**Rafidain Journal of Science**
**https://rsci.mosuljournals.com**
**Vol. 33, No. 3, pp. 10-24, 2024**

# بناء حوض شمسي محلي الصنع ودراسة تأثير التتبع على الاداء الحراري

**خالد عبد الله محمد علي** **ياسين حميد محمود**

قسم الفيزياء/ كلية العلوم/ جامعة تكريت

**p-ISSN: 1608-9391**
**e -ISSN: 2664-2786**

## Article information

**Received: 16/10/2023**
**Revised: 24/12/2023**
**Accepted: 4/1/2024**

**DOI: 10.33899/rjs.2024.184542**

**corresponding author:**
**خالد عبد الله محمد علي**
khalidabd1984@gmail.com
**ياسين حميد محمود**
d.yaseen.ph.sc@tu.edu.iq

**الملخص**

يمثل العمل الحالي بناء مُركز شمسي نوع قطع مكافئ باستخدام مواد محلية لمدينة الموصل – العراق. تنفيذها بأقل كلفة واخف وزناً. هذهِ المنظومة قابلة للتطوير من أجل دراسة اغلب العوامل التي تؤدي الى زيادة الاداء الحراري للمركز الشمسي مثل (قطر المستقبل، طول المستقبل، مساحة المُركز، زاوية ميل المُركز، التتبع، سرعة التدفق الكتلي، نوع المائع، نوع مادة السطح العاكس.....). في هذهِ الدراسة تم دراسة تأثير التتبع على الكفاءة الحرارية العملية للمركز الشمسي في بعد واحد (شمال–جنوب). أجريت الاختبارات على المركز في حالتين الحالة الاولى: وجود منظومة التتبع. الثانية: عدم وجود منظومة التتبع. بينت النتائج العملية زيادة كفاءة المنظومة بوجود التتبع (17%) عند اعلى كفاءة عن المنظومة الثابتة. وكانت الطاقة الحرارية المفيدة زادة بمقدار (550Watt) عن المنظومة الثابتة.

**الكلمات الدالة:** طاقة شمسية حرارية، طاقة شمسية، تتبع الطاقة الشمسية.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/ ).

**المقدمة**

تناولت الدراسات العلمية والعملية التي اختلفت في دراسة موضوع استثمار الطاقة الشمسية، كبديل ناجح للمصادر الطاقة الاحفورية(Ibrhim, 1996 ; Hassain, 2022)، اختلفت معها ظروف التصاميم والأنواع باختلاف الإمكانيات والمؤسسات واختلاف الباحثين الذين تبنوا تلك التصاميم ومدى نجاحها واستخدامها في بلدان هؤلاء الباحثين (Charge *et al*., 2021) بالرغم من إثراء هؤلاء ببحوثهم وتصاميمهم التي زرعت الأمل وزادت من اطلاع دول العالم حول إمكانية الاستفادة من الطاقة الشمسية والاستغناء عن جميع موارد الطاقة الأخرى (Paschal and Bhosole, 2016) بسبب مهم ورئيسي وهو كونها طاقة نظيفة وصديقة للبيئة ومتوفرة في اغلب بلدان العالم وكونها طاقة لا تخضع لسيطرة احد، وممنوحة للجميع، ولأجل الدخول والبحث والاستفادة من التقنيات في مجال استثمار الطاقة الشمسية ولما يتمتع به بلدنا من طاقة هائلة يمكن استثمارها من خلال البحث العلمي (Alimohammadi *et al*., 2020). يعد استخدام الوقود الأحفوري للنقل وتوليد الكهرباء مسؤولاً عن حوالي 90٪ من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. إدراج موارد الطاقة المتجددة سيساعد على خفض هذه الانبعاثات الكارثية بنسبة 30٪ بحلول عام 2050م بالتزامن مع عام 2012 (Sadyrbayev *et al*., 2013) تعد الطاقة الشمسية التي تولدها الشمس مصدرًا رئيسيًا للطاقة المتجددة. يكتسب مصدر الطاقة هذا مكانة بارزة بسرعة بسبب التقلبات في أسعار الوقود البترولي في جميع الأسواق العالمية. حاليا، بهذا تكون الطاقة المتجددة الموثوقة الأكثر شعبية حول العالم. يتم تطوير الأنظمة الشمسية بشكل مستمر في هذه السنوات، وعلى وجه الخصوص تصميم وتطوير نظام التتبع الشمسي بغيت الحصول على أكبر مقدر من الطاقة الشمسية (Li, 2013; AL-Maula and Abdullali, 2018) اذ مركز الحوض المكافئ (PTC) هي تقنية تركيز شمسي تقوم بتحويل الطاقة الشمسية (شدة الاشعاع الإشعاع الشمس المباشر) إلى طاقة حرارية في مستقبل التركيز الخطي. هذا النوع من المركزات يتم تزويده عادةً بتتبع شمسي أحادي المحور لضمان موازاة الحزمة الشمسية بشكل عمودي على محوره. تطبيقات PTC مقسمة إلى مجموعتين رئيسيتين:

**الأول:** – الأكثر تطورًا هو محطات الطاقة الشمسية المركزة. وصلت درجة الحرارة في تلك التطبيقات تتراوح من 300 إلى 400 درجة مئوية. محطات الطاقة الشمسية المركزة من هذا النوع تكون متصلة بدورات الطاقة البخارية بشكل مباشر او غير مباشر. هناك عدد متزايد من المشاريع تحت التطوير أو البناء حول العالم (Radhi and Shaheed, 2018) .

**الثاني:** – تهدف إلى توفير الطاقة الحرارية للتطبيقات التي تتطلب درجات حرارة بين 85 و250 درجة مئوية. تستخدم هذه التطبيقات بشكل أساسي في العمليات الصناعية، مثل التجفيف، التبخر، التقطير، التعقيم، الطبخ، أمور أخرى، بالإضافة إلى التطبيقات التي تتطلب درجة حرارة منخفضة ومعدلات استهلاك عالية (الماء الساخن المنزلي، تدفئة المساحات، تدفئة حمامات السباحة، التبريد، التبريد المدفوع بالحرارة).

