دراسة عملية لمقارنة بعض الخصائص الفيزيائية على مجمعين شمسيين مستويين

ا. د. على عبدالله السحيرى [1]، د. محمد سعيد على ، ايمان العجيلي دامان
1 قسم الفيزياء ،الأكاديمية الليبية للدراسات العليا–جنزور

الملخــص

يتناول هذا البحث دراسة عملية لمقارنة بعض الخصائص الفيزيائية لمجمعين شمسيين مستويين، حيث تم تصميم مجمعين شمسيين وكان الاختلاف بينهما في طريقة وضع الانابيب احداهما أفقية والاخرى عمودية ,وتم توصيل كلا المجمعين بخزان معزول حراريا بواسطة أنابيب معزولة وسميت هذه الدائرة "بالمنظومة" وتم تثبيت كل منظومة على قاعدة متينه بحيث تميل بزاوية° 32.5 على مستوى الأفقي ناحية الجنوب , وثبتت المنظومتين في مكان معرض للشمس في ساعات السطوع الشمس وهذا المكان موجود في (اكاديمية الدراسات العليا _جنزور) حيث تم تسجيل درجات حرارة الدخول والخروج للمنظومتين خلال الفترة (10:00AM___15:00 PM) لكل يوم ولمدة ستة أشهر وبدأت فترة الدراسة من شهر (2008/12 ف __ 2009/5 ف) وتم القيام بحساب كل من الكفاءة والطاقة الحرارية الخارجة من المنظومتين ، حيث تم اخذ بيانات الاشعاع الشمسي للمدة المذكورة أعلاه من" مركز البحوث الطاقات المتجددة وتحلية المياه – تاجوراء " ، ثم نوقشت النتائج حسب الظروف المناخية والجوية للأشهر المحددة سابقا مع التمثيل البياني وأدراج القيم في الجداول المبينة بالأرقام لكل شهر ، وكذلك تمت مقارنة النتائج المتحصل عليها للمنظومتين ، ومن العلاقات البيانية تم استنتاج أن المنظومة رقم (1) الانابيب العمودية قد أعطت اكبر طاقة حرارية وافضل كفاءة حرارية من المنظومة رقم (2) الانابيب الافقية وتفسير ذلك بسبب الاختلاف في التصميم ،حيث أن معدل التدفق في المنظومة رقم (1) "الانابيب العمودية " أسرع من المنظومة رقم (2) "الانابيب الافقية "

Abstract

This is an experimental investigation to study the physical proprieties of two designated solar collectors. Both were flat plate built – in – pipe type and the only difference was that the pipes of first one were sit as vertical rows where the pipes if second one were sit as horizontal rows.
Both collectors were fixed on top of strong base with tilt angle of 32.5º and connected to two isolated storage tanks by isolated pipes as separate systems with all fittings.
The two systems were located in academy of graduate studies, Janzor.
The temperatures readings of the input and the output of both systems were taken on hourly basis from 10:00 AM to 15: 00 PM, every day during six months (from 12- 2008 – to 5-2009) the duration of the study. We have calculated the efficiency and the heat energy absorbed by both systems using the data of solar radiation of "renewable energy and desalination research center – Tajura".
The results were discussed and concluded that got and draw the graphs of all parameters, compared the results of two systems .the results are rather convenient.
The system number (1) has better efficiency than the system number (2) because of the difference in the design, where the average of the heat flux of the system number (1) (vertical tube) is higher than the heat flux of system number (2) (horizontal tube).

مقدمــة

استعمال الطاقة الشمسية لأغراض عملية يستحق الاهتمام والبحث المتواصل ،حيث ان بدء استعمال المجمعات الشمسية المستوية عام (1960ف) في استخدام الطاقة الشمسية لتسخين المياه والتدفئة، الا أن التطبيقات العملية تحتاج الى زيادة في الكفاءة وتقليل في الكلفة ولا يتم ذلك الا بالبحث المتواصل وابتكار أجهزة وموارد رخيصة الثمن ، لذلك فأن الأبحاث تسير بصورة متزايدة في مجالات تطوير مواد جديدة وجيدة يمكن استخدامها لأغراض متماثلة ،في الاستفادة من الطاقة الشمسية في المجمعات الشمسية المستوية (flat plate collectors) والمجمعات التركيزية (focusing collectors).[12] وتنقسم المجمعات الشمسية المستوية الى عدة أنواع رئيسية:

