International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 33 العدد
Part 2 المجلد
January 2024 يناير
المجلة الدولية للعلوم والتقنية ISTJ
تم استلام الورقة بتاريخ: 31/ 12/ 2023م وتم نشرها على الموقع بتاريخ:31/ 1 /2024م

# دراسة لحساب كفاءة جودة الطاقة لمجمع سخان شمسي

**هدى يوسف ابراهيم السويحلي**

كلية الهندسة – جامعة الزيتونة
Email: Abhf262@gmail.com

**الملخص:**

منظومة السخان الشمسي هي منظومة متكاملة تستخدم الإشعاع الشمسي لتسخين المياه وأصبح استخدام السخانات الشمسية أمراً ملحا وضرورياً لترشيد استهلاك الطاقة. في هذه الدراسة تم استخدام القانون الثاني للديناميكا الحرارية كمبدأ للنمذجة الرياضية والتحليل للمجمع الشمسي باعتباره المكون الرئيسي لمنظومه السخان الشمسي و تمت ادارة المعادلات وإجراء المحاكاة للمنظومة بواسطة برنامج ماتلاب وقورنت النتائج لهذا المبحث بنتائج المراجع المتاحة وكان التوافق جيداً وأظهرت النتائج التباين بين التحليل المستند على مبدأ حفظ الطاقة (تحليل كمي) والمبدأ الذي كرست من أجله هذه الدراسة (كفاءة جودة الطاقة) الاكسيرجى. حسبت كفاءة الطاقة للمجمع الشمسي 46% بينما كفاءة جودتها3.8%، هذا يؤكد أنه عند تصميم السخانات الشمسية حتى البسيطة منها يجب التركيز على تحسين جودتها بالتوازي مع كميتها مع الأخذ في الاعتبار التكلفة وإجراء دراسة للجدوى الاقتصادية. حققت النمذجة وبرنامج المحاكاة مصداقية عالية مما سمح بإجراء دراسة بارمترية ومعرفة مدى تأثير كل من درجه حرارة الماء الابتدائية وشدة الإشعاع الساقط على كفاءة مجمع السخان الشمسي.

**الكلمات المفتاحية:** سخان شمسي ذو مجمع مسطح – اكسيرجى – كفاءة – ماتلاب – حالة استقرار.


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 33 العدد
Part 2 المجلد
January 2024 يناير
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
ISTJ

تم استلام الورقة بتاريخ: 31/ 12/ 2023م وتم نشرها على الموقع بتاريخ:31/ 1 /2024م

# Study of the exergy efficiency of a flat plate solar heater collector

Huda Youssef Ibrahim Al-Swaihly

Faculty of Engineering /Al-Zaytouna University

Email: Abhf262@gmail.com

**Abstract:**

The solar water heater system is an integrated system that utilizes solar radiation to heat water. The use of solar heaters has become necessary for solar efficient energy consumption. In this study, the second law of thermodynamics was used as principle for mathematical modeling and analysis of a solar collector as the main component of a solar water heater System. The modeling and simulations were managed using MATIAB software. The results of this study were compared to available references, and a good agreement was observed. The conclusions revealed the discrepancies between the analysis based on the principle of energy conservation and the quantitative analysis of exergy quality and efficiency. The efficiency of the thermal energy (quantity) for The collector was calculated to be 46% while the efficiency of its quality was 3.8%. This confirms that when designing solar water heaters, it is important to prioritize improving the quality of the thermal energy alongside it's quantity, while considering the cost. Conducting an economic quality study is recommended .The modeling and simulation program achieved high credibility, enabling a parametric study to be conducted to examine. The influence of changing parameters such as inlet temperature and radiation intensity on the efficiency.