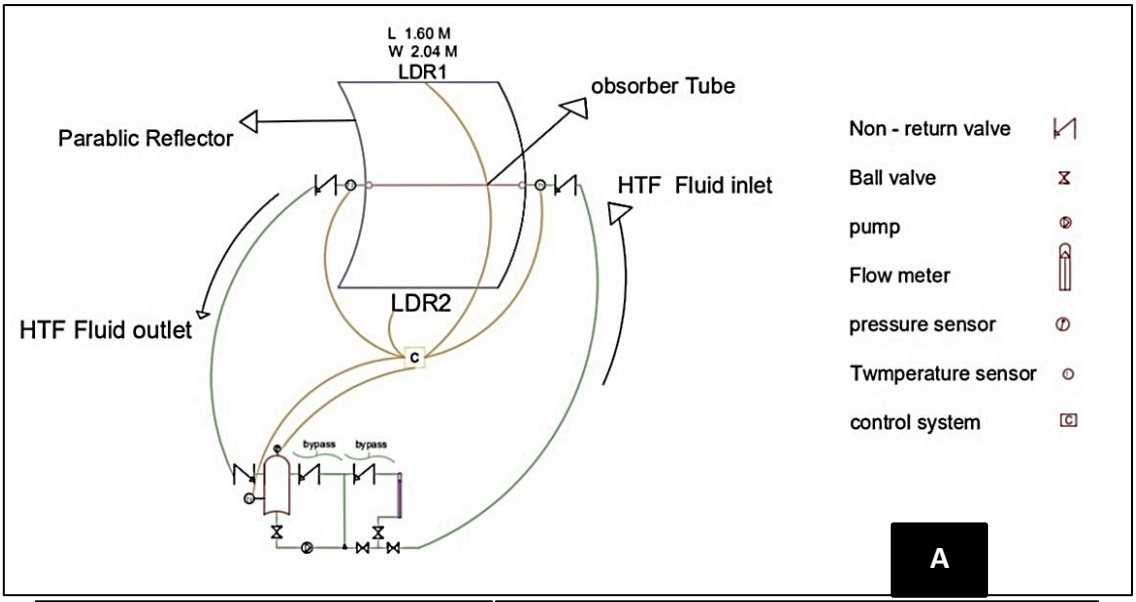
عروض الفتحة النموذجية هي بين 1و3 متر، تختلف الأطوال الكلية بين 2 و10 متر ونسب تركيز هندسية تتراوح بين 15 و30. أحد أهداف الهندسة الحرارية الشمسية هو تطوير المجمعات المناسبة للتطبيقات في نطاق درجات الحرارة هذه (Roth *et al*., 2005). نظام التعقب الشمسي مهم جدا في تكنولوجيا تطوير الطاقة الشمسية لتطبيقات الطاقة، وخاصة في الطاقة العالية، المركز الشمسي الذي ينقل الطاقة الشمسية مباشرة إلى طاقة كهربائية أو حرارية. مطلوب دقة تتبع بدرجة عالية لضمان أن المجمع الشمسي قادر على الاستفادة من ذروة الطاقة الشمسية خلال النهار. مثل حوض مكافئ، نظام استقبال مركزي، طبق مكافئ، وما إلى ذلك... يشيع استخدامها في جمع تطبيقات الطاقة الشمسية (Ferndez *et al*., 2010). وقد تم اختيار (LDR) أو المقاومة التي تعتمد على شدة الضوء، لأن (LDR) يستخدم عادة في تتبع الشمس. وذلك لأن (LDR) حساسة للضوء سوف تنخفض مع زيادة شدة الضوء الساق (Papalias and Wong ,2007; Achkari *et al*., 2021). قمنا بتصميم وانجاز مجمع شمسي (PTC) بهدف الحصول على النموذج الأمثل حرارياً واقتصادياً (تكلفة منخفضة)، سهل التركيب

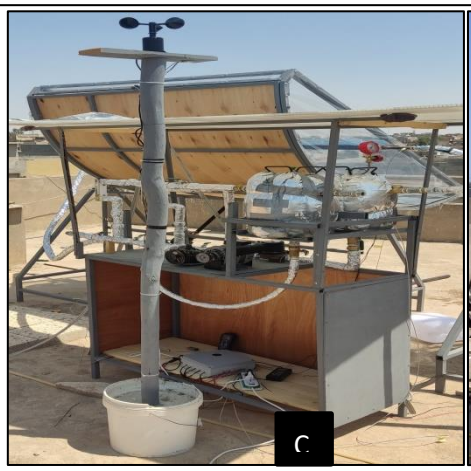
والتشغيل خفيف الوزن وصلب من الناحية الهيكلية ومناسب للشروط المناخية والجغرافية لمدينة الموصل–العراق. اذ تم دراسة تأثير التتبع الشمسي على الاداء الحراري للمنظومة.

## الطرق والادوات

### نموذج الـ PTC

تم تصميم وبناء منظومة الحوض المكافئ بالإمكانيات المحلية المتاحة لمدينة الموصل–العراق. شكل (1-A,B and C)



**الشكل1: A– مخطط عام يوضح منظومة الحوض المكافئ. B– المركز الشمسي. C– منظومة الخزان ومنظومة السيطرة.**

### منظومة المركز الشمسي

تتألف من الاجزاء التالية:

**الهيكل والقاعدة المعدنية**

صممنا الهيكل المعدني بطول (1.70m) بعرض فتحة (2.04m) وارتفاع حافة (0.50m) وطول قوس (2.34m). بالاستناد الى المعادلة القياسية للقطع المكافئ حسب الاحداثيات (x,y) التي تكتب (Duffle *et al.*, 2003; Kalogirou 2009):

$$y = \frac{1}{4f}x^2 \text{..... (1)}$$

$f$: البعد البؤري (m)

$x$: المحور السيني للمركز

$y$: المحور الصادي للمركز

بالتعويض في المعادلة الديكارتية نحصل على البعد البؤري (f) بدلالة الـ PTC التي تكتب:

$$f = \frac{w^2}{16h} \text{.....(2)}$$

$W$: عرض فتحة المركز (m)

$h$: ارتفاع الحافة (m)

وزاوية الحافة ($\theta_r$) تحسب من العلاقة التالية:

$$w = 4ftan\left(\frac{\theta_r}{2}\right) \text{.....(3)}$$

ومساحة الفتحة ($A_a$) تحسب من العلاقة:

$$A_a = w.L \text{ ..... (4)}$$

$L$: طول المركز الشمسي(m)

ومساحة السطح العاكس ($A_{ref}$) تحسب من العلاقة:

$$A_{ref} = L.S \text{ ..... (5)}$$

$S$: طول القوس (m)

ومساحة المستقبل ($A_r$) تحسب من العلاقة:

$$A_{ref} = \pi D_{r,out} L \text{ ..... (6)}$$

$D_{r,out}$: قطر خارجي للأنبوب المستقبل (m)

$\pi$: النسبة الثابتة (3.14)

نسبة التركيز الهندسي ($C_R$) تحسب من العلاقة:

$$C_R = \frac{A_a}{A_r} \text{..... (7)}$$

ونسبة التركيز الخطي (C) تحسب من العلاقة:

$$C = \frac{sin\theta_r}{\pi sin\theta_a} \text{ ..... (8)}$$

$\theta_r$: زاوية القبول

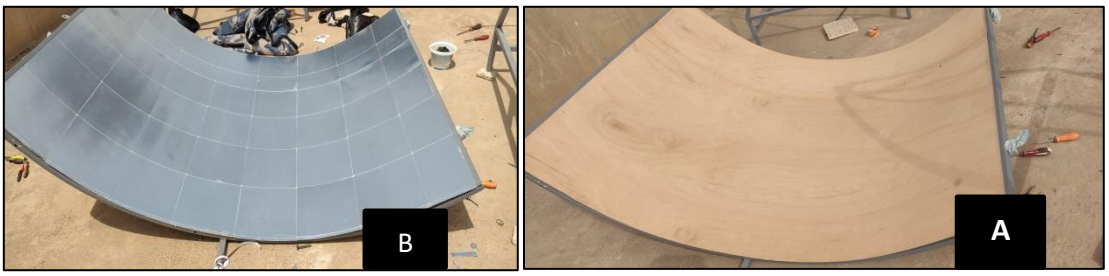
بعد اخذ القياسات المطلوبة قمنا بتصميم الهيكل المعدني ولحمنا لهُ حافة (سكة) حديدية بارتفاع (1.7cm) في اعلى وأسفل جوانب العرض للهيكل المعدني هذا يضمن لنا ادخال واخراج وتغير نوع السطح العاكس. قمنا بلحام مفصلات (رزات) ابواب في أسفل عرض الهيكل ومفتاح في الاعلى وعمل فتحات من جوانب طول الهيكل بقطر (17mm) من اجل تركيب نافذة شفافة من جميع الجوانب للتقليل من تأثير الرياح والغبار والاتربة والمؤثرات الاخرة التي تؤدي الى تقليل كفاءة المنظومة وبنفس الوقت يساعد ذلك على تكبير المركز الشمسي في المستقبل. اما حامل المركز الشمسي الذي يربط المركز مع القاعدة المعدنية تم صناعتهُ على شكل شفت حديدي بطول (1.92m) وقطر (29.5mm) متصل في النهايات مع قواعد مثبت عليها بولبرين هذا مثبت على القاعدة المعدنية للمركز وهذا يسهل حركة القطع المكافئ نحو الاعلى والاسفل (شمال–جنوب) من أجل التتبع الشمسي.

اما بالنسبة للقاعدة المعدنية التي يرتكز عليه المركز الشمسي كانت بطول (1.92m) وعرض من الاسفل (1.38m) وارتفاع عن الارض (1.28m). الشكل (2).

**الشكل2: الهيكل والقاعدة المعدنية للمركز الشمسي**

**السطح العاكس**

اولاً وضعنا الواح من الخشب قابلة للانحناء بطول (2.30m) وعرض (1.70m) وبسمك (7mm) وادخالها داخل السكة (الحافة) الحديدية المثبتة على الهيكل المعدني وبعد ذلك تم لاصق المرآة البوليميرية بطول (30cm) وعرض (30cm) وسمك (1.5mm). الشكل (3: A وB)




**الشكل 3: A- وضع المادة العازلة للسطح العاكس. B- وضع المرآة البوليميرية للسطع العاكس.**

**المستقبل**

استخدمنا انبوب من النحاس بطول (2m) وقطر خارجي (2.54cm) بقطر داخلي (2.34cm) وسمك (2mm) وعمل لهُ فتحة لكل طرف بقطر (10mm) ولحمنا عليها صمولة هذا يحقق تثبيت متحسس درجة الحرارة للخرج والدخل وبعد ذلك لحمنا عند النهايات صمولة (22mm) من اجل الفتح والغلق مع انابيب نقل المائع. تم تغليف الانبوب النحاسي بمادة مسامية (ليف المنيوم) بسمك (1.20cm) بطول (160cm). بعد ذلك احاطة الانبوب النحاسي المغلف بليف المنيوم بزجاج الباركس المطلي بالكروم الاسود المستخدم في السخانات الشمسية بعد قصهُ من الاطراف بواسطة جهاز وتر جاك بطول (1.70m) وقطر خارجي (4.7cm) وقطر داخلي (4.38cm) بسمك (0.32cm) بعد ذلك عمل واشر(حلقة) من مادة الميكا العازلة بقطر خارجي

(4.23cm) بقطر داخلي (4.38cm) وعمل فتحة بقطر خارجي (5mm) من اجل ادخال قصبة نحاسية لتفريغ الهواء بين الانبوب النحاسي والانبوب الزجاجي بطول (12cm) وادخالها عند النهايات بين انبوب النحاس وانبوب زجاج الباركس عند مسافة داخلية (5cm) وبعد ذلك ملأ هذهِ المسافة بمادة الايبوكسي العازلة للحرارة بطول (5cm) وسمك (1.84cm) من اجل اتمام عملية التفريغ بواسطة جهاز تفريغ الهواء عند ضغط (50cmHg-). شكل (4-A). وصممنا حامل المستقبل من ثلاث قطع الاولى: بطول (45cm) تكون مثبتة على جسم الهيكل المعدني بواسطة براغي (17mm) الثانية: تكون حرة بطول (23cm) وتكون أكبر من قطر الاولى بحيث الاولى تدخل داخلها، وعمل لها فتحة من اجل ادخال برغي (17mm) عند النهاية العُليا من اجل التحكم بالطول (ارتفاع البؤرة) والتثبيت عند الطول المطلوب. الثالثة: على شكل حلقة نصف دائرية بقطر (7cm) مثبتة على سليت حديدي يحتوي عند النهايات براغي (17mm) هذا يسهل حركة بؤرة القطع المكافئ يمين او يسار والتثبيت عند الموقع المحدد، كل هذا يمكننا من استخدام اقطار مختلفة للأنبوب المستقبل ويكون ذلك منسجم مع التطويرات المستقبلية للمنظومة بشكل عام الشكل(4-B).

**الشكل4:** A– **المستقبل الذي يتكون من انبوب نحاس مغلف بليف المنيوم، والغطاء الزجاجي المطلي بالكروم الاسود.** B– **قاعدة المستقبل**

**منظومة الخزان وانابيب التوصيل**

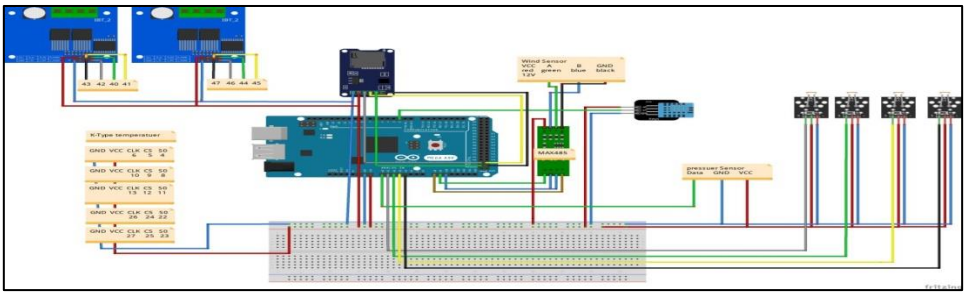
استخدمنا خزان سعة (13.6L) يتحمل ضغط يصل الى (50bar) وعملنا لهُ فتحات (فتحة من كل جانب من اجل ادخال واخراج المائع، فتحة عند السطح العلوي الايمن لمتحسس ضغط البخار، فتحة عند السطح السفلي الايمن لمتحسس درجة حرارة المائع داخل الخزان، فتحة من الاسفل لخروج المائع باتجاه المضخة) وهو يحتوي على صمام امان اصلاً. تم تغليف الخزان بمادة الصوف الزجاجي الحراري العازل للحرارة من كل الجوانب بسمك (10cm) لضمان العزل الحراري الجيد. ربطنا صمام عدم رجوع عند فتحات الجوانب. وصمام كروي عند الفتحة السفلى لتحكم بخروج المائع باتجاه المضخة. ومنظومة الخزان مكونة من خطين الاول: مخصص للموائع المائية. الثاني: مخصص للزيوت.

