

تجربة جامعة تشرين في تخزين الطاقة الشمسية بالطور الصلب

* الدكتور فؤاد الصالح
** الدكتور محي الدين نظام
*** صفوان مغماس

(قبل للنشر في 2002/6/30)

□ الملخص □

تم تصميم وتصنيع مجمّع شمسي من مواد محلية بالكامل وكذلك خزان شمسي يعمل باستخدام صخور محلية تم انتقاؤها بعناية بعد دراسة خواصها الحرارية، ثم وصل المجمّع مع الخزان بواسطة أنابيب هوائية معزولة بحيث يتم تدوير الهواء بواسطة مروحة كهربائية ضئيلة استهلاك الطاقة. جرت القياسات خلال 140 يوم من أواخر 2000 وحتى الشهر الثامن من 2001، وحيث تم حساب مردود التخزين الحراري خلال تلك الفترة.

الكلمات المفتاح: الطاقة الشمسية - التخزين بالطور الصلب - التحويل الشمسي الحراري.

* أستاذ في قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** أستاذ مساعد في قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** مشرف على الأعمال في قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Solar Energy Storage by Solid – State Phase (The Experience of Tishreen University)

Dr. Fouad AL-SALEH *

Dr. Mohyee Eldin NIZAM **

Safwan MAsGHAMES ***

(Accepted 30/6/2002)

□ ABSTRACT □

A design and construction of a flat solar collector using air as a heat transport media, was made from wholly domestic materials collected from different places in Syria, with an isolated heat storage solid-state unit. Air was circulated by an electric motor with low energy consumption.

Full measurements were carried out during 140 days (2000-2001) and thermal storage efficiency was calculated for that period.

* Professor, Chemistry Department, Faculty of Sciences, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Associate professor, Physics Department, Faculty of Sciences, Tishreen University, Lattakia, Syria.

*** Chemistry Department, Faculty of Sciences, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

تصل الطاقة الشمسية إلى الأرض عموماً بشكل منقطع، خلال النهار والليل وخلال فترات السطوع وفترات الغيوم والأمطار.

وقد بلغت عدد أيام السطوع الشمسي في اللاذقية بحدود 300 يوم (نهار مشمس) في العام، وفي دمشق 330 يوم (نهار مشمس) في العام.

وبالرغم من كون هذه الطاقة مجانية ونظيفة، وتبلغ كميات كبيرة في بلادنا، فإن المسألة المتعلقة بخزن هذه الطاقة لاستخدامها في الليل أو في الأوقات التي تحجب فيها الشمس وراء الغيوم وخلال العواصف وغيرها، هي مسألة شديدة الأهمية بالفعل.

وفي الوقت الحاضر يمكن خزن هذه الطاقة في تسخين المياه مباشرة أو باستخدام السخانات المائية الشمسية العاملة باستخدام السيفون الحراري، العامل على حركة المياه الساخنة نحو الأعلى لدى امتصاص الطاقة الشمسية بسبب انخفاض كثافة المياه الساخنة بالمقارنة مع المياه الأبدنى درجة حرارة. ولكن هذه الطريقة تمتلك جملة من السلبيات، فهي محددة الاستخدام بدرجة حرارة فوق الصفر المئوي، وتحت درجة غليان الماء، وهي تتلف لدى وجود الصقيع، وتتفجر هذه الأنابيب في هذه الحالات كما أن ارتفاع الدرجة فوق 100 درجة مئوية يؤدي كذلك إلى تفجر الأنابيب والتجهيزات بسبب الضغط العالي الناجم عن الغليان.

كما أن مشكلة تآكل التمديدات المعدنية الحاوية على المياه تؤدي إلى خفض مردود العملية دوماً بسبب الحاجة إلى تجديد شبكة المياه الساخنة بين فترة وأخرى، أو تطبيق طرق منع التآكل المكلفة عادة.