**Keywords**: Flat plate solar collector – Exergy - Efficiency- Matlab - Steady state.

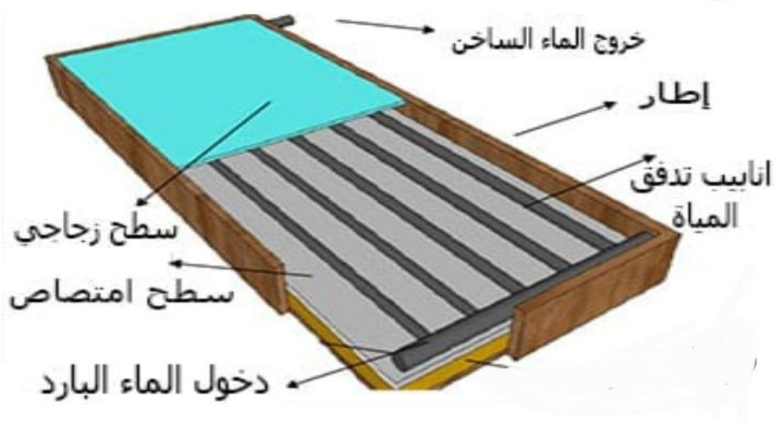

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 33 العدد
Part 2 المجلد
January 2024 يناير
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
ISTJ
تم استلام الورقة بتاريخ: 31/ 12/ 2023م وتم نشرها على الموقع بتاريخ:31/ 1 /2024م

## 1- المقدمة:

السخان الشمسي يعتبر وسيله فعالة ومستدامة لتوفير الطاقة الحرارية للاستخدام المنزلي والتجاري، وتعتمد كفاءته على عدة عوامل اهمها جودة الألواح الشمسية والتقنيات المستخدمة في العزل الحراري، يساهم السخان الشمسي في تقليل استهلاك الطاقة التقليدي وتعتبر كفاءة السخان الشمسي معيارا هاما لقياس مقدرته على تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة مفيدة.

السخان الشمسي منظومة متكاملة تحول الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية يستفاد منها في تسخين المياه، ويعتبر المجمع الشمسي هو المكون الرئيسي لهذه المنظومة وأكثر اللواقط استخداماً هي المسطحة ((Flat plate collector ويتكون من الأجزاء المبينة في شكل **(1)**.

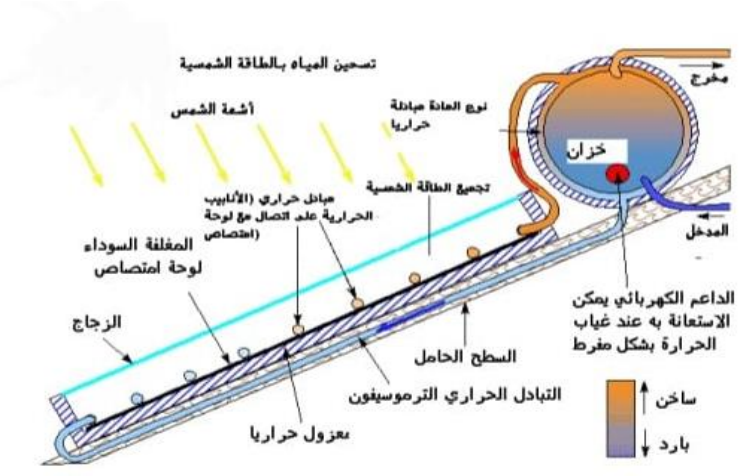



شكل (1) أجزاء مجمع شمسي مسطح FPC

تعتمد حركة المياه وانتقال الحرارة على مبدأ الحمل الحراري وتتم عملية تسخين المياه بالطاقة الشمسية من خلال ثلاثة إجراءات: امتصاص الأشعة، نقل الطاقة ومرحلة التخزين للاستخدام طول اليوم كما مبين في شكل(2) [6].


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تم استلام الورقة بتاريخ: 31/ 12/ 2023م وتم نشرها على الموقع بتاريخ:31/ 1 /2024م




شكل (2) آلية عمل السخان الشمسي

وللحصـــول على كفاءة عالية يجب تحليل الطاقة ككمية ونوعية أو ما يعرف بالأكســـيرجي (Exergy) وقد قدم Hua Ben [2],[1] نظرية توفر لنا إطاراً جيداً لتحليل كفاءة الطاقة كنوعية وككمية وهي نظرية الإجراءات الثلاثة (Three procedure Theory).

## 2- النمذجة والمحاكاة:

تم في هذه الدراسة استخدام تقنية التحليل الرياضي بواسطة برنامج (MATIAB) لمحاكاة سخان شمسي ذو لاقط مسطح (Flat plate solar collector)

ولمعرفة مدى صحة النموذج الرياضي قورنت نتائج الدراسة بنتائج المراجع المتاحة [1]،[2]،[3]،[4] وكانت متطابقة إلى حد كبير، وتمت المحاكاة وفقاً للفرضيات الآتية:

- المجمع الشمسي في حالة الاستقرار (steady state).
- خواص مائع التشغيل (الماء) ثابتة.
- تأثير الغبار على المجمع مهمل.
- إهمال الامتصاصية والنفاذية للسطح الماص.