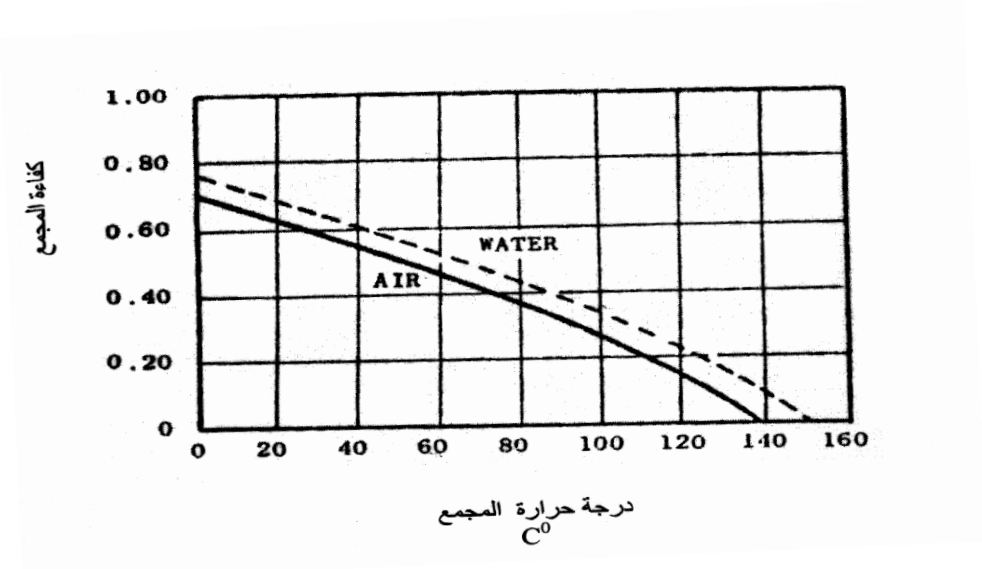
1–المجمعات الشمسية الحرارية التي تقوم بتحويل الطاقة الشمسية الى طاقه حرارية من خلال خصائص الأجسام التي لها قدرة على امتصاص الأشعة الشمسية.

2–المجمعات الشمسية الكهربائية (الخلايا الفوتوفولطيه) وهي الأجسام التي تقوم بتحويل طاقة الاشعاع الشمسي الى طاقه كهربائية بشكل مباشر دون الدخول في عمليات التحول.

3–المجمعات الفوتو كيميائية التي تستعمل الطاقة الشمسية للقيام بتفاعلات كيماوية وانتاج الموارد الكربوهيدراتية [14]، أما المجمعات التركيزية فيستخدم نظرية التركيز بواسطة العاكس المنحنى الذي يوجه الأشعة المركزة الى السطح المستقبل الذي ترفع درجة حرارته ، وقد يحتاج الأمر في مثل هذه الأجهزة الى استخدام جهاز خاص لمتابعة الاشعاع الشمسي حتى يعمل المجمع العاكس على افضل صورة [12]، ومن الناحية العملية نادرا ما تزيد درجة حرارة الاتزان للمجمعات الشمسية المستوية البسيطة من (150C°) عند الظروف المثالية وفى ظروف الشتاء البارد تصل درجة الحرارة أقل بكثير من هذه الدرجة ،لان الفقد الحراري الى المحيط يحد من القيم القصوى لدرجة حرارة الخروج الممكنة والمجمعات الشمسية التركيزية تنتج درجات حرارية أعلى من تلك الناتجة من المجمعات الشمسية المستوية ، ويمكن ان تعمل بفقد حرارى أقل وبكفاءة حرارية عالية [1].

2. المعادلات المستخدمة لحساب الطاقة والكفاءة للمجمعات الشمسية دراسة منظومة تسخين الماء بالطاقة الشمسية من نوع التدوير الطبيعي المستخدمة في الاختبارات العملية، ومبدأ عمل هذه المنظومة يعتمد على اكتساب الطاقة الشمسية من قبل اللوح المستوى للمجمع ،وتحويلها الى طاقة حرارية تؤدى الى تسخين المياه السارية في الأنابيب فتقل كثافتها ويتسبب ذلك في دوران الماء طبيعيا بداخل المنظومة ،وأن الانتاج الحالي مبنى على نفس التصميم الا ان المجمعات لم تتوفر حولها الا بعض المواصفات الفنية كما تفتقر الى أنواع من أجهزة القياس (حيث تم تصميم الخزان وتجميع المنظومة محليا) ولغرض فحص واختبار المنظومة و تركيب أجهزة لقياس درجات الحرارة الداخلة والخارجة من والى المجمع الشمسي ،وقياس درجات الحرارة الداخلة والخارجة من والى السخان وقياس درجة حرارة المحيط ، وغالبا ما تكون كفاءته تساوى واحد صحيح أو أقل من الواحد الصحيح وان درجة الحرارة التي عندها تستخلص الحرارة يشار اليها بالدرجة المميزة عندما يعمل لوح التسخين تحت مقدار تابت من التشمس وتحت ظروف ثابتة أي بمعنى ان الكفاءة ستقل بزيادة درجة التسخين كما يمكن تعديل درجة التسخين بتغير سرعة سريان المائع الناقل حيث ان سرعة سريان المائع منخفضه وتنتج درجة تسخين منخفضة مع كفاءة عالية [1].

كما أن كفاءة المجمع الشمسي المستوى تعتمد على (تصميم المجمع، والمواد المصنوعة منها المجمع الشمسي ...الخ)[15].



الشكل (1) يوضح الكفاءة للمجمعات الشمسية نوع (المائي –الهوائي) .[21]

كما يمكن حساب الطاقة الحرارية المستخلصة من المجمع الشمسي المستوى فى نظام مغلق بالمعادلة الآتية:

$$Q_c=m'C_p\Delta Tc\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

حيث Q_c الطاقة الحرارية المستخلصة للمجمع الشمسي المستوى.

m' معدل التدفق للمائع ويقاس kg/sec.

C_p الحرارة النوعية وتقاس $Btu/I_{bm}.f^{\circ}$ or J/kg.c .

$$\Delta Tc = (T_{out}-T_{in})$$

حيث T_{out}هي درجة الحرارة الخارجة من المجمع الشمسي وتقاس $C^{\circ}(k^{\circ})$.

T_{in} هي درجة الحرارة الداخلة للمجمع الشمسي وتقاس $C^{\circ}(k^{\circ})$.

A_c مساحة المجمع الشمسي المستوى وتقاس m^2.

I_c هو الإشعاع الشمسي الساقط على المجمع الشمسي المستوى أو الفيض الشمسي المقطوع ويقاس w/m^2[1].

ولحساب الكفاءة الحرارية للمجمع الشمسي كالآتي :

$$\eta_c = Qc/Ac\ Ic \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

ηc كفاءة الكلية للمجمع الشمسي المستوى وتقاس بالواط

الشكل (2) يوضح الطاقة الحرارية مع الزمن للمجمعات الشمسية .[24]

ان العامل المهم في معظم المجمعات الشمسية المستوية هو الكفاءة الحرارية وتعتمد على درجات حرارة الدخول والخروج من المجمع الشمسي المستوى، ونسبة ارتفاع الإشعاع الشمسي وكذلك زاوية ميلان المجمع الشمسي المستوى [1].

الشكل (3) يوضح المنظومة للمجمعات الشمسية

2-1.الأجزاء التي تتكون منها المنظومة

1-الهيكل الخارجي: يحتوي على أنابيب والعازل واللوح الماص ويستند على حافته العليا الغطاء الشفاف وهذا الهيكل مصنوع من الخشب.

2-العازل: وهو من الصوف الزجاجي، موصليته الحرارية (K=0.035w/m.c°) وسمكه(d=5cm) ويقع بين الهيكل الخارجي واللوح الماص.

3-اللوح الماص: وهو يتركب من صفوف أو أعمدة من الأنابيب النحاسية مثبته على سطح معدني و موصليته الحرارية (k=385w/m.c°) وبسمك (d=2mm) ومساحة سطحه($A= 1.8m^2$) ويحتوى على أنبوبين رئيسيين بأقطار داخلية (1. 27cm)وأطوال (150cm) مثبته على سطح المعدن ومتصلة مع 10 أنابيب وبأقطار داخلية (0.9525cm) والمسافة بين الأنابيب (10cm)، وهو مطلي بطلاء أسود تجارى غير لماع.

4-الغطاء الشفاف: الغطاء المستخدم في المنظومة من الزجاج بسمك (d=4mm)، ومثبت في أعلى الهيكل بواسطة شريط بلاستيكي يعمل كمانع تسرب.

5-خزان المياه: وهو عبارة عن خزان معزول حراريا سعته (80L) يوجد بداخله ا مبادل حراري طوله (4cm) ويحتوي على (8 لفات) ومصنوع من النحاس بقطر (0.9525cm) ومتصل بالمجمع الشمسي.

6-أنابيب التوصيل: وهي أنابيب تربط بين المجمع الشمسي والخزان الحراري طولها (L=4m) وبقطر (0.9525cm) ومعزولة بعازل من البوليتين التجاري بالإضافة إلى الوصلات التي استخدمت لربط المنظومة.

7-قاعدة تثبيت المجمع الشمسي والخزان: وهي عبارة عن حامل معدني من الحديد بارتفاع (100cm) ثبت فوقه الخزان كما مبين في الشكل الآتي، وثبتت المنظومة بالأرض بحيث كانت مواجهه للجنوب وبزاوية ميل (32.5°) على الأفقي وهي أفضل زاوية وجدت للمجمعات الشمسية المستوية [23].

الشكل (4) يوضح هيكل تثبيت المجمع الشمسي والخزان

3- الدراسات الفيزيائية التي تمت على المجمع الشمسي

1- قياس درجات الحرارة، تعتبر درجة الحرارة العامل الهام في حساب الأداء الحراري للمجمع الشمسي، ودقة القياس مهمة لكى تعطى نتائج حقيقية وقد اعتمدنا على قياس درجات الحرارة عند نقطتين مختلفين على المجمع (عند فتحة دخول الماء وعند فتحة الخروج) بواسطة مقياس لدرجة الحرارة كما وضع جهاز على جانبي المنظومة ليقيس درجة حرارة الجو فى نفس الدقيقة التي يتم فيها اخد القراءات في الفترة الزمنية (15:00PM-10:00AM) .

2- أما لقياس الاشعاع الشمسي الساقط على لوح التجميع الشمسي فقد اعتمدنا على النتائج من مركز البحوث (الطاقات المتجددة وتحلية المياه) بتاجوراء، لنفس فترة القياس لسنتي (2008-2009 ف).

3- تم قياس الطاقة الحرارية الخارجة من المجمع الشمسي باستخدام المعادلة (1) وهي معادلة الطاقة الحرارية المكتسبة من قبل المجمع الشمسي.

4- ومن خلال النتائج السابقة تم حساب كفاءة المجمع الشمسي المستوى لكل يوم ولكل شهر، وفترة الدراسة كانت من شهر (12-2008ف الى 5-2009ف)وذلك بالتعويض بها في المعادلة (2) .

5- المناقشة والاستنتاج

1- بالنسبة لطاقة الحرارية الخارجة من المنظومة رقم (1):

يتضح لنا الطاقة الحرارية ا لخارجة من المنظومة رقم (1) لشهر الكانون متغيرة نسبيا فسجلت أقل قيمة لها حوالي (101w) في اليوم الثالث والعشرون وأعلى قيمة لها حوالي (230w) في اليوم الثامن عشر وقيمتها المتوسطة حوالي(166w).

يتضح لنا أنا لطاقة الحرارية الخارجة من المنظومة رقم (1) لشهر أي النار متغيرة كثيرا لليوم فسجلت أقل قيمة لها حوالي (51w) وذلك لتغير الظروف الجوية في اليوم العشرون وأعلى قيمة لها حوالي (266w) في اليوم الثامن وقيمتها المتوسطة حوالي (165w) وهذا الرقم يعتبر كافيا لتشغيل المنظومة.

يتضح لنا أن الطاقة الحرارية الخارجة من المنظومة رقم (1) لشهر فبراير متغيرة فنجد أقل قيمة لها حوالي (58w) في اليوم الواحد والعشرون وأعلى قيمة لها حوالي (299w) في اليوم الثامن والعشرون وقيمتها المتوسطة حوالي(155w) ومن هذا نستنتج أن فاعلية الطاقة الشمسية كافية لكي تعمل المنظومة.

يبين لنا أن الطاقة الحرارية الخارجة من المنظومة رقم (1) لشهر مارس متغيرة نتيجة لتغير الظروف الجوية فنجد أقل قيمة لها حوالي (68w) في اليوم السابع عشر لهذا الشهر وأعلى قيمة سجلت (w 274) في اليوم الخامس والعشرون وقيمتها المتوسطة حوالي (183w) ومن هذا نلاحظ أن فاعلية الطاقة الشمسية متغيرة نوعا ما لهذا الشهر.

يبين لنا أن الطاقة الحرارية الخارجة من المنظومة رقم (1) لشهر ابريل كبيرة نسبيا بسبب ارتفاع معدل الإشعاع الشمسي على المنظومة بشكل كبير فنجد أقل قيمة لها حوالي (117w) في اليوم الرابع من هذا الشهر وأعلى قيمة لها حوالي (292w) في اليوم الثامن وقيمتها المتوسطة حوالي (216w).

نلاحظ أن الطاقة الحرارية الخارجة من المنظومة رقم (1) لشهر مايو متغيرة تغيرا طفيفا مقارنة بشهر الطير وذلك نتيجة لتغير الطقس فنجد أقل قيمة لها حوالي (185w) في اليوم الرابع من هذا الشهر وأعلى قيمة لها حوالي
(342w) في اليوم السادس والعشرون وقيمتها المتوسطة حوالي(267w).

2- كفاءة الأداء الحراري للمنظومة رقم (1):

يتضح أنه من خلال المتابعة ان كفاءة الأداء الحراري للمنظومة رقم (1) في شهر ديسمبر متقلبة لكل يوم بشكل ملحوظ فسجلت أدنى قيمة لها (0.15) في اليوم التاسع والعشرون وأعلى قراءة (0.50) في اليوم الثالث عشر لهذا الشهر و متوسطها تقريبا (0.25) .

يتضح كذلك أن كفاءة الأداء الحراري للمنظومة رقم (1) في شهر يناير متغيرة لكل يوم بسبب الظروف الجوية فسجلت أقل قيمة لها (0.10) في اليوم التاسع عشر وأعلى قراءة (0.85) في اليوم الرابع لهذا الشهر ومتوسطها تقريبا (0.44) .

يتضح لنا أن كفاءة الأداء الحراري للمنظومة رقم (1) في شهرا فبراير فسجلت أقل قيمة لها (0.12) في اليوم التانى لهذا الشهر نتيجة لتقلب الظروف الجوية وانخفاض نسبة الإشعاع الشمسي لهذااليوم وأعلى قراءة (0.85) أخدت للايام العاشر والثاني عشر والخامس عشر والسابع عشر ومتوسطها تقريبا (0.57) .

يتضح لنا أن كفاءة الأداء الحراري للمنظومة رقم (1) في شهر مارس متقلبة بشكل ملحوظ بسبب الظروف الجوية فسجلت أقل قيمة لها (0.18) في اليوم السابع عشر وذلك نتيجة لتقلب الظروف الجوية وانخفاض نسبة الإشعاع الشمسي لهذا اليوم وأعلى قراءة (0.85) أخدت للأيام الثالث والخامس والعاشر من هذا الشهر ومتوسطها تقريبا (0.58).

ويبين أن كفاءة الأداء الحراري للمنظومة رقم (1) في شهر ابريل متفاوتة للأيام الأشهر السابقة فسجلت أقل قيمة لها (0.27) في اليوم الواحد والعشرون وأعلى قراءة (0.85) أخذت للأيام التاسع و الثالث والعشرون والسادس والعشرون والثاني والعشرون من هذا الشهر ومتوسطها تقريبا (0.54).

نلاحظ أن كفاءة الأداء الحراري للمنظومة رقم (1) في شهر مايو مرتفعة وجيدة لحد ما فسجلت أقل قيمة لها (0.28) في اليوم السابع عشر وأعلى قراءة (0.85) أخذت ليومي الثالث لبداية الشهر والثلاثون من هذا الشهر ومتوسطها تقريبا (0.56).

3- بالنسبة لطاقة الحرارية الخارجة من المنظومة (2) :

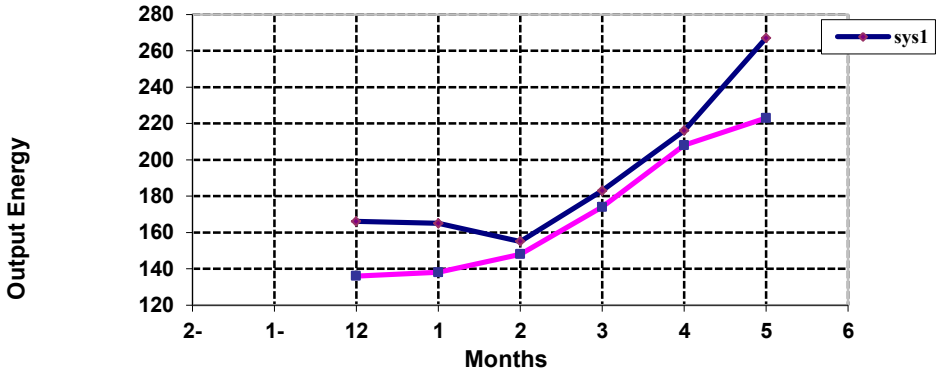
- يتضح ان الطاقة الحرارية الخارجة من المنظومة رقم (2) لشهر ديسمبر متغيرة فنجد أقل قيمة تصل اليها المنظومة (39w) فى اليوم العشرون واعلى قيمة(292w) في اليوم الثامن عشر ومتوسطها يساوى(136w) ،وهنا نستنتج ان فاعلية الطاقة الشمسية كافيه لكى تعمل المنظومة .
- كما تبين ان الطاقة الحرارية الخارجة من المنظومة رقم (2) لشهر يناير متغيرة لكل يوم بشكل كبير فنجد أقل قيمة تصل اليها المنظومة(27w) في اليوم الثاني و العشرون واعلى قيمة(350w) في اليوم الثاني والعشرون ومتوسطها يساوى (138w) ،ومنها يتضح ان الطاقة الشمسية كافيه لكى تعمل المنظومة .
- ويتضح ان الطاقة الحرارية الخارجة من المنظومة رقم (2) لشهر فبراير متغيرة لكل يوم وذلك لتحسين الظروف الجوية المحيطة فنجد أقل قيمة تصل اليها المنظومة (93w) في اليوم الخامس عشر واعلى قيمة(187w) في اليوم الثاني ومتوسطها يساوى (148w) ،ومنها يتضح ان الطاقة الشمسية كافيه لكى تعمل المنظومة .
- وتبين ان الطاقة الحرارية الخارجة من المنظومة رقم (2) لشهر مارس متغيرة، فنجد أقل قيمة تصل اليها المنظومة (40w) في اليوم السابع عشر واعلى قيمة(289w) في اليوم الرابع عشر ومتوسطها تساوى (174w) .
- يتضح لنا من ان الطاقة الحرارية الخارجة من المنظومة رقم (2) لشهر ابريل لها أقل قيمة تصل اليها المنظومة (111w) في اليوم الرابع واعلى قيمة(266w) في اليوم السادس والعشرون ومتوسطها تساوى (208w) وان فاعلية الطاقة الشمسية كافية لعمل المنظومة .
- تلاحظان الطاقة الحرارية الخارجة من المنظومة رقم (2) لشهر مايو تأخذ أقل قيمة تصل اليها المنظومة (120w) في اليوم الثامن عشر واعلى قيمة(325w) في اليوم السادس والعشرون ومتوسطها تساوى (223w) وان فاعلية الطاقة الشمسية كافية لعمل المنظومة .

4- بالنسبة لكفاءة الأداء الحراري للمنظومة (2):

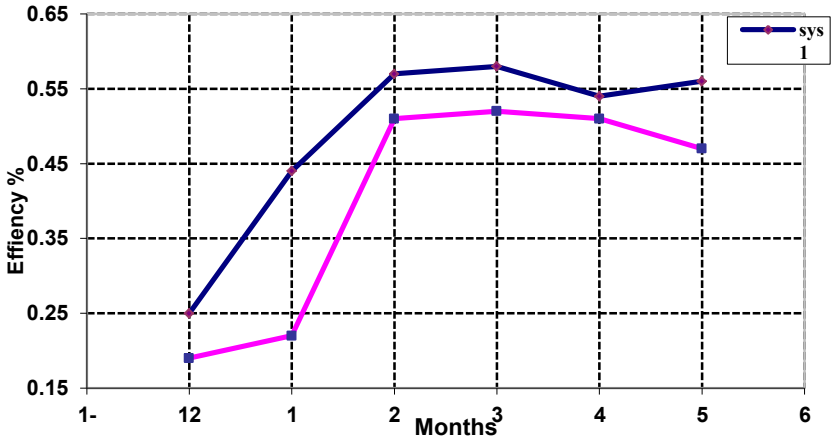
- يتضح لنا ان الكفاءة الحرارية الخارجة من المنظومة (2) لشهر ديسمبر متغيرة نسبيا فنجد أقل قيمة (0.04) في اليوم الرابع عشر واعلى قيمة اخذت (40. 0) في اليوم السابع عشر والقيمة المتوسطة لهذا الشهر (19. 0) .
- يتبين ان الكفاءة الحرارية الخارجة من المنظومة (2) لشهر يناير متغيرة لكل يوم، فنجد أقل قيمة (0.05) ليومي الرابع عشر والتاسع عشر من هذا الشهر وأكبر قيمة سجلت (85. 0) في اليوم الرابع والقيمة المتوسطة لهذا الشهر (25. 0 .
- يتضح لنا ان الكفاءة الحرارية الخارجة من المنظومة (2) لشهر فبراير متغيرة لكل يوم، فنجد أقل قيمة (0.18) في اليوم الثاني والعشرون من هذا الشهر وأكبر قيمة سجلت (84. 0) في اليوم العاشر والقيمة المتوسطة لهذا الشهر (51. 0)
- يبين ان الكفاءة الحرارية الخارجة من المنظومة (2) لشهر مارس متغيرة لكل يوم ،وذلك بسبب تغير الظروف الجوية فنجد أقل قيمة (0.09) في اليوم السابع عشر من هذا الشهر وأكبر قيمة سجلت (82. 0) في اليوم الخامس والقيمة المتوسطة لهذا الشهر (52. 0) .
- يتضح ان الكفاءة الحرارية الخارجة من المنظومة (2) لشهر ابريل متغيرة لكل يوم بسبب ارتفاع نسبة الاشعاع الشمسي ، فنجد أقل قيمة (0.28) ليومي الواحد والعشرون والحادي عشر من هذا الشهر وأكبر قيمة سجلت (81. 0) فى اليوم السادس والقيمة المتوسطة لهذا الشهر (51. 0) .
- كما نلاحظ ان الكفاءة الحرارية الخارجة من المنظومة (2) لشهر مايو متغيرة اخذت أقل قيمة (0.19) في اليوم الثامن عشر وأكبر قيمة سجلت (83. 0) في اليوم الثاني والثالث والقيمة المتوسطة لهذا الشهر (47. 0)