من الممكن أيضاً تخزين الطاقة الشمسية باستخدام الخلايا الفوتوفولتية والمخدرات الالكتروكيمياوية المكلفة اقتصادياً في الوقت الحاضر.

كما يمكن القيام بالتخزين الطاقى المذكور بتحويل هذه الطاقة إلى الشكل الكهربائي الذي يمكن من ضخ المياه من خزان أدنى إلى خزان أعلى، واسترجاع الطاقة لدى رجوع المياه من الخزان الأعلى إلى الخزان الأخفض تلقائياً وإدارة محركات كهربائية عند الحاجة إلى الطاقة من جديد، وقد تتم العملية لدى القيام بضغط الهواء (لدى وجود الطاقة الكهربائية الشمسية) حتى قيم عالية، واسترجاع هذه الطاقة بإدارة المحركات / العنفات الغازية، التي تقدم الطاقة من جديد وغير ذلك [1، 2].

إن استخدام الطور الصلب لتخزين الطاقة الشمسية هو من أكثر الطرق اقتصادية فهو لا يهتم بدرجات الحرارة الدنيا أو العليا التي تعمل المنظومة ضمن حدودها، ولا توجد لهذا النظام مشكلة تآكل المعادن (المرتبطة بانحلال المعدن لدى تماسه مع محلول الكتروليتي يحوي على الأوكسجين بكميات كبيرة)، والمواد المستخدمة رخيصة جداً ومتوفرة في بلادنا بكثرة وفي جميع المناطق تقريباً وهي أنواع من الصخور الموجودة في الجدول اللاحق [3، 4]، ولذلك حاولنا في هذه الدراسة التجريبية القيام بالحسابات التي تبين كفاءة تخزين الطاقة الشمسية في وحدة التخزين والتجميع على سطح كلية العلوم في جامعة تشرين وذلك من تاريخ 9 / 12 / 2000 وحتى 1 / 8 / 2001. وهذه الصخور وأماكن تواجدها وسعاتها الحرارية المقاسة يبينها الجدول التالي :

جدول رقم (1)

رقم العينة	اسم العينة	منطقتها	سعتها الحرارية Cp (cal/g. deg)
1	خفان بازلت سكوريا	/ السويداء (تلال أم دلا)	0.21
2	خفان بازلت سكوريا	/ صافيتا (قلعة العريمة)	0.20
3	بازلت أوليفيني	/ مشروع نهوض الرطبة	0.22
4	بازلت أوليفيني	/ مشروع نهوض الرطبة	0.21
5	بازلت أوليفيني	/ درعا (تل الخضر)	0.20

0.18	/ درعا (البركنة الجنوبية)	بازلت أوليفيني	6
0.20	/ درعا (تل عداد)	بازلت أوليفيني	7
0.19	/ فرقة البطحة	بازلت أوليفيني خفان	8
0.22	/ فرقة البطحة	بازلت أوليفيني مصمت	9
0.23	/ الإسكان العسكري	قرميد	10
0.23	/ بصرى الشام (الغسانة)	صخر صلب	11
0.20	/ أم الطيور	راديوليت	12
0.27	/ أم الطيور	سرينتينييت أسود	13
0.23	/ أم الطيور	سرينتينييت أخضر	14
0.25	/ أم الطيور	دياباز	15
0.24	/ كفرية	صخر أسفلتي	16
0.27	/ بيرود	غضاريات	17

وقد تم اختيار العينة رقم (13) "سرينتينييت أسود" ، نظراً لارتفاع سعته الحرارية وهو نوع من الصخور البازلتية يوجد في منطقة أم الطيور (شمال اللاذقية) .
وصف الجهاز المستخدم:

تصف الصورة إلى جانب النص، الجهاز المستخدم ويتألف من:

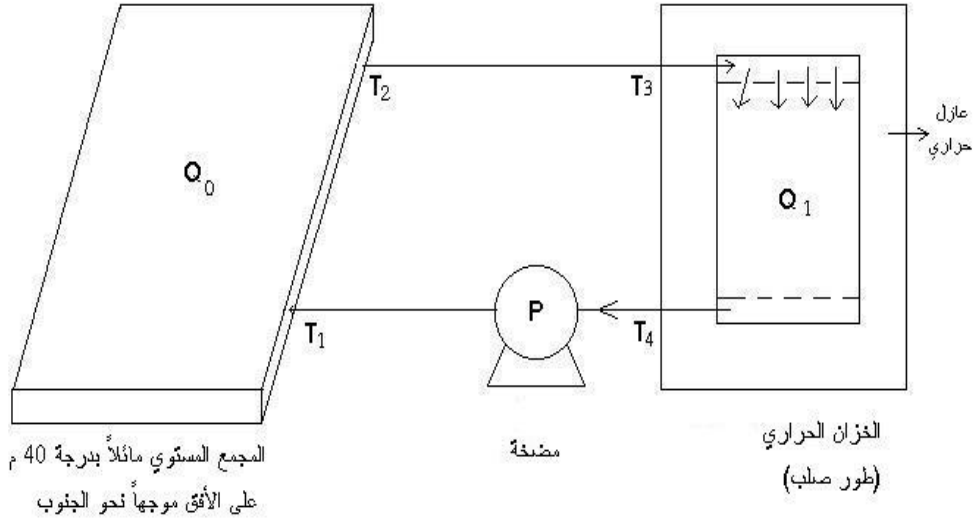


"مجمع شمسي مع خزان حراري بالطور الصلب"

علبة المجمع المستوي من الخشب المعزول حرارياً والحاوي على الصفيحة المعدنية المجعدة والمطلية باللون الأسود غير اللامع Black Mat والموجودة على عازل حراري بسماكة 10 cm ويعلوها على مسافة 10 cm لوح من الزجاج، وفوق على مسافة 7 cm لوح آخر من الزجاج الخالي من الحديد بسماكة 4 mm.

ويدخل الهواء من الجانب الأيمن في أسفل علبة المجمع المستوي وتبلغ مساحة هذا المجمع حوالي متر مربع، ويخرج الهواء بعد ذلك، والأكثر سخونة من فتحة في أعلى الجانب الأيمن لعلبة المجمع ليصل بعد ذلك إلى مدخل الخزان الحراري

الصلب من الجهة العليا فيه، يصل الهواء الساخن إلى غرفة صغيرة داخل الخزّان المليء بقطع الصخور بقياسات تقارب في حدّها الأعظمي حوالي 5-7 cm وحدّها الأصغري بحدود 3-4 cm الشكل (1). يتخلل الهواء الساخن هذه الصخور ويتلامس معها معطياً الحرارة إليها عبر التماس مع السطوح الواسعة لهذه الصخور، وفي أسفل الخزّان يخرج الهواء من فتحة جانبية ليضخ عبر مضخة كهربائية باستطاعة صغيرة هي بحدود 50 واط إلى مدخل المجمع المستوي[6].



الشكل (1) "مخطط الجهاز المستخدم"

جرت القياسات على مدى زمني واسع عبر الفترة الواقعة بين 2000/12/9 وحتى 2001/8/1، وذلك خلال 34 أسبوعاً، وكان عدد أيام القياس الفعلية هو 140 يوم خلال الفترة السابقة. وقد تم اختيار درجة ميل المجمع/40 درجة مئوية، حيث جرت العادة على وضع المجمعات الشمسية بدرجة ميل بين 34/ - 44 درجة وذلك وفقاً لزاوية ميل أشعة الشمس بحيث تكون هذه الأشعة عمودية على المجمع أطول فترة ممكنة للاستفادة من الطاقة القصوى لها وبما أن الجهاز ثابت ولا يمكن تحريكه تبعاً لدرجة ميل أشعة الشمس خلال الفصول الأربعة فقد تم اختيار زاوية ميل وسطية /40 درجة، وهي الدرجة الموافقة والممكنة التطبيق من الناحية العملية تجنباً لصعوبة تحريك المجمع يومياً. انظر الشكل (4) الذي يبين ساعات أخذ القياسات وتواريخها (في آخر النص).

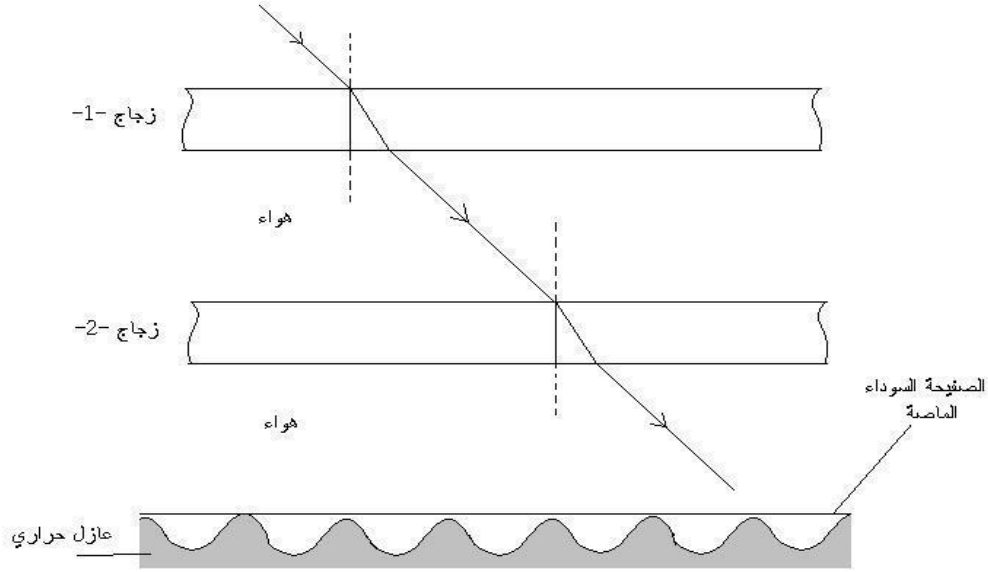
طريقة القياس والحساب:

تم أخذ قياسات درجات الحرارة كالتالي[5]:

T_0 - درجة حرارة الهواء في الظل (تحت المجمع المستوي) وبدون التأثير بدرجة حرارة هذا المجمع.

T_1 - درجة حرارة الهواء الداخل إلى المجمع المستوي بعد مروره في المضخة (المستخدمة لتدوير الهواء).

T_2 - درجة حرارة الهواء عند خروجه من المجمع المستوي في الأعلى بعد امتصاصه كمية الحرارة من المجمع المستوي الذي قام بامتصاص الطاقة الشمسية المباشرة وغير المباشرة الواردة إلى سطح الصفيحة المعدنية السوداء الماصة، بعد مرورها عبر طبقات الزجاج والهواء كما في الشكل (2).



الشكل (2) مسار الشعاع الضوئي عبر لوحى الزجاج وحتى الامتصاص

ولدى امتصاص الفوتون $E = hu$ يحدث ارتفاع في درجة حرارة السطح المعدني الأسود الماص بالمقدار DT خلال واحدة الزمن. وخلال الزمن اللازم لعبور كمية الهواء الذي يسخن إلى داخل حجرة المجمع المستوي ترتفع الدرجة من T_1 إلى T_2 المقاستان. وتصف الأشكال من م-1 حتى م-12 في الملحق، تغير هذه الدرجات خلال فترات القياس .

T_3 - تصف درجة حرارة الهواء الداخل إلى الخزآن الصلب من الأعلى لسبب يعود إلى خفة الهواء الساخن مقارنة مع الهواء الأبرد درجة، ولكن مقاومة قطع الصخور تستلزم وجود مضخة التدوير لذلك يكون دوران الهواء الساخن قسرياً، يتوزع خلال كامل كتلة الطور الصلب المستخدم ليعطي كامل الطاقة الحرارية التي يحملها، والتي تتناسب طردياً مع الفرق بين T_3 و T_4 .

T_4 - هي درجة حرارة الخزآن الحراري عند مخرج الهواء في أسفل هذا الخزآن والتي تصف درجة حرارة الخزآن بعد مرور الهواء الساخن عبر مثل هذه الدورة من دوران الهواء الساخن.

وتمت الحسابات وفق التالي [7، 8]:

آ- كمية الحرارة التي تم تخزينها في الخزآن الصلب: Q_1

$$Q_1 = m.C_p.DT$$

حيث:

m : كتلة قطع الصخر الكلية.

C_p : الحرارة النوعية للصخر المستخدم والمحددة مسبقاً بدقة (1) .

وذلك باتباع الطريقة التالية:

أ- تحدد كتلة الصخر.

ب - يوضع في فرن درجة حرارته 110 م مدة لا تقل عن نصف ساعة.

ج - ينقل الصخر بسرعة من الفرن الى كمية محددة من الماء النقي المحدد درجة الحرارة والمعزول حرارياً.

د - بعد زمن قصير (10) دقيقة تحدد درجة حرارة الماء في الوعاء المعزول حرارياً.

هـ- تحسب كمية الحرارة التي أخذها الماء وهي مساوية الى كمية الحرارة التي فقدها الصخر.

وحيث (DT) هي الفرق بين أعلى درجة حرارة وصل إليها محتوى الخزآن من الصخور المستخدمة (والمنتقاة بدقة) وبين درجة الحرارة التي كانت سائدة في داخل الخزآن في أول النهار عند البدء بأخذ القياسات.

ب- كمية الحرارة الواصلة إلى سطح المجمع الحراري المستوي:

$$Q_0 = 2 \cdot 10^4 \text{ cm}^2 \cdot 1.5 \frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \cdot \text{min}} \cdot DT$$

حيث DT: زمن التشغيل بالدقائق (خلال النهار الواحد من القياسات) ونفترض أن 80% من هذه الطاقة قد تم وصولها فعلاً إلى سطح المجمع ويساوي هذا المقدار $Q_{80\%}$ أو Q_{ϕ} .

ولم يتم الاهتمام في هذه الدراسة بالإشعاع الصادر عن اللوح الأسود الماص للطاقة أو بالضياعات الحرارية الحادثة خلال العمل، وذلك بسبب ضآلة قيمتها.

يصف الشكل (3) تغير المردود الفعلي للتخزين الحراري والذي تصفه العلاقة:

$$h_0 = \frac{Q_1}{Q_0};$$

وكذلك المردود المفترض وفق العلاقة:

$$h_1 = \frac{Q_{80\%}}{Q_0}$$

ويصف الشكل (4) عدد ساعات القياسات اليومية خلال فترة الدراسة.

النتائج والمناقشة :

يبين الشكل / 3 / تغير المردود الحسابي لتجميع الطاقة الشمسية في الترتيب السابق الذكر الذي يستخدم الهواء كمادة ناقلة للطاقة الحرارية ، وذلك خلال الفترة ما بين 2 / 10 / 2000 وحتى 1 / 8 / 2001 ونلاحظ في هذا الشكل تغيرات هذا المردود التي تصل الى نهاية عظمى بحدود 36 % - 37 % ونهاية صغرى أقل من 10 % ، ويعود ذلك بالطبع الى جملة متحولات ، منها درجة ميلان أشعة الشمس تبعاً للفصل من السنة (الشتاء ، الربيع ، الصيف ، الخريف) وكذلك لوضع النهار من حيث وجود غيوم كثيفة تحجب الشمس كلياً أو النهار الغائم جزئياً أو الصاحي تماماً ، والى رطوبة الجو وكمية الغبار وغير ذلك . كما يبين الشكل / 4 / عدد ساعات قياس الإشعاع الشمسي الممررة في الجهاز خلال نفس الفترة السابقة ، وفي الملحق نجد تزايد درجات حرارة (T1 , T2 , T3 , T4) خلال ساعات يوم (نهار) القياسات ونلاحظ هنا أيضاً تغيرات مختلفة لهذه الدرجات مع الزمن لنفس الأسباب السابقة الذكر

(1) تم حساب Cp كما يلي :

كمية الحرارة التي أخذها الماء = كمية الحرارة التي فقدها الصخر

$$m \cdot Cp (T3 - T2) = 50 \cdot 1 \cdot (T2 - T1)$$

m : كتلة عينة الصخر . 50 : حجم الماء المستخدم في التجربة .

T1 : حرارة الماء قبل وضع الصخر فيه T2 : الحرارة النهائية للماء والصخر .

T3 : حرارة الصخر في الفرن بعد زمن قدره /20/ دقيقة من بقائه في الفرن في الدرجة ذاتها

$$Cp = \frac{50(T2 - T1)}{m(T3 - T2)} \quad : \quad Cp \text{ السعة الحرارية للصخر ، زمنها نحسب } Cp \text{ كما يلي :}$$

المرجع المعتمد : كتاب السنة الثانية (الترموديناميك) قسم الكيمياء .

الخاتمة:

- تم التوصل إلى قيم للمردود الافتراضي بحدود (36%) في بعض الحالات في شروط محددة. وفي (80 %) من الأيام كانت تتراوح نسبة المردود بين (22 - 32 %) ، وهذا الاختلاف في المردود يتعلق بالعوامل التالية :
 - 1 - حالة الطقس (صحو - غائم - غائم جزئياً - مطر) .
 - 2 - سرعة الرياح .
 - 3 - الفصل (صيف - ربيع - شتاء - خريف) .
 - 4 - ساعة تشغيل الجهاز وعدد ساعات القياس .
- لم تتم عملية تحريك المجمع المستوي بحيث تبقى الأشعة الشمسية معامدة لسطحه، للحصول على قيم مردود أعلى من ذلك.
- كذلك لابد من اعتبار تحسين العزل الحراري في التعديل اللاحق للمجموعة -المجمع والخزان-
- بقيت سرعة ضخ وتدوير الهواء ثابتة، وهي قيمة يجب أن تربط مع الفرق (T_2-T_1) من أجل زيادة مردود المجمع المستوي، وفي الفترة القادمة، سوف تؤخذ هذه الأمور بعين الاعتبار لزيادة المردود خلال قياسات 2001-2002.

ملاحظة:

تصف الأشكال في الملحق، نماذج من القياسات اليومية لتغير الدرجات T_0, T_1, T_2, T_3, T_4 خلال أشهر شتاء وربيع وصيف 2001 وذلك من م-1 حتى م-12.

.....

- [1] Aboud, I. Lof, G. Hittle, D. C. Simulation of Solar Air Heating. Solar Energy. 1995.
- [2] Baker, G; Hale, M. J Performance Data Network for Solar Process Heat Systems. Solar Engineering. 1996.
- [3] Kutscher, C. F. et al. Design Approaches for Solar Industrial Process – Heat Systems. Golden, USA, Solar Energy Research Inst. 1990.
- [4] Lewandowski, A. et al. Cost and Performance Comparison of Drain Back and Integral Collector Storage Systems. Solar Energy Research Inst. Golden (U.S). 1985.
- [5] Vliet, G. C. Operational Results for a Solar – Heated Apartment. Texas Univ. Austin, TX, 1983.
- [6] Luzz, A. et al. Capturing the Sun for Solar Power Round-the-clock. Inter. Conf. on Thermal Energy Storage, Stuttgart, Germany 9/2000.
- [7] Kreith, F. Principles of Heat Trnasfer. Intext Educational Publication N. Y. 1973.
- [8] Balcomb, J. et al. Design considerations of an Air. – Cooled Collector. Las Alames scien. Lab. Report. 1975.