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تم استلام الورقة بتاريخ: 31/ 12/ 2023م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 31/ 1 /2024م

- البيانات المستخدمة في التحليل وفق الجدول (1).

تم حساب كفاءة الطاقة للمجمع (ككمية) $\eta EC$

وحساب كفاءة الاكسيرجي للمجمع (كنوعية) $\eta EXC$

وفقا للمعادلتين 1، 2

$$\eta EC = \frac{mc_w(T_O - T_i)}{A_C I} \quad (1)$$

$$\eta EXC = \frac{MC_w\,(T_O - T_i - T_a Ln\frac{T_O}{T_i})}{A_C I(1-\frac{T_a}{T_S})} \quad (2)$$

**حيث:**

**Ac** ← مساحة السطح الماص للمجمع ($m^2$)

**Cw** ← الحرارة النوعية للماء $\frac{J}{kg.k°}$

**I** ← شدة الإشعاع الساقط $(\frac{w}{m^2})$

**m** ← معدل تدفق الماء $(\frac{kg}{s})$

**To** ← درجة حرارة الماء النهائية $(k°)$

**Ti** ← درجة حرارة الماء الابتدائية $(k°)$

**Ta** ← درجة حرارة المحيط $(k°)$

**Ts** ← درجة حرارة الشمس الظاهرة $(k°)$


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تم استلام الورقة بتاريخ: 31/ 12/ 2023م وتم نشرها على الموقع بتاريخ:31/ 1 /2024م

**جدول (1): البيانات النموذجية المستخدمة في التحليل**

| Parameters | Value |
|---|---|
| مائع التشغيل | ماء |
| درجة حرارة الشمس الظاهرة | 4350 $k°$ |
| درجة حرارة الماء الابتدائية | 300 $k°$ |
| درجة حرارة المحيط | 300 $K°$ |
| شدة الشعاع الشمسي | 550 $\frac{w}{m^2}$ |
| مساحة سطح المجمع | 1 $m^2$ |
| معدل تدفق الماء | 0.0087 $\frac{kg}{s}$ |
| الحرارة النوعية للماء | 4180.4 $\frac{J}{kg.k°}$ |

- تزداد الكفاءة بزيادة الإشعاع الساقط وتقل بزيادة درجه حرارة الماء الداخل كما موضح بشكل (3) و(4)، تتأثر كفاءة المجمع الشمسي بارتفاع درجة حرارة الماء الابتدائية وذلك بسبب التبديد الحراري وللتغلب على ذلك نحتاج إلى استخدام تقنيات عزل حراري عالية الجودة ونظام تحكم ذكي لضبط درجة حرارة الماء وضغطه مما يساعد على الوصول لأقصى كفاءة ممكنة.
- تزداد كفاءة المجمع الشمسي بزيادة الإشعاع الساقط وأثبتت بعض الدراسات الحديثة أن كفاءة المجمع الشمسي تقل بزيادة الإشعاع الساقط عند وصوله إلى قيمة عالية، وهذا نتيجة عوامل لازالت قيد الدراسة اهمها زيادة الفقد الحراري وتشتت الاشعاع الساقط وكذلك عيوب التصنيع، ويلاحظ من الشكل (3) عندما ارتفعت شدة الإشعاع الشمسي الساقط لقيم عالية فإن نسبة الزيادة تقل بنسبة صغيرة.
- يوضح الشكل (3) والشكل (4)، الفرق الكبير بين كفاءة الطاقة وكفاءة جودتها (Exergy) وهو أساس هذه الدراسة، يمكن أن يكون هذا التباين نتيجة لعدة اسباب اهمها الفقد الحرارى من خلال العزل الغير كافي في المجمع الشمسي وتبين أن اكبر فاقد في الاكسيرجى كان ناتج عن الاختلاف الكبير بين درجة حرارة الشمس والسطح الماص، ضعف نقل الحرارة بسبب استخدام مواد ذات امتصاصية منخفضة وكذلك


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تم استلام الورقة بتاريخ: 31/ 12/ 2023م وتم نشرها على الموقع بتاريخ:31/ 1 /2024م

بسبب سوء التصميم، وعند معالجة الاختلاف الكبير بين كفاءة الطاقة وكفاءة النوعية يجب أن تبنى الدراسات على القانون الثاني للديناميكا الحرارية للوصول إلى تقنية تصنيع عالية الجودة والوصول إلى أقصى أداء ممكن للسخان الشمسي واستغلال أقصى قدر ممكن من الطاقة الشمسية المتاحة.