والجدول التالي يوضح مقارنة بين كفاءة الأداء الحراري والطاقة الحرارية الخارجة من المنظومتين مع الأشهر لسنة (2008ف – 2009ف) بزاوية ميلان 32.5° على الأفقي.

الشهر	متوسط الطاقة الخارجة من المنظومة(1) بالوات	متوسط الطاقة الخارجة من المنظومة(2) بالوات	متوسط الكفاءة الخارجة من المنظومة (1)	متوسط الكفاءة الخارجة من المنظومة (2)
ديسمبر	166	136	0.25	0.19
يناير	165	138	0.44	0.22
فبراير	155	148	0.57	0.51
مارس	183	174	0.58	0.52
ابريل	216	208	0.54	0.51
مايو	267	223	0.56	0.47



الشكل (5) يوضح مقارنة بين الطاقة الخارجة من المنظومتين مع الأشهر لسنة (2008ف.2009ف) بزاوية ميلان 32.5° على الأفقي.



الشكل(6) يوضح مقارنة بين كفاءة الأداء الحراري من المنظومتين مع الأشهر لسنة (2008ف.2009ف) بزاوية ميلان 32.5° على الأفقي

الاستنتاج

من خلال التجارب العملية التي تمت والمقارنة بين كفاءة الأداء الحراري والطاقة الخارجة من كل من المنظومتين (1) و (2) خلال الأشهر من ديسمبر 2008 وإلى شهر مايو 2009 أي لمدة ستة أشهر متتالية نلاحظ :

1 – أن كفاءة الأداء الحراري الخارجة للمنظومة (1) متغيرة تدريجيا مع الأشهر الأربعة الأولى وأنها في تزايد بزيادة نسبة الإشعاع الشمسي. أما في شهري الطير والماء فهناك نقص بسيط في الكفاءة وبنفس النتيجة السابقة بالنسبة للمنظومة (2) . إلا أن كفاءة المنظومة (1) أحسن قليلاً من المنظومة (2).

2 – وإن الطاقة الحرارية الخارجة من المنظومة (2) أكثر استقراراً فهي في تزايد مستمر مع زيادة نسبة الإشعاع الشمسي. كذلك الحال بالنسبة للمنظومة (1) إلا أنه حدث نقص بسيط في شهري يناير وفبراير .ومن النتائج المتحصل عليها من المنظومتين نلاحظ أن النتائج متقاربة رغم اختلاف التصميم .

وأن الزيادة في الطاقة الحرارية الخارجة والكفاءة لكل من المنظومتين تعتمد على كثافة الإشعاع الساقط عليهما و أن نسبة الخطأ في القياس بسيطة حيث أن نسبة الخطأ للكفاءة (0.013±).

المراجع

1–.تاليف ،سول وايد. ترجمة د .شاكر جابر شاكر ،د .خليل ابراهيم سعيد ،د .يوسف مولود حسن ،د .عماد ممدوح ،الموصل 1989 مقدمة في الطاقة الشمسية. مديرية دار الكتب للطباعة والنشر.

2–.تاليف مصطفى نبيل محمد . ، لسنة 1995 الشمس ومستقبل الطاقة. دار سعاد الصباح للنشر والتوزيع

3– ،د .فؤاد محمد فريد سيالة .السنة الاولى 1992 ،العدد الاول" نشرة علمية اخبارية نصف سنوية يصدرها مركز دراسات الطاقة الشمسية بأمانة اللجنة الشعبية للبحث العلمي "الاشعاع الشمسي مصدر هائل للطاقة.

4–شبكة الانترنيت

5–.تاليف د .محمد رأفت اسماعيل رمضان ،د .على جمعات الشكيل ،لسنة 1988 . الطاقة المتجددة. .دار الشروق.

6–" "رسالة ماجستير ، مقدمة من أميمة محمد الفوراوى ،جامعة الفاتح لسنة 2000 دراسة الإشعاع الشمسي وتحديد الزوايا المثلى لبعض مناطق الجماهيرية.

7–.تأليف د .فخرى إسماعيل حسن ، لسنة 2003 . مقدمة في الفيزياء الحديثة ، دار المريغ للنشر الرياض ،المملكة السعودية.

8–.تأليف د .سمير غازار . ترجمة وليد حدّاد ،سنة 1991 المنظومة الشمسية .دار النهار للنشر بيروت.

9– مهندس استشاري ابراهيم محمد القرضاوي . أجهزة الطاقة الشمسة . الناشر منشاة المعارف بالإسكندرية (جلال عزى وشركاه).

10– مالك كباريتى ، تقييم أداء المجمعات الشمسية ،الجمعية العلمية الملكية ،عمان –الاردن .

11–.principles of solar engineering .FRANK KREITH and JANF.KREIDER.1978

12–.تاليف د .محمود سرى طه ،الطاقة الجديدة والمتجددة حاضرها ومستقبلها .

13– د .جاسم محمد نورى ادريس . تأثير خشونة السطح الزجاجي الشفاف للمجمع الشمسي المسطح على المردود الحراري والبصرى ،المركز العالي للميكانيك والكهرباء ،زوارة .

14– تأليف د .على ابراهيم سعد وأخرون ،لسنة 2006.انتقال الحرارة في تطبيقات الهندسية ..دار الفجر للنشر والتوزيع

15– د. م. نور الدين عبد الله الربيعي . .لسنة 1983. الآفاق العلمية لاستثمار الطاقة الشمسية ،دار الشؤون الثقافية والنشر ،الجمهورية العراقية .

16–رسالة ماجستير ،مقدم من عادل جمعة عبد السلام ضياف، سنة 2002. "المجمعات الشمسية الحوضية ذات المقطع العرضي لسطح مكافئ)،جامعة الفاتح .

17–رسالة ماجستير ،مقدم من لؤي عبد العزيز عبد المحسن؛ سنة 2007. "دراسة بعض الخصائص الفيزيائية للخلايا الشمسية "،،أكاديمية الدراسات العليا –جنزور .

18- تاليفد. روبرتل .دوجرتى ،A.B,M.E ،تاليفد.جوزيفب.فرانزينى . ph.D.،ترجمه د.قداح شاكر قداح ،مراجعه د. احمد محمد السباعي . ،لسنة 1982 ميكانيكا الموائع وتطبيقات الهندسية . دار ماكجروهيل للنشر . جمهورية مصر العربية.

19-.تأليف د.م. مصطفى مراد حواس ،جامعة قاريونس .الطبعة الاولى ،لسنة 1993 ميكانيكا الموائع.

20- تأليف د. بهالشاندرا .في كارليكار ،تاليفد .روبرت .م.دزموند .ترجمة أ.د.احمد صابر احمد فهمى ، أ.م.د. مصطفى محمد مصطفى سويدان ،أ.د. ماجد ابراهيم نجم ،مراجعة أ.م .د محسن سالم رضوان . ،لسنة 1989 انتقال الحرارة . الدار العربية للنشر والتوزيع مصر، انتقال الحرارة .

21- APPLIED SOLAR ENERGY MEINEL

22-من مركز البحوث مشروع

23- تأليف د. س .هلاسى "الابن " ، ترجمة السيد نجاح شمعة قدورة ، سنة 1959 ف الطاقة الشمسية وكيفية استخدامها .

24- solar energy projects for the Evil GENiUS GAVIND.J.HARPER by the McGraw – Hill companies، . 2007

25 – Vold WRE(2000) Energy congrees VI world fenewable seheryA.A.yAhyA,M,Gallali and M.J wata p2167(2000) .

26- تاليف د. سعود يوسف عباس ،سلسلة كتب ثقافيه شهرية يصدرها المجلس الوطنى للتقافه والفنون والآداب – الكويت ،1981 ف ، تكنولوجيا الطاقة البديلة .