انابيب التوصيل استخدمنا لمنظومة الخزان انابيب بلاستك حراري وانابيب التوصيل الخارج (دخل–خرج) المستقبل انابيب من الكتان الحراري وغلافنا جميع انابيب التوصيل بمادة الفوم العازل للحرارة وبعد ذلك تم التغليف بالسيفون الحراري وهذا يحقق العزل الحراري. الشكل (1-C) والشكل (5).

**الشكل5: منظومة الخزان قبل التغليف بالمادة العزلة**

**منظومة التتبع والسيطرة**

تتكون من متحسس شدة الضوء بالاعتماد على المقاومة (LDR) نوع ARD-000626 تكون مثبتة في اعلى وأسفل القطع المكافئ. وتكون مرتبطة مع محرك تيار مستمر DC عالي القدرة نوع BTS7960-IBT2-40A هو يكون مسؤول عن التحكم بسرعة واتجاه ماتور التتبع (هنا استخدمنا ماتور ساتلايت نوع super Jack) المثبت أسفل الهيكل المعدني للقطع المكافئ. تكون هذهِ المنظومة مرتبطة مع اردوينو ميغا Arduino Maga 2560 نوع Atmaga 2569 وهو متحكم يحتوي على (54) منفذ اخراج وادخال ويكون المسؤول عن التحكم بالتتبع واخذ القراءات المطلوبة (قياس درجة حرارة الدخل والخرج مائع المستقبل، قياس درجة حرارة المائع داخل الخزان، قياس سرعة الرياح، قياس درجة حرارة الجو والرطوبة النسبية للجو، قياس ضغط البخار داخل الخزان) بعد البرمجة وادخال الكدودات الخاصة لكل متحسس. وكان التتبع المستخدم طياً هو في بعد واحد اعلى أسفل (شمال–جنوب). الشكل (6).



**الشكل 6: مخطط منظومة السيطرة**

**اجهزة القياس ومصدر الطاقة**

A – متحسس درجة الخرارة نوع K-type Thermocouple مدى القياس من 0c° الى 400c° بطول (5m) بنسبة خطأ ±3% شكل (7-A).

B– متحسس سرعة الرياح مدى القياس من 0m/sec الى 30m/sec بنسبة خطأ 2% الشكل (7-B).

C– متحسس ضغط البخار مدى القياس من 0pa الى 1.2Mpa بنسبة خطأ2% الشكل (7-C).

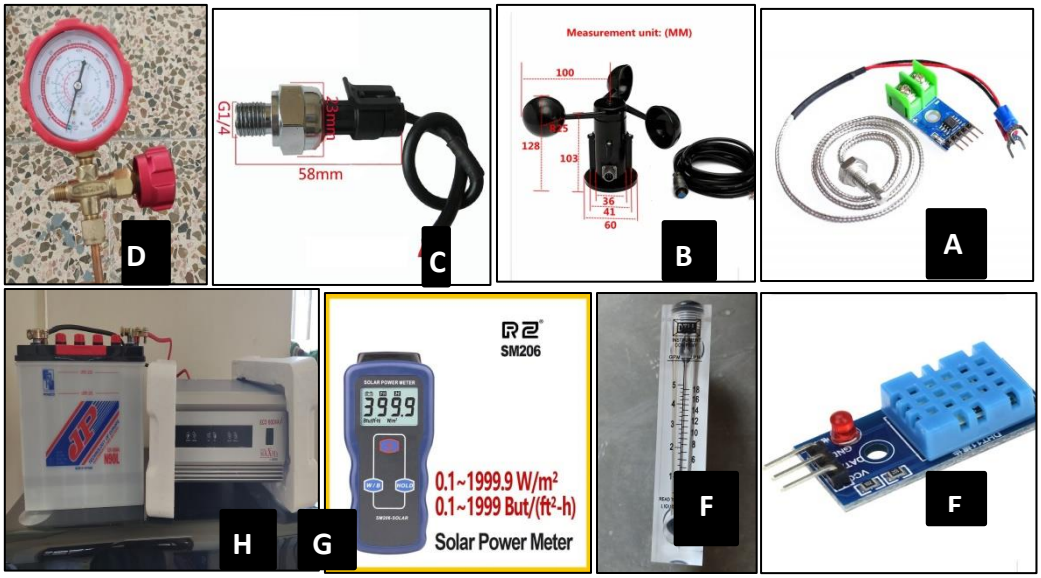
D– مقياس ضغط البخار عادي (يدوي) مدرج من 0bar الى 53bar الشكل (7-D).

E– متحسس درجة حرارة والرطوبة النسبية للجو بمدى من $0c^{\circ}$ الى $60c^{\circ}$ ومن 0% الى 100% بنسبة خطاء 3% الشكل (7-E).

F– مقياس سرعة جريان المائع مدرج من 1L/min الى 18 L/min الشكل (7-F).

G– مقياس شدة الاشعاع الشمسي بمدى من $0.1W/m^2$ الى $1999.9W/m^2$ بنسبة خطأ 2% الشكل (7-G).

اما مصدر الطاقة لتشغيل مضخة دفع المائع وتشغيل منظومة السيطرة استخدمنا عاكسة نوع MaXMa900VA وبطارية سيارة 100A لضمان استمرارية الطاقة الكهربائية بعد انطفاء الكهرباء الوطنية. الشكل (7-H).




**الشكل 7: A–حساس درجة الحرارة. B–حساس سرعة الرياح. C– حساس ضغط البخار. D–مقياس ضغط مدرج. E– حساس رطوبة ودرجة حرارة الجو. F– مقياس سرعة ندفق السائل. G– مقياس شدة الاشعاع الشمسي المباشر. H– بطارية سيارة، عاكسة كهربائية**

## النموذج الرياضي

### كمية الطاقة الفعالة (المفيدة) الممتصة من قبل الانبوب المستلم

هي الطاقة التي يتم اكتسابها مباشرةٍ من الاشعة الشمسية الساقطة على الحوض المكافئ حيث يقوم المائع باكتسابها داخل الجزئ المستلم (البؤرة) وتحسب من العلاقة الرياضية (Mahammed *et al.*, 2012 ; Zedan *et al.*, 2017) :

$$Q_{usefl} = m_f^{\circ} \cdot C_{p,f}\left(T_{F,OUT} - T_{f,in}\right) \dots\dots\dots\dots (9)$$

$Q_{usefl}$ : كمية الطاقة المفيدة الممتصة من قبل الانبوب المستقبل (watt)

$m_f^{\circ}$ : سرعة التدفق الكتلي للمائع (kg/sec)

$C_{p,f}$ : الحرارة النوعية للمائع بثبوت الضغط (J/kg.k)

$T_{F,OUT}$ : درجة حرارة الدخل للمائع (k)

$T_{f,in}$ : درجة حرارة الخرج للمائع (k)

**الكفاءة الحرارية للمنظومة عملياً**

هي النسبة بين الطاقة الحرارية المفيدة $(Q_{usefl})$ المتحصلة من المنظومة التي تتمثل بالطاقة المكتسبة للمائع الى الطاقة الشمسية التي تصل الى المجمع الشمسي $(Q_{sol,in})$ وتحسب من العلاقة الرياضية (Duffle *et al*., 2003 ; Kalogirou, 2009):

$$\eta_{exp} = \frac{Q_{usefl}}{Q_{sol,in}} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (10)$$

$\eta_{exp}$ : كفاءة حرارية عملياً (%)

$Q_{sol,in}$ : طاقة حرارية تصل الى المجمع الشمسي (watt)

ويمكن حساب كمية الحراري الداخلة الى المنظومة $(Q_{sol,in})$ من العلاقة الرياضية:

$$Q_{sol,in} = I_b \,.\, A_a \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (11)$$

$I_b$ : شدة الاشعاع الشمسي المباشر $(w/m^2)$

$A_a$: مساحة الفتحة للحوض المكافئ$(m^2)$

يمكن حساب خسائر الطاقة الحرارية عملياً من العلاقة الرياضية:

$$Q_{loss,exp} = Q_{sol,in} - Q_{usefal} \dots\dots\dots\dots (12)$$

$Q_{loss,exp}$ : طاقة حرارية مفقودة عملياً (watt)

**النتائج والمناقشة**

تم الحصول على الخصائص الهندسية التصميمية للمركز (الجدول 1).

**الجدول 1: الخواص الهندسية التصميمية لمنظومة المركز الشمسي المصنع.**

| الخصائص والتعبير | الابعاد والوحدة |
|---|---|
| عرض فتحة الحوض المكافئ (W) | 2.04m |
| طول الحوض المكافئ(L) | 1.60m |
| البعد البؤري (f) | 0.51m |
| طول القوس الحوض المكافئ (s) | 2.34m |
| ارتفاع منحني الحوض المكافئ (h) | 0.51m |
| زاوية الحافة $(\theta_r)$ | $90^{\circ}$ |
| زاوية القبول $(\theta_r)$ | $0.266^{\circ}$ |
| نسبة التركيز الهندسي( $C_R$) | 25.6632 |
| نسبة التركيز الخطي (C) | 63.42 |
| مساحة السطح العاكس $(A_{ref})$ | $4.77m^2$ |
| مساحة فتحة السطح العاكس $(A_a)$ | $3.22m^2$ |
| مساحة الانبوب المستقبل $(A_r)$ | $3.22m^2$ |
| عامل الاعتراض $(\gamma)$ | 0.95 |
| انعكاسية السطح العاكس ( $\alpha_a$) | 0.935 |
| نفاذية الغطاء الزجاجي (τ) | 0.95 |
| امتصاصية الانبوب الماص ( $\alpha_r$) | 0.93 |
| انبعاثية الانبوب الماص ( $\varepsilon_r$) | 0.9 |
| انبعاثية الغطاء الزجاجي ( $\varepsilon_c$) | 0.86 |

**الاداء العام للمنظومة في جو صاف**

يتضمن هذا الجزء على النتائج العملية التي تم الحصول عليها من التجارب العملية التي استغرقت ثلاث أشهر من سنة 2023م (ايار، حزيران، تموز) اجريت الاختبارات من الساعة التاسعة صباحاً الى الساعة الرابعة مساءً واخذ كل نصف ساعة قراءة بثبوت سرعة التدفق الكتلي للمائع $m^{\circ}$=1L/min واستخدمنا المائع الناقل للحرارة (HTF) ماء منزوع الايونات.

وتم اختيار يوم مثالي جو صاف من اجل دراسة الاداء الحراري للمنظومة بعدم وجود منظومة التتبع وكان 2023/6/2 ويوم اخر بوجود منظومة التتبع وكان يوم 2023/6/5.

الشكل (8) يبين نتائج الطاقة المفيدة بحالة وجود منظومة التتبع وحالة عدم وجود منظومة التتبع مع الزمن. اذ كانت الطاقة المفيدة في حالة عدم وجود التتبع أكبر قيمة لها 696.833watt عند الساعة 12:30pm واقل قيمة لها 83.62watt عند الساعة 9:00am ومعدل الطاقة المفيدة كان 401.406watt وفي حالة وجود التتبع كانت الطاقة المفيدة اعلى ما يمكن عند الساعة 12:30pm بمقدار 1247.332watt واقل قيمة 146.335wattعند الساعة 9:00am وكان معدل الطاقة المفيدة كان 690.794watt. نلاحظ زيادة الطاقة المفيدة بوجود التتبع وعند اعلى قيمة للحالتين بمقدار 550.499watt هذا يدل على اهمية التتبع من اجل زيادة الطاقة المفيدة الممتصة من قبل الانبوب الماص.

الشكل (9) يوضح كمية الحرارة الداخلة الى المنظومة في حالة عدم وجود منظومة التتبع وحالة وجود منظومة التتبع مع الزمن. اذ كانت كمية الحرارة الداخلة الى المنظومة بحالة عدم التتبع اقل مقدار عند الساعة .9:00am بقدار 1901.782watt واعلى مقدار عند الساعة 12:30pm بمقدار 2984.83watt والمعدل هنا كان 2436.571watt وفي حالة وجود منظومة التتبع سجل اعلى قيمة عند الساعة 12:30pm بقيمة 3029.83watt واقل قيمة كان 1901.782watt عند الساعة 9:00am والمعدل كان بمقدار 2580.837watt هنا نجد ان مقدار كمية الحرارة الداخلة الى المنظومة قد زادة بمقدار 45.128watt عند اعلى مقدار للحالتين. نستنتج ان منظومة التتبع لها اهمية في زيادة كمية الحرارة الداخلة الى المنظومة.

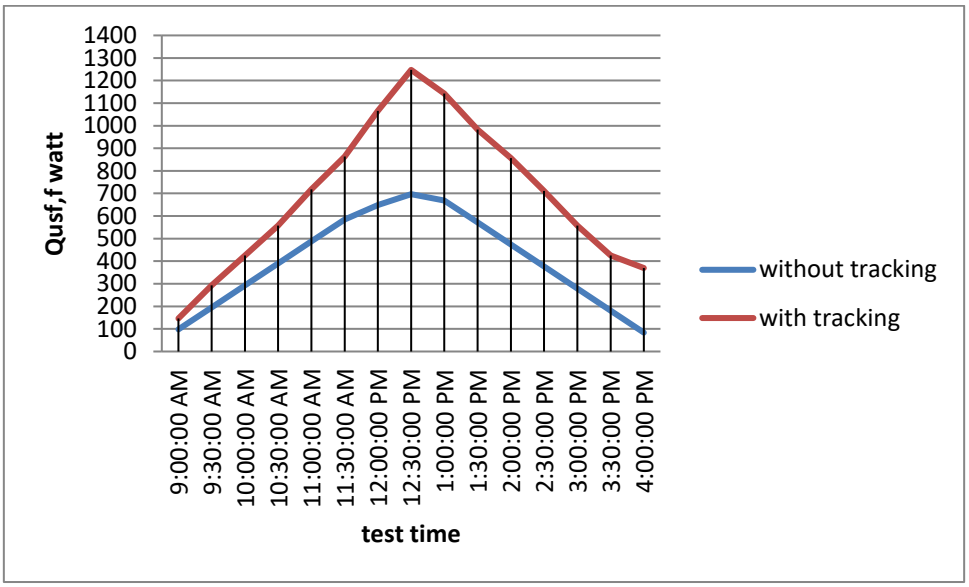
الشكل (10) يقارن الكفاءة الحرارية عملياً في حالة وجود منظومة التتبع وحالة عدم وجود منظومة التتبع مع الزمن، اذ كانت الكفاءة الحرارية العملية في حالة عدم وجود منظومة التتبع سجلت اعلى قيمة 23.35% عند الساعة 12:30pm واقل قيمة عند الساعة 4:00pm بمقدار 3.99% بسبب زيادة سرعة الرياح ونقص في قيمة شدة الاشعاع الشمسي المباشر الساقط على المنظومة. كان معدل الكفاءة 15.73% اما في حالة وجود منظومة التتبع سجلت اعلى مقدار للكفاءة عند الساعة 12:30pm بمقدار 41.17% واقل قيمة 7.69% عند الساعة 9:00am ومعدل الكفاءة الحرارية كان 25.56% وعند مقارنة الحالتين نجد ان الكفاءة الحرارية عند اعلى قيمة للحالتين قد زادة بمقدار 17.81% نستنتج ان التتبع قد لعب دور مهم وفعال في زيادة الاداء الحراري العام للمنظومة.

الشكل (11) الخسائر للطاقة الحرارية عملياً في حالة وجود منظومة التتبع وحالة عدم وجود منظومة التتبع مع الزمن اذ يلاحظ خسائر الطاقة الحرارية في حالة عدم وجود منظومة التتبع سجلت اعلى قيمة عند الساعة 12:30pm بمقدار 2287watt واقل قيمة عند الساعة 9:00am بمقدار 1804.224watt ومعدل الخسائر هنا كان 2033.73watt اما في حالة وجود منظومة التتبع سجلت اعلى خسارة للحرارة عند الساعة 2:30pm بمقدار .2093.553watt واقل خسارة عند الساعة 9:00am بمقدار 1755.447watt وكان معدل الخسائر هنا بمقدار 1890.043watt وعند مقارنة الحالتين نجد ان الخسائر الحرارية قد قلت الى 193.447watt في حالة وجود منظومة التتبع عند اعلى قيمة مسجلة للحالتين. هذا يدل ان وجود منظومة التتبع تؤدي الى تقليل الخسائر الطاقة الحرارية عمليا وتمتع المنظومة بشكل كامل بعمل جيد وخسائر اقل.

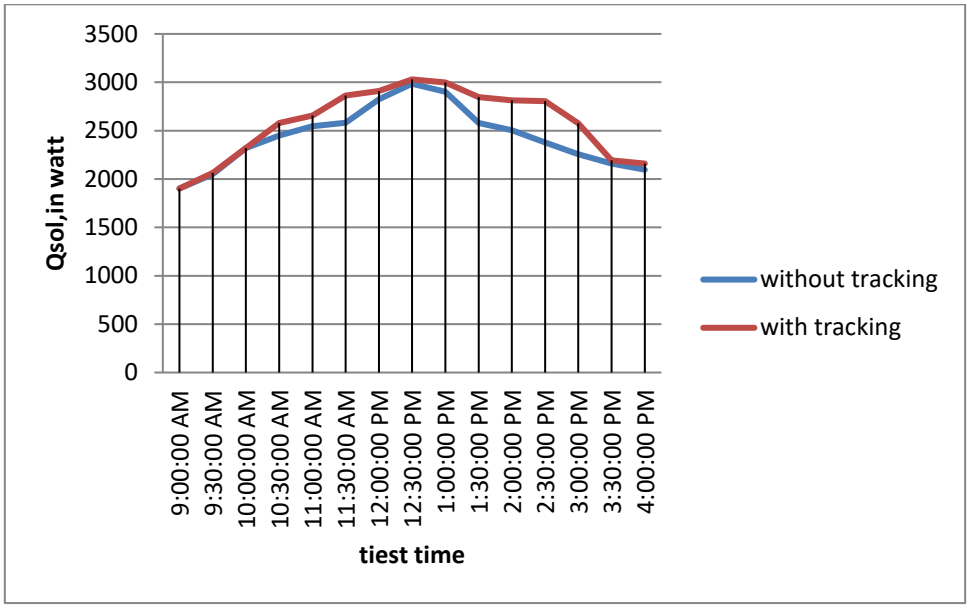
الشكل (12) اذ يبين نتائج عملية لمقدار درجة حرارة الخزان في حالة وجود منظومة التتبع وعدم وجود منظومة التتبع مع الزمن. اذ كانت درجات حرارة الخزان في حالة عدم وجود منظومة التتبع قد سجلت اعلى درجة عند الساعة 1:3pm بمقدار

129.8˚C واقل قيمة عند الساعة 9:00am بمقدار .35.9˚C ومعدل درجة حرارة الخزان كان هنا 94.31˚C اما في حالة وجود منظومة التتبع سجلت اعلى درجة حرارة للخزان عند الساعة .1:30PM بمقدار .155.4˚C واقل درجة حرارة للخزان عند الساعة 9:00am بمقدار .35. 9˚C ومعدل درجة حرارة الخزان هنا كانت بمقدار .113.42˚C وعند المقارنة بين الحالتين نجد ان درجة الحرارة للخزان قد زادة بمقدار .25.6˚C عند اعلى قيمة للحالتين. هذا يدل على ان منظومة التتبع لها دور كبير وفعال في زيادة درجة حرارة الخزان.

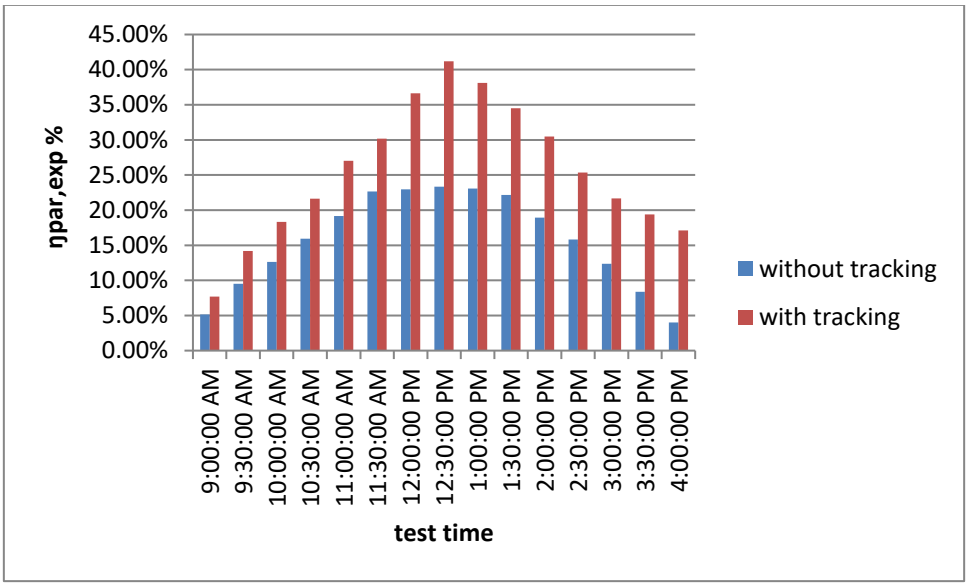
الشكل (13) يوضح نتائج مقدار ضغط البخار داخل الخزان بحالة وجود منظومة التتبع وحالة عدم وجود منظومة التتبع مع الزمن. في حالة عدم وجود منظومة التتبع سجل الضغط للبخار داخل الخزان اعلى قيمة عند الساعة .1:30pm بمقدار .4.29par واقل قيمة عند الساعة .9:00am بمقدار .0.030par وكان معدل ضغط البخار هنا بمقدار .2.66par اما في حالة وجود منظومة التتبع سجل ضغط البخار اعلى قيمة عند الساعة .2:00pm بمقدار .4.49par واقل قيمة سجلت عند الساعة .9:00am بمقدار .0.031par ومعدل ضغط البخار كان .3.26par نلاحظ عند المقارنة بين الحالتين هناك زيادة في مقدر ضغط البخار عند القيمة المتوسطة واعلى قيمة بالنسبة لحالة وجود منظومة التتبع. اذن يفضل وجود منظومة التتبع من اجل زيادة ضغط البخار المتولد داخل الخزان والاستفادة من ذلك في العديد من التطبيقات العملية.



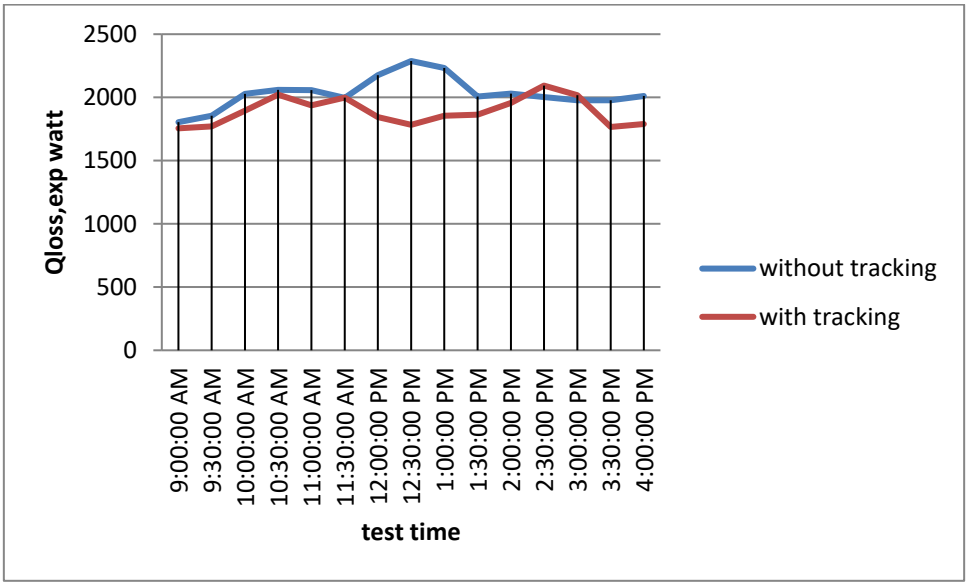

**الشكل 8: طاقة مفيدة في حالة وجود منظومة التتبع وحالة عدم وجود منظومة التتبع مع الزمن.**



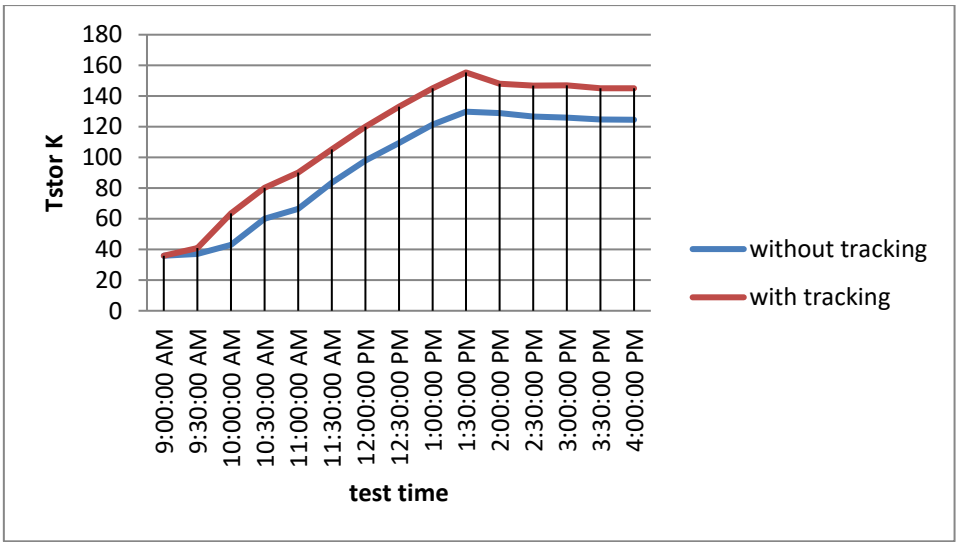

**الشكل 9: كمية الحرارة الداخلة الى المنظومة في حالة وجود منظومة وحالة عدم وجود منظومة التتبع مع الزمن.**



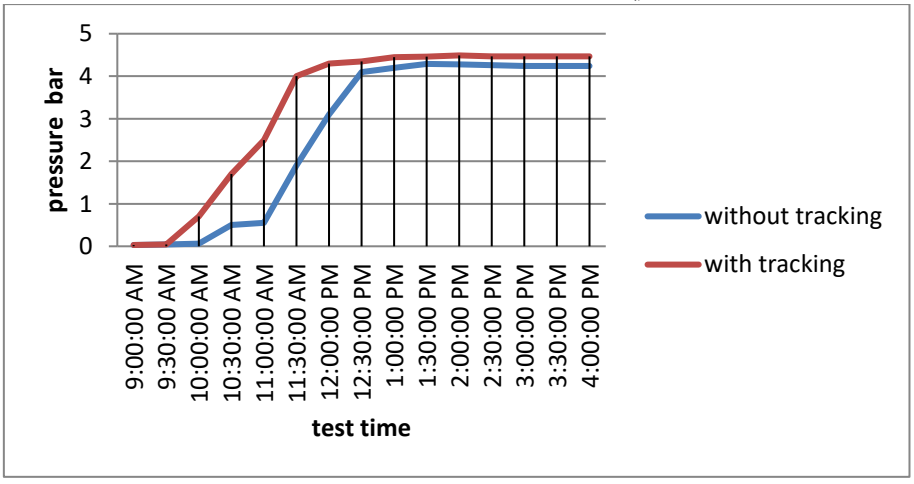

**الشكل 10: الكفاءة العملية للحوض المكافئ في حالة وجود منظومة التتبع وحالة عدم وجود منظومة التتبع مع الزمن.**




**الشكل 11: خسائر الطاقة الحرارية عملياً في حالة وجود منظومة التتبع وحالة عدم وجود منظومة التتبع مع الزمن.**




**الشكل 12: درجة حرارة الخزان في حالة وجود منظومة التتبع وحالة عدم وجود منظومة التتبع مع الزمن.**




**الشكل 13: ضغط بخار المائع داخل الخزان في حالة وجود منظومة التتبع وحالة عدم وجود منظومة التتبع مع الزمن.**

## الاستنتاجات

اعد هذا البحث لدراسة التصميم الامثل مجمع شمسي نوع حوض مكافئ مصنع محلياً باستخدام مواد خفيفة الوزن ورخيصة الثمن ومتوفرة في الاسواق المحلية، وبعد ذلك قمنا بدراسة تأثير منظومة التتبع على الاداء الحراري للمجمع الشمسي المصنع، وبعد الحصول على النتائج تم استنتاج الاتي:

1- أفضل مادة عاكسة لتصنيع السطح العاكس هي المرآة البوليميرية لأنها ذات انعكاسية عالية وقابلة للانحناء(مرنة).

2- الانبوب المستلم المحاط بأنبوب زجاجي ومحاط بمادة مسامية ويجب ان يكون مفرغ من الهواء هو الخيار الامثل بين جميع انواع الانابيب المستلمة الاخرة.

3- منظومة التتبع مهمة جدا وضرورية في زيادة الادة الحراري بشكل عام للمجمعات الشمسية.

بناءً على هذه الاستنتاجات، يمكن القول إن نظام التتبع الشمسي يعتبر عنصرًا مهمًا لتحسين أداء المنظومات الحرارية الشمسية، وأنه يمكن أن يسهم في زيادة الطاقة المستفادة وتقليل الخسائر الحرارية.

## شكر وتقدير

اود ان اعبر عن خالص شكري وتقديري لجميع من ساهم في انجاح هذا البحث العلمي المتواضع واخص منهم مشرفي ودكتوري الفاضل. كما اشكر رئيس قسم علوم الكيمياء جامعة الموصل الذي ساهم في تسهيل تزويدي بالماء منزوع الايونات طيلة فترة اجراء التجارب. نأمل ان يكون هذا البحث اسهاماً متواضعا في مجال العلم.

## المصادر

Achkari, O.; El Fadar, A.; Amlal, I.; Haddi, A.; Hamidoun, M.; Hamdoune, S. (2021). A new sun-tracking approach for energy saving. *Ren. Energy J.*, **12**(39), 820-835. https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.12.039

Alimohammadi, Z.; Akhijahani, H.S.; Salami, P. (2020). Thermal analysis of a solar dryer equipped with PTSC and PCM using experimental and numerical methods. *Solar Energy J.*, **201**(55), 157-177. https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.02.079

Al-Maula, T.M.; Al-Abdulla, A.I. (2018). Calculate and analysis of air mass and solar angles of Mosul City. *Raf. J. Sci.*, **27**(4), 57-65. https://www.iasj.net/iasj/download/d4dacd1a9b0d0b52

Chargui, R.; Tashtoush, B.; Awani, S. (2021). Experimental study and performance testing of a novel parabolic trough collector. Intern. *J. Energy Res.*, **7**(3), 1-20. https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101562

Duffie, J.A.; Beckman, W.A.; Worek, W.M. (2003). "Solar Engineering of Thermal Processes". 4th ed., Vol. 116, John Wiley and Sons, Inc. DOI:10.1002/9781118671603

Fernández-Garcia, A.; Zarza, E.; Valenzuela, L.; Pérez, M. (2010). Parabolic-Trough solar collectors and their applications. Renew. Sustain. *Energy Rev.*, *Elsevier*. **14**(7), 1695–1721. https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.03.012

Hussain, I.A. (2022). Statistical analysis of the monthly activity of the solar flare. *Raf. J. Sci.*, **31**(3), 55-63. https://doi.org/10.33899/rjs.2022.175396

Ibrahim, S.M.A. (1996). The forced circulation performance of a sum tracking parabolic concentrator collector. Proceed. World Renew. *Energy Congr.*, **9**(4), 568-571. https://doi.org/10.1016/0960-1481(96)88353-4

Kalogirou, S.A. (2009). "Solar Energy Engineering: Processes and Systems". Academic press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374501-9.X0001-5

Li, J.Z. (2013). Computer aided modeling and prototyping of a new industrial solar tracking system. *J. Fut. Engineer. Technol.*, **8**(2), 33-37. DOI:10.26634/jfet.8.2.2098

Mahammed, S.S.; Yassen, T.A.; Khalaf, H.J. (2012). Theoretical study of the compound parabolic trough solar collector. *Tikrit J. Engineer. Sci.*, **19**(2), 1-9. DOI: https://doi.org/10.25130/tjes.19.2.01

Panchal, H.R.; Bhosale, S.K. (2016). The CFD analysis of solar parabolic trough system with reflectors. *Intern. J. Curr. Engineer. Technol*., **5**(3), 431-435. https://inpressco.com/wp-content/uploads/2016/07/Paper80431-435.pdf

Papalias, T.A.; Wong, M. (2007). Making sense of light sensors, application notes. *CA: Intersil Americas Inc*. AN1311.0, 1-5. https://www.researchgate.net/publication/298589142

Radhi, R.M.; Shaheed, A.A. (2018). Design, construction, and testing of a parabolic trough solar concentrator system for hot water and moderate temperature steam generation. *Kufa J. Eng*., **9**(1), 42-52. http://dx.doi.org/10.30572/2018/kje/090103

Roth, P.; Georgiev, A.; Boudinov, H. (2005). Cheap two axis sun following device. *Energy Convers. Manag*., **46**(7-8), 1179-1192. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2004.06.015

Sadyrbayev, S.A.; Bekbayev, A.B.; Kaliyev, S.O.; Kaliyev, Z.Z. (2013). Design and research of dual-axis solar tracking system in condition of town Almaty. *Middle-East J. Sci. Res*., **17**(12), 1747-1751. DOI:10.5829/idosi.mejsr.2013.17.12.12363

Zedan, M.H.; Khalaf, H.J.; Shaker, A.M. (2017). Optimum design of parabolic solar collector with exergy analysis. *Tikrit J. Eng. Sci.*, **24**(4), 49-57. DOI: https://doi.org/10.25130/tjes.24.4.10

---

# Building a Homemade Solar Parabolic Trough and Studying the Effect of Tracking on Thermal Performance

**Khalid A. Muhammad Ali** **Yaseen H. Mahmood**
*Department of Physics/ College of Sciences/ University of Tikrit*

## ABSTRACT

The present work involves constructing a parabolic solar concentrator using local materials for the city of Mosul, Iraq. Its implementation aims for minimal cost and weight. This system is adaptable for further development to study various factors that contribute to enhancing the thermal performance of the solar concentrator, such as (receiver diameter, receiver length, concentrator area, concentrator tilt angle, tracking, mass flow rate, fluid type, reflective surface material, etc.). In this study, the effect of tracking on the practical thermal efficiency of the solar concentrator was investigated in a single-axis configuration (North-South). The tests were conducted in two cases: the first case with tracking system, and the second case without tracking system. The practical results indicated a higher efficiency of the system with tracking (17%) compared to the fixed system's peak efficiency. The useful thermal energy was increased by approximately 550 Watts compared to the fixed system.

**Keywords**: Solar thermal, solar energy, solar tracking.