- يوضح جدول (2) قراءات اختبار عملي لسخان شمسي مسطح ليوم مشمس من شهر ابريل/ 2023 بمدينه مصراته.

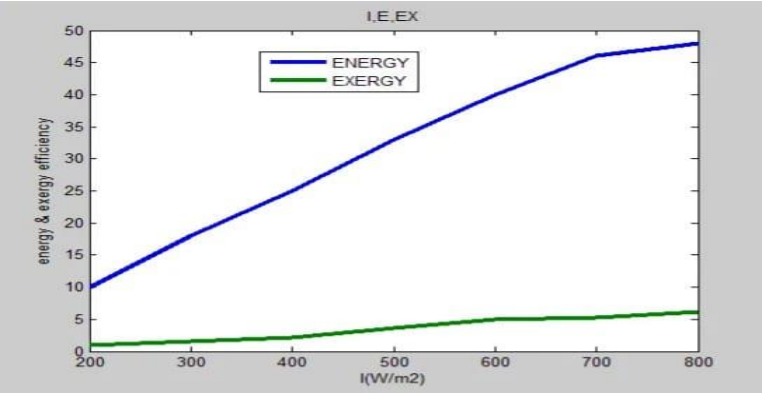
ونلاحظ الاختلاف الكبير بين كفاءة الطاقة وكفاءة جودتها، وهذا يؤيد ما توصلنا اليه من برنامج المحاكاة، كما يجب التركيز على أن كلما زاد الاشعاع الساقط زادت الطاقة الممتصة للمجمع وبنفس الكفاءة تقريبا، وهذا يثبت ان الكفاءة لا تتغير على مدى اليوم.

**جدول (2) قيم شدة الإشعاع الشمسي والطاقة الممتصة للمجمع الشمسى ليوم مشمس من شهر ابريل /2023 بمدينة مصراتة**

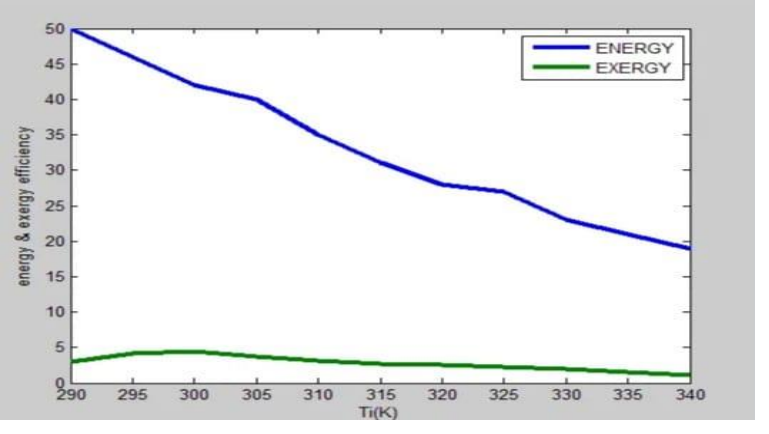
| الوقت | شدة الإشعاع W/m2 | الطاقة الممتصة للمجمع (W) | درجة حرارة الماء (C) | كفاءة الطاقة % | كفاءة الأكسيرجى% |
|---|---|---|---|---|---|
| 9 ص | 450 | 166.5 | 43 | 37 | 3.5 |
| 11 ص | 500 | 185 | 46 | 37 | 3.5 |
| 12 ص | 520 | 196 | 49 | 37.6 | 3.52 |
| 2 م | 799 | 311.6 | 58 | 38.9 | 3.6 |
| 4 م | 658 | 256.6 | 52 | 38.9 | 3.6 |
| 6 م | 311 | 111.9 | 40 | 35.9 | 3.51 |


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تم استلام الورقة بتاريخ: 31/ 12/ 2023م وتم نشرها على الموقع بتاريخ:31/ 1 /2024م




شكل (3) تأثير التغير في شدة الاشعاع على كفاءة الطاقة وكفاءة الجودة الاكسيرجى




شكل (4) تأثير التغيير في درجة حرارة الماء الابتدائية على كفاءة الطاقة وكفاءة الجودة الاكسيرجى

