل الحيز الهوائي. المسافة المحصورة بين الغطاء الزجاجي وصفيحة الامتصاص فقد ابقيت مساوية إلى (2.5 cm) لكون هذه المسافة تعطي أفضل عزل لانتقال الحرارة بواسطة الحمل والإشعاع من سطح الامتصاص الحار نسبياً إلى الزجاج البارد [٢٤]، تم تزويد المجمع بانبوب لسحب الماء الساخن في الجزء العلوي من المجمع واخر للتجهيز في الجزء

، و (M_{Tot}) هي الكتلة الكلية. كفاءة المجمع الشمسي تحسب من خلال العلاقة الآتية:

$$\eta = \frac{Q_{u(acu.)}}{Q_{Abs}} \quad (٧)$$

اسلوب الاختبار

تم فحص أداء المجمعات الشمسية تحت الظروف المناخية المختلفة لمدينة بغداد (خط عرض 33 درجة شمالاً وخط طول 44 درجة شرقاً)، وأجريت التجارب على المجمعات التي تميل بزاوية مقدارها (45°) عن الأفق وموجه باتجاه الجنوب الجغرافي خلال فصلي الشتاء والصيف، ابتداءً من شهر شباط الى نهاية شهر تموز من عام (2011). أجريت الاختبارات بمعدل خمسة تجارب في الشهر في أيام مختلفة وبلغ العدد الاجمالي للتجارب المنفذة اكثر من ثلاثون تجربة، دونت القراءات في كل ساعة للمتغيرات المقاسة وهي (درجة حرارة الماء المخزون، درجة حرارة الهواء الخارجي، درجة حرارة صفيحة الامتصاص ودرجة حرارة الماء الداخل والخارج من كل مجمع). تم فحص أداء المجمعات بدون حمل أي بدون سحب للماء وإيجاد معدل درجة حرارة الماء. تبدأ كافة التجارب من الساعة الثامنة والنصف صباحاً الى الساعة الثالثة والنصف مساءً او الرابعة والنصف مساءً وحسب الموسم التي تؤخذ فيه التجارب، وقبل بداية كل تجربة تُملئ المجمعات بالماء وتنظف الأغشية الزجاجية وتفحص الأجهزة ونقاط التوصيل للمزدوجات الحرارية.

النتائج والمناقشة

أجريت التجارب على المجمعات الشمسية في ظروف مناخية مختلفة لمدينة بغداد للفترة الممتدة بين شهري شباط وتموز من عام (2011)، من تلك التجارب والحسابات النظرية التي اجريت على المنظومة الشمسية تم اختيار تجارب مختلفة مُثلت نتائجها بشكل مخططات بيانية لتقييم أداء المجمعات المذكورة. الأشكال (3) و(4) توضح تغير شدة الإشعاع الشمسي والطاقة الحرارية المكتسبة النظرية والحقيقية ودرجة حرارة الهواء الخارجي لكلا المجمعين مع ساعات النهار خلال شهر شباط، نلاحظ زيادة تدريجية في شدة الإشعاع الشمسي إلى أن يصل إلى أعلى قيمة له عند منتصف النهار ثم بعد ذلك يبدأ بالانخفاض التدريجي وهو بذلك يحدد الشكل العام لتصرف الطاقة النافعة إذ تزداد قيمتها تدريجياً حتى منتصف النهار وتتبع بذلك شدة الإشعاع الشمسي ولكن بفارق وهذا الفارق هو الذي يحدد كفاءة المجمع، نجد ايضاً من الأشكال المذكور هناك تقارب واضح بين كمية الطاقة المكتسبة النظرية والعملية وهذا التقارب يعطي مؤشراً واضحاً حول صحة المعادلات المستخدمة في حساب كمية الإشعاع الشمسي الساقط على صفيحة الامتصاص لكل مجمع.

$$U_t =$$

$$\left[\frac{N}{\left(\frac{C}{T_p} \right) \left[\frac{(T_p - T_a)}{(N+f)} \right]^e + \frac{1}{h_w}} \right]^{-1} + \left[\frac{\sigma(T_p^2 - T_a^2)(T_p - T_a)}{(\epsilon_p + 0.00591Nh_w)^{-1} + \left\{ \frac{(2N+f-1+0.133\epsilon_p)}{\epsilon_g} \right\} - N} \right] \quad (٨)$$

$$f = (1 + 0.089h_w - 0.116h_w \epsilon_p)(1 + 0.07866N) \quad (٩)$$

$$e = \left(1.43 - \frac{100}{T_p} \right)$$

$$C = 520(1 - 0.0051\beta^2) \text{ for } 0^\circ < \beta > 70^\circ$$

كمية الطاقة الممتصة من صفيحة الامتصاص والمنتقلة الى الماء ولكل مجمع تحسب من المعادلة الآتية :-

$$Q_{Abs.} = I_b \cdot A_p \cdot F_t \cdot (\tau_g \alpha_p) \quad (١٠)$$

$$F_t = F_s \square F_d$$

ان المقدار (F_t) يمثل المعامل الكلي لتأثير الظل والغياب على كمية الاشعاع الشمسي المستلم من صفيحة الامتصاص وقيمته تساوي (0.98) اما المقدار $(p_{ag\tau})$ والذي يمثل حاصل ضرب امتصاصية صفيحة الامتصاص في نفاذية الغطاء الزجاجي يتغير بتغير الخواص البصرية للغطاء الزجاجي واعتماداً على تغير زاوية السقوط والانعكاس للاشعاع الشمسي الساقط خلال ساعات النهار تم حساباً لكل ساعة بلأعتماد على [٢٤] المصدر. الاشعاع الشمسي (I_b) تم الاعتماد على الحسابات النظرية لتقدير شدته [٢٥]. كمية الطاقة الحرارية الفعلية المخزونة داخل كل مجمع شمسي تحسب كالاتي:

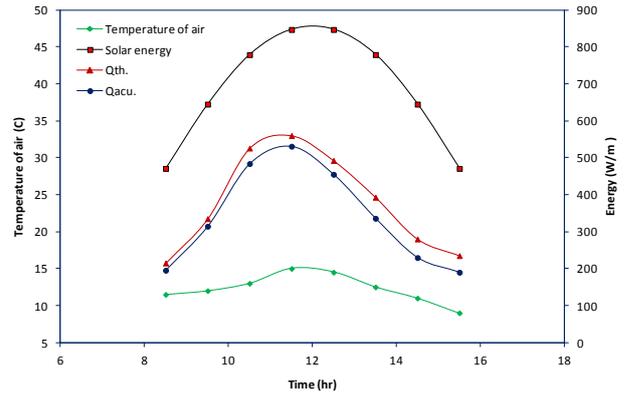
$$Q_{u(acu.)} = \frac{MC_w(T_{av} - T_i)}{t} \quad (١١)$$

المجمعات المستخدمة وحسب تصنيف [٢٦] هو الخزان المتدرج حرارياً، الذي يكون التدرج فيه واضحاً على طول ارتفاعه من الدخول إلى الخروج بسبب فرق الكثافة. معدل درجة الحرارة لكل مجمع تحسب من العلاقة الآتية :

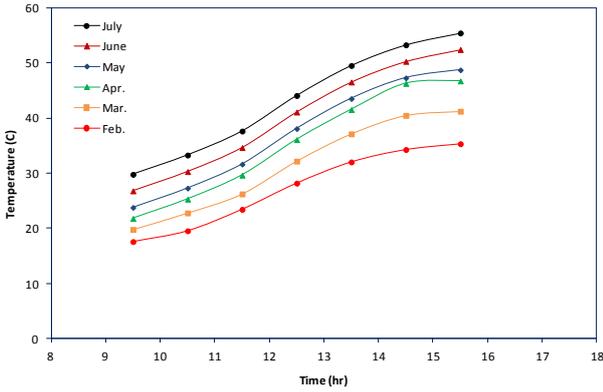
$$T_{av} = \frac{\sum M_n T_n}{M_{Tot}} \quad (١٢)$$

حيث ان $(M_n T_n)$ هي كتلة الماء ودرجة الحرارة في كل جزء من اجزاء المجمع والشكل رقم (2) يوضح تلك التقسيمات

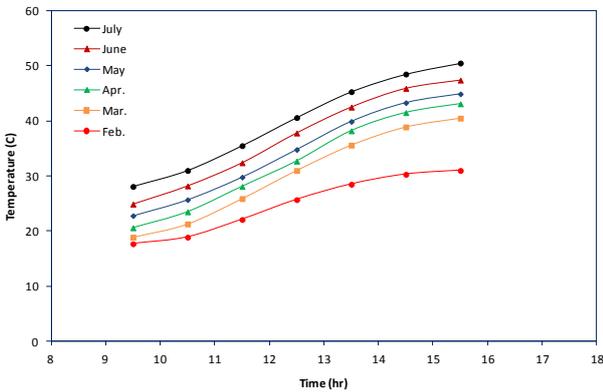
استخدامه خلال المساء بدرجة حرارة مناسبة تقترب من (35 °C). الشكل رقم (7) يوضح تغير معدل درجة الحرارة مع ساعات النهار خلال الفترة الممتدة من الساعة الثامنة صباحا الى الساعة السادسة صباحا من اليوم التالي خلال شهر شباط ، ومقارنة النتائج التي حصلنا عليها مع النتائج التجريبية للباحث [1] ، نجد وبعد غياب الشمس يبدأ الهبوط الحاد بدرجات الحرارة للمجمع (A) وبشكل اقل للمجمع المستخدم من قبل الباحث [1] الذي يستخدم طبقتين من الألواح الزجاجية، اما المجمع (B) يكون انخفاض درجة الحرارة بسبب الخسائر الحرارية اقل بالمقارنة مع المجمعين الاخرين.



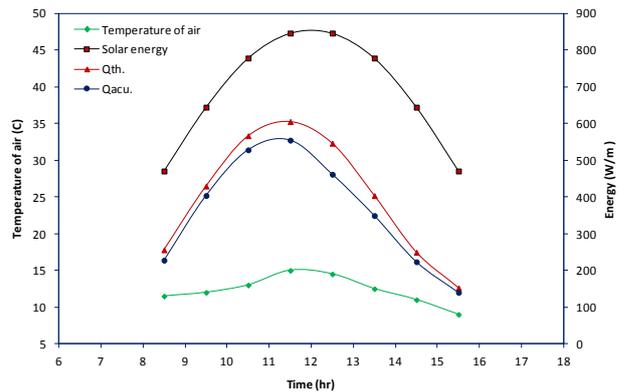
الشكل (3) تغير الاشعاع الشمسي والطاقة المكتسبة الحقيقية والنظرية مع ساعات النهار للمجمع (A)



الشكل (5) تغير معدل درجة حرارة الماء مع ساعات النهار لاشهر مختلفة من السنة للمجمع (A)



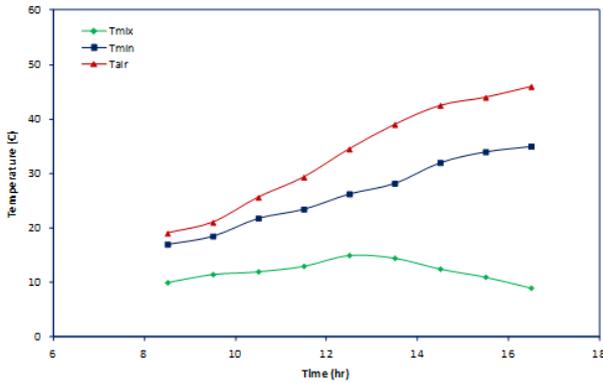
الشكل (6) تغير معدل درجة حرارة الماء مع ساعات النهار لاشهر مختلفة من السنة للمجمع (B)



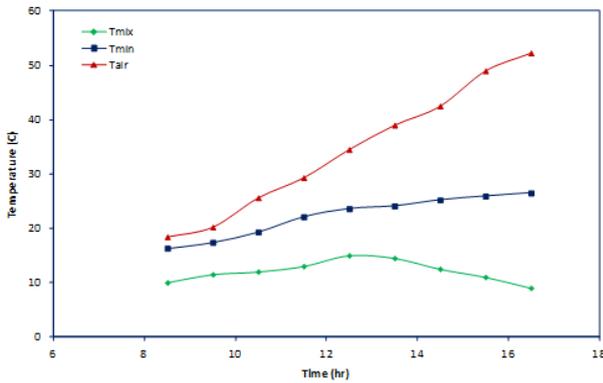
الشكل (4) تغير الاشعاع الشمسي والطاقة المكتسبة الحقيقية والنظرية مع ساعات النهار للمجمع (B)

معدل درجة حرارة الماء داخل المجمع من المتغيرات المهمة التي تحدد كفاءة المجمع وإمكانية استخدامه في التطبيق المناسب ، ويمكن تعريفها من العلاقة [27] $T_{av} = \frac{\sum M_n T_n}{M_{Tot}}$ التي تم الإشارة إليها في المعادلة رقم (6). الأشكال (5) و (6) توضح نتائج قياسات معدل درجة حرارة الماء داخل كل مجمع شمسي (للأشهر من شباط الى تموز). نجد ان التصرف متشابه لكلا المجمعين من حيث الزيادة المستمرة في معدل درجة حرارة الماء حتى نهاية التجربة وهو مطابق لما ورد في عدة مصادر [10][15] من حيث الزيادة الساعية ولكنها مختلفة بالقيمة وهذا بالتأكيد بسبب الاختلاف في كمية الماء وقيمة الخسائر الحرارية وطريقة التصميم ، بلغ معدل درجة حرارة الماء في شهر شباط وحزيران على التوالي (35°C , 55°C) للمجمع (A) و (50.5°C , 31°C) للمجمع (B) (ذو الخزان الاضافي المعزول)، معدل درجة حرارة الماء للمجمع A كانت هي الاعلى في كل التجارب التي أجريت وهذا منطقي ومتوقع كون المجمع الاول له كمية مياه اقل بمقدار (40 Litter).

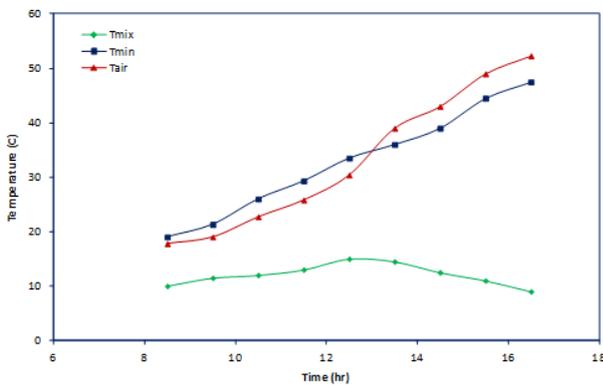
هذه النتائج تبين لنا نقاط مهمة : اولها، ان المجمعات الشمسية تعمل بصورة صحيحة ، ان الفرق بمعدل درجات الحرارة بين التصميمين ليس كبيرا ويمكن تبريره او قبوله بالحصول على زيادة في كمية الماء الساخن بمقدار (23%) فضلا عن ذلك لدينا (70) لتر من الماء المخزون يمكن



الشكل (8) تغير درجة حرارة الماء العظمى والدنيا والهواء الجوي مع ساعات النهار للمجمع (A)

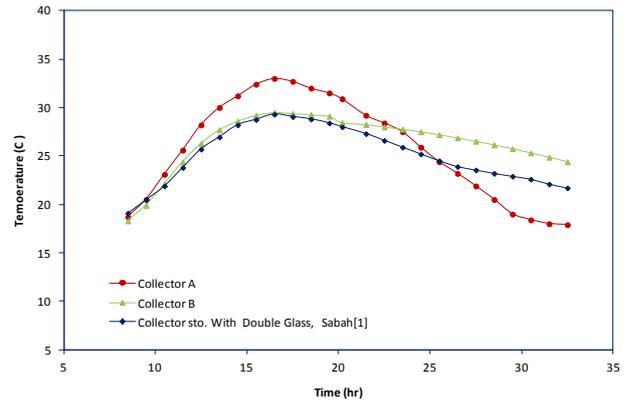


الشكل (9) تغير درجة حرارة الماء العظمى والدنيا والهواء الجوي مع ساعات النهار للمجمع (B)



الشكل (10) تغير درجة حرارة الماء العظمى والهواء الجوي مع ساعات النهار للمجمعين (A) و (B)

من الوظائف الرئيسية والمهمة للمجمع الشمسي الخازن هو خزن الطاقة الشمسية وان هذه الطاقة المخزونة هي دالة لمعدل درجة حرارة الماء داخل المجمع وحجمه بثبوت المتغيرات الأخرى لذلك فان كمية الطاقة المخزونة التراكمية هي في زيادة مستمرة خلال فترة الاختبار تبعا لزيادة الفرق بدرجات الحرارة بين معدل درجة حرارة الماء خلال ساعات النهار ودرجة



الشكل (7) تغير معدل درجة حرارة الماء مع ساعات النهار لاشهر مختلفة من السنة للمجمع (B)

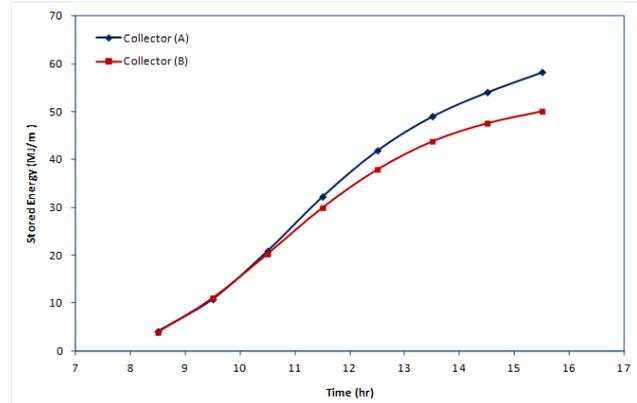
ان المجمعات المصنعة المستخدمة وحسب تصنيف [2] هو الخزان المتدرج حراريا ، الذي يكون التدرج فيه واضحا على طول ارتفاعه من الدخول إلى الخروج بسبب فرق الكثافة. هذا التدرج هو الذي يعطي أمكانية سحب الحرارة من الجزء الساخن (العلوي) للمجمع وإضافة كمية أخرى من الماء الجديد للجزء البارد. الأشكال (8) و (9) يوضحان كيفية تغير أقصى وادنى درجة حرارة للماء داخل كل مجمع. تستمر درجة حرارة تلك النقطتين بالزيادة في قيمتها مع الاستمرار بالتسخين حتى تصل إلى أعلى مستوى لها عند منتصف النهار تقريبا وتتبع بذلك شدة الإشعاع الشمسي بعد ذلك تستمر في الزيادة حتى نهاية التجربة ولكن بنسبة أقل بسبب الانخفاض التدريجي لقيمة الإشعاع بعد منتصف النهار وزيادة الخسائر الحرارية (بالنسبة للمجمع يفضل سحب الماء الساخن في تلك الفترة وتعويضه بماء جديد)، فكانت أقصى درجة حرارة للماء داخل المجمع (B) لشهر شباط هي (51.5) يقابلها (48.4) للمجمع (A). يبين الشكل رقم (10) تأثير التصميم الحالي بأضافة الجزء الإضافي المعزول على زيادة معدل ارتفاع درجة الحرارة القصوى (القريبة من انبوب السحب) مع ساعات النهار للمجمع (B)، فعند عدم سحب الماء للمجمع (A) سوف يقل التدرج الحراري بسبب قلة الطاقة الشمسية الساقطة من جانب وزيادة الخسائر الحرارية بسبب زيادة الفرق بدرجات الحرارة بين الماء داخل المجمع والهواء الخارجي من جانب آخر، على العكس من المجمع (B) ففي حالة عدم سحب الماء خلال النهار سوف يساهم الجزء المعزول للمجمع بحفظ الماء الساخن ويستمر بتسخين الماء بشكل أفضل.

بينت النتائج التي اجريت على المجمع الشمسي الخازن بان بإمكان مجمع شمسي بسيط التصميم واطى الكلفة بالمقارنة مع السخانات الشمسية الاعتيادية ان يوفر الماء الساخن بدرجة حرارة مناسبة ويساهم في ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية. المجمع (A) يعطي نتائج جيدة للضروف المناخية لمدينة بغداد لكنه في حاله عدم سحب الماء منه خلال النهار فان معدل درجة الحرارة سيقبل بسبب الخسائر الكبيرة ولا يمكن ايضا استخدامه خلال فترة المساء، في التصميم المقترح تم حل هذه المسألة بتوفير خزان اضافي معزول كجزء من المجمع يُحفظ فيه الماء الساخن كنتيجة لفرق الكثافة، بينت النتائج بان التصميم المقترح له معدل درجة حرارة اقل نسبيا من المجمع (A) في جميع التجارب التي اجريت حيث كانت معدل درجة الحرارة في شهري شباط وحزيرن للمجمع (A) هي (35)،(55) على التوالي، يقابلها (31)،(50.5) للمجمع (B) ولكن بنفس الوقت ان المجمع (B) له تدرج حراري افضل في الجزء العلوي من المجمع حيث كانت اقصى درجة حرارة له في شهر شباط (51،5) يقابلها (48.4) للمجمع (A) وبما ان اساس عمل المجمع هو التدرج الحراري وسحب الحرارة من الجزء الساخن لذلك ممكن القول ان المجمع (B) يعطى الافضلية من هذا الناحية. ومن ناحية اخرى يوفر المجمع (B) ماء ساخن بمقدار (70 Liter) بدرجة حرارة مقبولة للاستخدامات المنزلية بعد غياب الاشعاع الشمسي، في حين لا يستطيع المجمع (A) الاحتفاظ بالماء الساخن لفترة طويلة بعد غياب الاشعاع الشمسي

الحرارة الابتدائية، تم حساب الطاقة المخزونة لكل وحدة حجم من العلاقة:

$$Q_s = \rho C (T_{av} - T_i) \quad (8)$$

والشكل رقم (11) توضح تغير تلك الطاقة مع ساعات النهار خلال فترة الاختبار ولكل مجمع. نلاحظ ان الطاقة المخزونة الأجمالية لكل وحدة حجم في شهر شباط تكون (58 MJ/m³) للمجمع (A) و (50.1 MJ/m³) للمجمع (B).

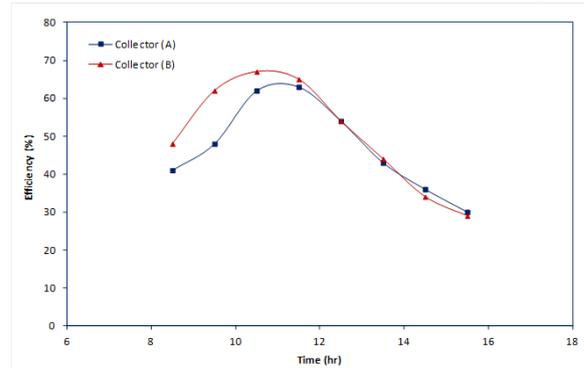


الشكل (11) تغير الطاقة المخزونة مع ساعات النهار للمجمعين (A) و (B)

الرموز

Q_{loss}	The quantity of energy lost (W)
Q_{abs}	The quantity of energy absorbed (W)
Q_u	The quantity of useful energy (W)
$Q_{u(acu)}$	The quantity of actual useful energy (W)
$Q_{u(th)}$	The quantity of theoretically useful energy (W)
A_p	Surface area of absorption plate (m ²)
T_p, T_a	Mean temperature of absorption plate and ambient respectively (°C)
T_{av}	Average temperature of water (°C)
T_i	Initial temperature of water (°C)
C, f, e	Constants related to experimental equ. No. 2
ϵ_p, ϵ_g	Emissivity of absorption plate and glass cover respectively
N	Number of glass covers
B	Inclination angle of solar collector
h_w	Coefficient of heat transfer by radiation W/m ² . °C
V	Wind speed (m/s ²)
σ	Steven Poltzman coefficient W/m ² . K ⁴

الشكل (12) يوضح كيفية تغير الكفاءة الساعية للمجمعات الشمسية مع ساعات النهار في حالة عدم وجود حمل (عدم سحب الماء)، حيث يلاحظ أن كفاءة المجمع العملية منخفضة خلال ساعات النهار الأولى لان الأشعة الشمسية الواصلة تكون قليلة في ذلك الوقت ومن ثم تبدأ بالزيادة حتى منتصف النهار تقريبا والسبب في ذلك الارتفاع الحاصل في درجة حرارة الماء داخل المجمع وكذلك قلة الطاقة المفقودة نسبيا في ذلك الوقت، بعد ذلك تقل الكفاءة نتيجة انخفاض الطاقة الحرارية المتجمعة يقابلها زيادة في الخسائر الحرارية



الشكل (12) تغير الكفاءة الساعية للمجمعات الشمسية المستخدمة مع ساعات النهار

الاستنتاجات

8. Y. Tripan, M. Souliotis "ICS Solar Systems with Horizontal (E-W) and Vertical (N-S) Cylindrical Water Storage Tank" *Renewable Energy* 2004, 29, 73.
9. R. Ihaddadene "The Effects of Volumetric Flow Rate and Inclination Angle on the Performance of a Solar Thermal Collector" *Energy Conversion and Management*, 2014, 78, 931.
10. K.A. Joudi "Computational Model for a Prism shaped Storage Solar Collector with a Right Triangular Cross section" *Energy Conversion and Management*, 2004, 45, 391.
11. A. Ecevit, A.M. Al-Shariah, E.D. Apaydin "Triangular Built-in Storage Solar Water Heater", *Solar Energy*, 1989, 42, 253.
12. S.C. Kaushik, "Transient Analysis of a Triangular Built-in-storage Solar Water Heater under Winter Conditions", *Heat Recovery Systems and CHP*, 1994, 14, 337.
13. A.A. Mohamad, "Integrated Solar Collector-Storage Tank System with Thermal Diode" *Solar Energy*, 1997, 61, 211.
14. D. Faiman, "Reducing the Heat Loss at Night from Solar Water Heaters of the Integrated Collector-Storage Variety" *Solar Energy*, 2001, 71, 87.
15. W.H. Alawee, "A Simple Design Solar Water Heater" *Al-Taqani Journal*, 2008, 21, 27.
16. A.A.-Sebaii, "Thermal Performance of a Shallow Solar Pond Integrated with a Baffle Plate", *Applied Energy*, 2005, 81, 33.
17. R. Kumar, "Integrated Collector Storage Solar Water Heater with Corrugated Absorber Surface", *Applied Thermal Engineering*, 2010, 30, 1764.
18. J. Prakash, .S.C. Kaushik, "Performance Prediction for a Triangular Built-in-storage Solar Water Heater with Transparent Insulation", *Energy*, 1994 19, 869.
19. P.B. Chaurasia, J. Twidell, "Collector Cum Storage Solar Water Heaters with and without Transparent Insulation Material, *Solar Energy*, 2001, 70, 403-416.
20. N.K Bansal, D. Buddhi, "Performance Equation of a Collector-cum-storage System Using Phase Change Materials", *Solar Energy*, 1992, 48,185.

I_b	Solar radiation falling on collector surface (w/m^2)
U_T	Coefficient of upper heat loss (W/m^2 °C)
F_{sh}	Coefficient of shade effect covering part of absorption plate on falling solar radiation received
F_d	Coefficient of effect of dust on the glass outer surface on falling solar radiation received
F_t	The total effect of shade and dust on the solar radiation received
$\tau_g \alpha_p$	Sum of multiplying absorption plate absorbency by Permeability of glasscover
η_s	Storage efficiency (%)
M	Fluid mass (Kg)
Cp_w	Water specific heat (kJ/kg.c)
T	Operation time (Sc)

References

1. T.A. Sabah "Experimental and theoretical study on solar collector storage pyramidal right triangular cross section area", *Engineering and Technology Journal*, 2005, 24,329.
2. Rakesh and A. Marc "Integrated collector-storage solar water heater with extended storage unit" *Applied Thermal Engineering*, 2011, 31, 348.
3. M. Mejdi "Performance of a Solar Storage Collector" *Desalination*, 2005, 183, 167.
4. M. Smyth, P.C Eames, B. Norton "Integrated Collector Storage Solar Water Heaters" *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2006,10, 503.
5. J.C. Mcveigh "Sun Power: An Introduction To The Applications Of Solar Energy" Pergamum Press Inc., Oxford, 1977.
6. M.S. Jose "Thermal Performance of a Trapezoidal-shaped Solar Collector/energy store" *Applied Energy*, 2002, 73, 195.
7. C. Garnier, J. Currie, T. Muneer "Integrated Collector Storage Solar Water Heater temperature stratification" *Applied Energy*, 2009, 86, 1465.

21. T. Sefa, S. Ahmet, A.M Hakan, "Temperature Distributions in Trapezoidal Built Storage Solar Water Heaters with/without Phase Change Materials, Energy Conversion and Management, 2006, 47, 2143.
22. H.P. Garg, U. Rani, "Theoretical and Experimental Studies on Collector/storage type Solar Water Heater, Solar Energy, 1982, 29, 467.
23. M. Rayahi, "Estimate the amount of solar radiation on surfaces at different directions in Iraq during the clear days", Master Thesis, college of Science, University of Mustansiriya, Iraq, 1979.
24. J.A. Duffie, W.A. Beckman, "Solar Engineering of Thermal Processes" John Wiley & Sons, Inc. Third Edition. 2006.
25. N. Akhtar, S.C. Mullick, "Computation of glass-cover temperatures and top heat loss coefficient of flat-plate solar collectors with double glazing" *Energy*, 2007, 32, 1067.
26. N. Sahibat, "Estimation and Comparison of Diffuse Solar Radiation over Iraq" *Kufa Juornal of Engineering*, 2010, 2, 153.