## 3- النتائج:

1. استندت معظم الدراسات على القانون الاول للديناميكا الحرارية ولكن هذا النوع من الدراسة لا يمكن أن يعطى نتائج حقيقية عن أداء السخان الشمسي لأن جوهر استخدام الطاقة هو استخراج الطاقة المتاحة الى أقصى حد ممكن والتعامل معها كنوعيه وككميه


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تم استلام الورقة بتاريخ: 31/ 12/ 2023م وتم نشرها على الموقع بتاريخ:31/ 1 /2024م

لذلك كان من الضروري استخدام القانون الثاني للديناميكا الحرارية لكي يتم الاخذ في الاعتبار كفاءة الجودة.

2. تم حساب الكفاءة الحرارية وكفاءة الجودة وتبين أن هناك فرق كبير بين كفاءة الطاقة 46% وكفاءة الجودة للمجمع 3.8%.

3. يمكن الرفع من كفاءة الجودة للمجمع الشمس باستخدام نظام تحكم ذكي للاستفادة من الطاقة الحرارية لأقصى حد.

4. اجريت الدراسة البارمترية وتبين ان كفاءة الطاقة وكفاءة جودة الطاقة تزيد بزيادة الإشعاع الساقط وتتناقص بزيادة درجه حرارة الماء الابتدائية.

**4- التوصيات:**

1. تتمتع ليبيا بمعدلات اشعاع شمسي عالية خصوصا في المنطقة الجنوبية حيث يمكن استغلال اشعة الشمس المتاحة طوال العام.

2. لتعزيز استخدام السخانات الشمسية في ليبيا، يمكن تبنى سياسات حكومية لتشجيع الاستثمار في التكنولوجيا الشمسية وتوفير الدعم المالي والتقني للأفراد والشركات.

3. كما يمكن تعزيز الوعي بفوائد الطاقة الشمسية ومردودها الاقتصادي واقامة دورات تدريبية في مجال تصميم وتركيب وصيانة السخانات الشمسية.

**الخلاصة:**

توصلت الدراسة إلى أن تقييم جودة الطاقة لمجمع سخان شمسي يعتبر أمرا هاما لفهم اداء النظام وتحسينه، واظهرت النتائج في هده الدراسة التباين الكبير بين كفاءة الطاقة Energy efficiency وكفاءة جودة الطاقة Exergy efficiency وهذا يؤكد أنه عند تصميم السخانات الشمسية حتى البسيطة منها يجب التركيز على تحسين جودتها بالتوازي مع كميتها.

تم استخدام التحليل الرياضي عبر برنامج محاكاة بالماتلاب واجراء دراسة بارومتريه ومعرفة مدى تأثير اي متغير على كفاءة مجمع السخان الشمسي ككمية وكنوعية.


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تم استلام الورقة بتاريخ: 31/ 12/ 2023م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 31/ 1 /2024م

**المراجع:**

[1] Dilip Johan, Ashok, Study of solar water heaters based on exergy analysis. Advances in Mechanical Engineering oct 19-20, 2012.

[2] Asst. prof. Poolsak Intawee, Jarungsaeng Laksanaboonsong, Asst. Prof. chumnong chaichoet, Efficienty Enhancement of Solar water heater, Silpakorn university.

[3] S. Farahat, F. sarhaddi, H. Ajam, Exergtic optimization of flat Plate Solar Collectors, Renewable Energy, Volum 34 Issue 4, 2009, pages 1169-1174,ISSN 0960-1481,

[4] https:// doi. Org/10.1016/j.renene. 2098.06.014.

[5] Sunil Chamoli, Exergy analysis of a flat plate solar collector, GRDIMT Dehradun, Uttarakhand, India, Journal of Energy in Southern Africa ,Vol 24 No.3, Auqust 2013.

[6] Zhong GA, Huitao Wang, Hua Wang, Songkran Zhang and Xin Guan, Exergy Analysis of flat plate Solar Collectors, Entropy 2014, 16, 2549- 2567; doi:10.3390/e160052549.

[7] بن منتى جمال، خنقاوي راين، منصوري صابر، بسملة عبد الستار، دراسة أداء الطاقة لسخان المياه بالطاقة الشمسية، جامعة قاصدي مرباح/ 2019.


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية