LJAST
Libyan Journal of Applied Science and Technology
مجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

Volume 12 Issue 02
December 2024
ISSN 2958-6119

تصميم وتصنيع سخان مياه يعمل بالطاقة الشمسية ذو لوح مسطح

[1] شعبان عبدالمنعم ، [2]احمد العجيلي احمد ، [3] العزابي خالد
كلية التقنية الهندسية-جنزور/قسم الهندسة الميكانيكية والصناعية جنزور [1، 2، 3]

الملخص

الطاقة تعتبر عنصراً حيوياً لتلبية الاحتياجات اليومية للبشر، حيث يتطلب المجتمع البشري كميات متزايدة من الطاقة للاستخدامات المتعددة، سواء كانت صناعية، تجارية، منزلية، زراعية. ومن بين مصادر الطاقة تبرز الطاقة المتجددة والتي تستمد من مصادر طبيعية، وتعتبر الطاقة الشمسية إحدى أهم هذه المصادر. تتضمن أنظمة الطاقة الشمسية نوعين رئيسيين: الأنظمة الحرارية التي تستخدم لتسخين المياه عن طريق تخزين الحرارة، وأنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية التي تحول ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء. تستهدف هذا الورقة دراسة وتصميم سخان شمسي من نوع اللوح المسطح والذي يندرج ضمن فئة المجمعات الشمسية المسطحة.توصلت نتائج هذه الورقة إلى أن السخان الشمسي ذو الوح المسطح يتمتع بسهولة في التصنيع وتكاليف منخفضة مقارنة بالمصادر التقليدية المتاحة حالياً ، وكانت اعلى درجة حرارة للماء الخارج من السخان هي **61.1**°C سجلت عند الساعة **2:00**ظهرا وهي درجة حرارة مقبولة للاستعمال المنزلي، كذلك لوحظ تاثر درجة الحرارة المجمع الشمسي بسرعة الريح التي اذت الي انخفاضها.

الكلمات الدالة: الطاقة الشمسية ـ المجمعات الشمسية ـ الشعاع الشمسي- شدة الاشعاع الشمسي

1- الطاقة الشمسية

ان نهاية عصر الوقود الاحفوري أصبحت قريبه، حيث يخرج العالم من أزمة طاقة لينتقل الي اخري، ولكي نجتاز هذه الازمة ونوفر للأجيال القادمة عالما صحيا ومزدهرا واقتصاديا فلابد ان نعيد توجيه اقتصاديات الطاقة، وللتقليل من الاعتماد على الوقود الأحفوري وتقليل الانبعاثات الكربونية الضارة بالبيئة، تُعَدُّ الطاقة الشمسية احد الحلول المتاحة واحد أكثر مصادر الطاقة المتجددة أهمية واستدامة، حيث تعتمد هذه الطاقة على استغلال أشعة الشمس وتحويلها إلى طاقة كهربائية أو حرارية نافعة.

2- نبده تاريخية عن الطاقة الشمسية

يعود اهتمام البشر بالطاقة الشمسية إلى العصور القديمة، حيث استخدمت الحضارات القديمة أشعة الشمس لتسخين المياه والطهي، وشهد القرن العشرون وما تلاه تطورات تقنية وعلمية هائلة أحدثت انقلابا جذريا في كيفية استغلال هذه الطاقة واستدامتها وكان التطور علي مراحل كالاتي:

أ- استخدم المصريون القدماء والإغريق والرومان والصينيون الطاقة الشمسية في العديد من الاستخدامات منها التجفيف الشمسي لحفظ الطعام والحبوب، كذلك الجلود والأعشاب والمواد الخام الأخرى، ،ولطهي الطعام ابتكروا أفرانا خاصة تعرف باسم "أفران الشمس" فكانت هذه الأفران تصنع من الطوب اللبن أو الحجر، وتصمم بحيث تحاط بجدرانٍ عاكسة لأشعة الشمس،التصميم المعماري حرصو على بناء منازلهم باتجاه الشمس، فكانوا يدركون أهمية ضوء الشمس وحرارتها في التدفئة والإضاءة. قام الصينيون بالعديد من الاكتشافات منها المرايا الحارقة لتركيز أشعة الشمس لاستخدامها في الطهي، ، حيث كانت تستعمل لإشعال النيران في الاغصان من اجل الطهي والتدفئة.

ب- العصور الوسطى، شهدت العصور الوسطى (من القرن الخامس إلى القرن الخامس عشر الميلادي) استمرار استخدام الطاقة الشمسية بطرق متنوعة، مع تطورات علمية هامة ، وتضمنت أبرز استخدامات الطاقة الشمسية في تلك الحقبة. التجفيف الشمسي ظلت تقنية التجفيف الشمسي أساسًا لحفظ المحاصيل والمنتجات الزراعية.

استمرت الحضارات الإسلامية في استخدام التصميم المعماري الشمسي لتوفير التدفئة للمنازل، ، ولتعزيز الإضاءة الطبيعية كان يتم طلاء الجدران والأسقف بـألوان فاتحة تعكس ضوء الشمس،استمرت أفران الشمس في استخدامها لطهي الطعام في بعض المناطق.

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

ث- عصر النهضة، شهد عصر النهضة (القرن السادس عشر إلى القرن الثامن عشر) ازدهارًا في الاهتمام بالطاقة الشمسية، حيث برزت الاختراعات العلمية والتجارب العملية التي مهدت الطريق لتطورات هامة في هذا المجال وأبرز هذه الاختراعات المضخات الشمسية لرفع المياه من الآبار، وآلات لقياس شدة ضوء الشمس و صناعة العدسات ممّا أدى إلى تحسين أدوات قياس ضوء الشمس وفهم خصائص الضوء بشكلٍ أفضل.

ج- الثورة الصناعية، شهدت الثورة الصناعية (القرن الثامن عشر إلى القرن التاسع عشر) قفزةً هائلةً في مجال الطاقة الشمسية، حيث تم اكتشاف الخلايا الشمسية الكهروضوئية في عام 1839، حيث أذهل العالم الفرنسي إدموند بيكريل العالم باكتشافه الخلايا الشمسية الكهروضوئية، وتطورت الالواح الشمسية حيث تم تصنيع أول خلية كهروضوئية من وايفر السيلينيوم من قبل تشارلز فريتز في عام 1883م .

ح- القرن العشرون، شهد القرن العشرون ثورة هائلةً في مجال الطاقة الشمسية، حيث تمّ تطوير تقنيات جديدة وظهرت تطبيقات واسعة النطاق لهذه الطاقة النظيفة، وتضمنت أبرز ملامح هذه الحقبة اختراع الخلية الشمسية الحديثة ففي عام 1954م حقق العالم الأمريكي (داريل سبرينغ) إنجازًا هائلاً باختراعه أول خلية شمسية عملية من السيليكون، كذلك تم تحسين كفاءة الخلايا الشمسية بشكل كبير من 6% إلى 20%، و تطوير أنواع جديدة من الخلايا الشمسية مثل الخلايا الشمسية الرقيقة والخلايا الشمسية متعددة الوصلات. مما أدى إلى انخفاض تكلفة الطاقة الشمسية وزيادة فعاليتها وبذلك أصبحت الطاقة الشمسية خيارًا أكثر جاذبيةً لـتوليد الكهرباء وتوفير الطاقة.

وبدأ استخدام الألواح الكهروضوئية في الفضاء الخارجي في عام 1958م، وكان القمر الاصطناعي فانغارد 1 أول قمر صناعي يغادر الأرض وهو يحمل لوحاً كهروضوئياً بقدرة 1 واط ، وفي عام 1964م أرسلت وكالة ناسا الفضائية مكوك نيمبوس أول قمر اصطناعي يعمل بشكل كامل على الطاقة المولدة من الألواح الكهروضوئية حيث تم تزويده بشبكة ألواح بقدرة 470 واط. ولاحقاً في عام 1966م أطلقت وكالة ناسا أول مرصد فلكي يدور حول الأرض في العالم ويتم تغذيته بألواح بقدرة 1 كيلوواط. في عام 1973م قامت جامعة ديلاوير ببناء أول منزل يعمل بالطاقة الكهروضوئية وأطلقت عليه اسم سولار وان وكان النظام هجيناً مؤلفاً من طاقة مولدة من ألواح كهروضوئية بالإضافة إلى طاقة شمسية حرارية، ولم تكن الألواح في هذا المنزل مركبة بجانبه بل كان مدمجة بسطح المنزل.

3- المجمعات الشمسية

مجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

المجمع الشمسي هو مجمع الطاقة الشمسية الحرارية الذي يتم تصميمه لتجميع الحرارة عن طريق امتصاص أشعة الشمس، بحيث يحول الطاقة الحرارية الموجودة في أشعة الشمسي إلى صورة أكثر قابلية للاستخدام والتخزين، وهناك العديد من الأنواع والتصنيفات المختلفة لسخانات المياه الشمسية والمجمعات الشمسية.

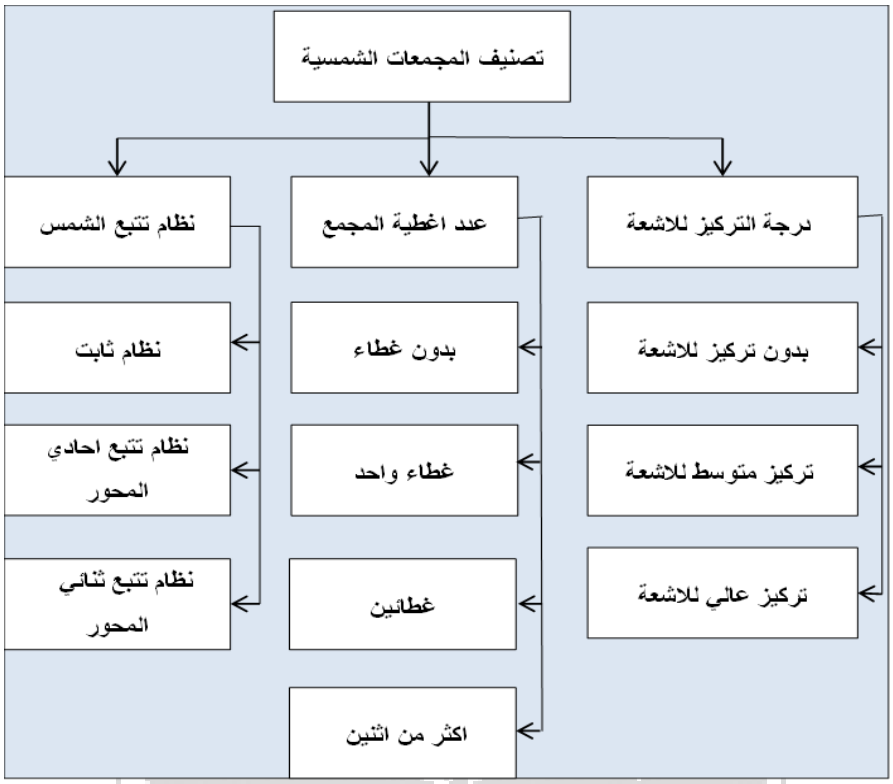
3-1- تصنيف المجمعات الشمسية

توجد العديد من التقنيات الخاصة بتسخين المياه بالطاقة الشمسية بحيث تختلف في حجمها وطريقة عملها وتعتمد بشكل أساسي على التطبيق المخصص لها والشكل (1) يبين هذه التصنيفات، بحيث يعتبر مستوى درجة الحرارة وكمية الطاقة المراد تجميعها او تحويلها من المجمع الشمسي من المعايير الأساسية التي يجب أن تكون معروفة مسبقا حتى يمكن اختيار نظام التحويل بشكل محدد وفعال، وبذلك احد تصنيفات المجمعات الشمسية تعتمد على مستوى تركيز الاشعة الشمسية الساقطة ومدى درجات الحرارة الممكن تحقيقها.

كذلك تصنف مجمعات الطاقة الشمسية تبعا لعدد الاغطية، ففي معظم الحالات يتم تغطية المجمعات الشمسية من أجل الحد من فقدان الحرارة (باستثناء المجمعات الشمسية المستخدمة في حمامات السباحة والتي يكون فيها مدى درجات الحرارة المطلوبة حوالي 10 - 20 ºC فوق درجة حرارة الجو المحيط).

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

الحد الأقصى من تجميع الطاقة الشمسية نتحصل عليه عندما تسقط أشعة الشمس عموديا على المجمع الشمسي، وبالتالي هذا يتطلب تتبع لحركة الشمس طوال النهار، وفي هذه الحالة يتم تقسيم المجمعات الشمسية تبعا لنظام تتبع الشمس.



شكل (1) تصنيفات المجمعات الشمسية

2-3- أنواع المجمعات الشمسية

يمكن تقسيم المجمعات الشمسية الى خمسة أنواع رئيسية وهي:

1- مجمع شمسي على شكل خزان وفي هذا النوع من المجمعات الشمسية يكون خزان الماء الساخن هو نفسه السطح الماص بالمجمع اي ان المجمع والخزان يكونان وحدة تخزين متكاملة.

2- مجمعات شمسية خاصة بأحواض السباحة وعادة ما تكون كبيرة الحجم وتتكون من إعداد كبيرة من المجمعات غير المغطاة بالزجاج أو الغطاء الشفاف ونتيجة لذلك فان درجة حرارة تشغيل هذا النوع من المجمعات غير مرتفعة وتكون عادة 20 -10 ºC فوق درجة الهواء المحيط.

3- المجمعات الشمسية المسطحة وهذا النوع من السخانات الشمسية هو الأكثر في العالم استخداما لتسخين المياه المنزلية و تطبيقات التدفئة بالطاقة الشمسية، ويستخدم هذا النوع من السخانات في التطبيقات التي تحتاج إلى درجات حرارة تتراوح من 80 - 70 ºC، مع العلم انه يمكن الوصول إلى درجات حرارة أعلى قد تصل إلى 100 ºC عند استخدام المجمعات ذات الكفاءة العالية، وفي هذه الحالة يجب استخدام موائع أخرى غير الماء لها درجة غليان أعلى من درجة غليان الماء، وبناءا على نوعية وشكل السطح الماص المستخدم فانه يمكن تقسيم المجمعات الشمسية المسطحة إلى عدة أنواع كما هو مبين في شكل (2).

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

Volume 12 Issue 02
December 2024
ISSN 2958-6119

شكل (2) تصنيف مجمعات الطاقة الشمسية المسطحة

3-3- منظومات السخانات الشمسية

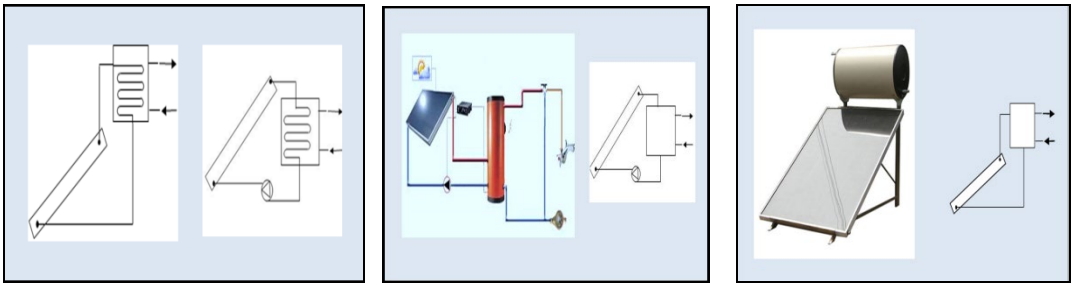
تعتبر السخانات التي تحتوي على مجمع شمسي منفصل عن الخزان من أكثر السخانات الشمسية انتشارًا واستعمالاً، وتعتمد هذه النوعية من السخانات في عملها على امتصاص الطاقة الشمسية الساقطة على سطح المجمع ونقلها إلى الماء المار خلاله وتخزين الماء الساخن في خزان منفصل تمهيداً للاستخدام، وتنقسم هذه السخانات إلى نوعين أساسين هما:

1- السخانات ذات الدائرة المفتوحة (تسخين مباشر)، وفي هذا النوع من السخانات يمر الماء المراد تسخينه مباشرة خلال المجمع الشمسي ومنها إلى الخزان، وتنقسم إلى منظومات التدوير الطبيعي ، وفي هذه المنظومات لابد أن يكون مستوى الخزان أعلى من مستوى المجمع الشمسي شكل (3) كي تتم عملية الدوران الطبيعي وتخزن المياه الساخنة في أعلى نقطة في الخزان، وتكمن نظرية العمل في تسخين المياه في المجمع نتيجة لأشعة الشمس فترتفع درجة حرارته، وبالتالي تقل كثافته فينتقل إلى أن يصل إلى أعلى نقطة في الخزان، ويحل محله الماء البارد من أسفل الخزان، و منظومات التدوير القسري وهي منظومات يقل انتشارها في المناطق التي تتمتع بمعدلات إشعاع عالية مثل ليبيا، وفي هذه المنظومات يتم استخدام مضخة صغيرة لتدوير المياه بين المجمع والخزان كما في شكل (3)، وفي هذا النوع من السخانات ليس بالضروري وضع الخزان في مستوى معين وإنما يمكن وضعه في أي مكان.

2- السخانات ذات الدوائر المغلقة (تسخين غير مباشر)، تتشابه هذه السخانات مع السخانات ذات الدوائر المفتوحة فيما عدا أن الماء المستهلك لا يمر مباشرة إلى المجمعات الشمسية بل يتم تسخينه داخل الخزان عن طريق مبادل حراري مغمور. ويمثل المجمع الشمسي والمبادل الحراري المغمور دائرة مغلقة .

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

Volume 12 Issue 02
December 2024
ISSN 2958-6119



شكل(3)دائرة مفتوحة تعمل بالتدوير الطبيعي دائرة مفتوحة تعمل بالتدوير القسري لدوائر المغلقة (تسخين غير مباشر)

4- مكونات السخان الشمسي

يتكون السخان الشمسي من ثلاثة أجزاء رئيسية بالإضافة إلى الأنابيب والوصلات والصمامات وأجهزة التحكم في بعض منها والأجزاء المهمة هي:

4-1- المجمع الشمسي

وهو الجزء الذي يحول الطاقة الشمسية الساقطة عليه إلى طاقة حرارية، وتستخدم عادةً المجمعات الشمسية المستوية لتوفير درجات حرارة منخفضة تصل إلى 80°C. وتتميز هذه المجمعات ببساطة التقنيات المستخدمة في تصنيعها وكفاءتها الحرارية العالية، ويفضل أن يصنع المجمع الشمسي بحيث لا يقل عمره الافتراضي عن 20 سنة وألا تزيد مساحة المجمع الواحد عن 2m2.2 وذلك لسهولة المناولة والتركيب. ويتكون المجمع الشمسي من الأجزاء الرئيسية الاتية:

1 – الإطار الخارجي للمجمع

يحوي الإطار الخارجي للمجمع العازل الحراري والسطح الماص والأنابيب، كما يثبت عليه الغطاء الشفاف، وتصنع من مادة يسهل التعامل معها أثناء التصنيع والتركيب من حيث الموصفات الميكانيكية والفيزيائية، وتكون هذه المادة مقاومة للظروف الجوية من حيث الحرارة والصداء، وأفضل المعادن في ذلك هو الالومنيوم ثم يأتي الحديد المجلفن. وأحياناً يستخدم البلاستيك .

2 - العازل الحراري

ويستخدم للحد من الفقد الحراري من المجمع الشمسي، ويوضع العازل بين اللوح الماص والهيكل من الخلف والجوانب، ويفضل أن يكون العازل من مادة رغوية أسفنجية أو من الصوف الزجاجي المغطى من جهة واحدة بصفيحة ألمونيوم.

3 - السطح الماص

تتم عملية امتصاص الأشعة الشمسية الساقطة بواسطة السطح الماص المتكون من لوح معدني مسطح له أشكال هندسية متنوعة مدهونة بطلاء اسود غير لماع أو طلاء انتقائي، ويصنع السطح الماص عادةً من مواد ذات موصلية حرارية عالية مثل النحاس، الالومنيوم والحديد وغيرها من المعادن التي تتميز بقابلية عالية لامتصاص أشعة الشمس، قابلية عالية للتوصيل الحراري، خفيف الوزن وسهل التشكيل، مقاوم لتأثيرات درجة الحرارة ولا تتغير خواصه الفيزيائية، قليل التأكسد، له قابلية عالية لتقبل الطلاء.

ومن أهم أنواع الأسطح الماصة المستخدمة في منظومات التسخين الشمسي:

i. اللوح الماص نوع الصفيحة.

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

ويتكون من صفيحتين يجري الماء بين الصفيحتين. ويستعمل الحديد المجلفن او الالومنيوم في تصنيع هذه المجمعات. وهدا النوع تم اعتماده فى هذا الورقة.

ii. اللوح الماص نوع شبكة أنابيب ملحومة إلى صفيحة معدنية.

يتكون من شبكة أنابيب ذات قياسات متناسبة بين الطول والعرض وملحومة إلى صفيحة معدنية. وتتكون الشبكة من أنبوبين علوي وسفلي يطلق عليها أنابيب التوصيل الرئيسية، ومجموعة من الأنابيب الصاعدة تربط بين الأنبوبين العلوي والسفلي، وتكون اقل قطراً.

iii. اللوح الماص نوع صفوف من أنابيب مزعنفة

يشبه تصميم هذا اللوح تصميم اللوح الماص نوع شبكة أنابيب ملحومة إلى صفيحة معدنية، وتكون أقطار الأنابيب الصاعدة والأنبوبين الرئيسيين لهذا اللوح كاللوح السابق. تتصل بكل أنبوب صاعد زعنفة من الألومنيوم أو النحاس.

4 - طلاء السطح الماص

يطلى السطح الماص بمادة مناسبة تساعد على امتصاص اكبر كمية ممكنة من الإشعاع الساقط عليها وتحويلها إلى حرارة، وتكون مادة الطلاء من الصبغ الأسود غير اللماع أو الطلاء الانتقائي

5- الغطاء الشفاف

يصنع الغطاء عادةً من الزجاج الحراري الشبه خالي من الحديد، ويستعمل بشكل واسع لأنه يتميز بمعظم الخواص الفيزيائية والبصرية المطلوبة في غطاء المجمعات الشمسية من قابلية لنفاذ الأشعة الشمسية وقلة امتصاصه لها وعدم تأثره بالظروف الجوية واختلاف درجات الحرارة، كما أنه ذو مقاومة عالية للكسر عند درجات الحرارة المرتفعة، ويفضل أن يعالج السطح الداخلي للزجاج بحيث يعكس الإشعاع الشمسي المرتد من السطح الماص.

4-2- خزان المياه

يصنع خزان المياه عادة من مادة معدنية بشكل اسطواني ومعزول بالصوف الزجاجي، ويغلف من الخارج بصفيح معدني أو من بلاستيك رقيق، ويمكن إضافة للسخان مقاومة كهربائية، كما يمكن أن يوضع الخزان عمودياً أو أفقياً حسب التصميم، ويصنع الخزان الداخلي عادةً من النحاس او الحديد الذي لا يصدأ. كما يمكن إضافة مبادل حراري داخل الخزان لتشكيل دائرة مغلقة لخدمة عملية التسخين غير المباشر للماء وخاصة في المناطق الباردة.

4-3- هيكل تثبيت المجمع الشمسي والخزان

السخان الشمسي يحتاج إلى هيكل تثبيت حسب الوضع المطلوب في موقع النصب ويثبت المجمع وخزان الماء بإحكام على الهيكل وذلك لتفادي تأثير قوة الرياح وتصنع عادة هذه الهياكل من الحديد المجلفن او من الالومنيوم.

5- تصميم السخان الشمسي

تم تصميم السخان الشمسي واختباره باستخدام برنامج السولد-ورك، ويرجع السبب الاساسي لاستخدام هذا البرنامج انه قد تم تصميم شكل مماثل لهذا السخان ولكن التصميم السابق لم يكن ناجحا فقد حدث له انبعاج عند احد اطواله شكل (4) ومن خلال تحليل الاسباب التي يمكن ان تكون سبب هذا الانبعاج وهي تغيرالضغط، التمدد والانكماش، نوعية المعدن المستخدم، وللتغلب علي هذه الاسباب فتم تغيير سمك الصفيحة وكذلك طريقة اللحام ونوعية المعدن والتصميم الداخلي، واضافة فتحة تنفيس معرضة للهواء الجوي للتغلب علي التغيرفي الضغط ان وجد .

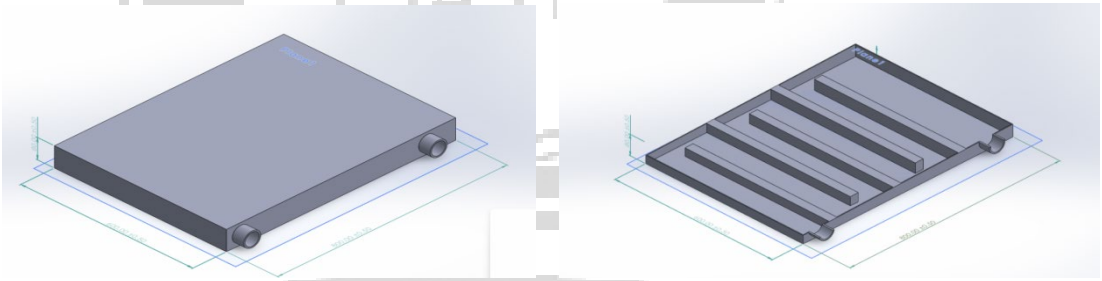
Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

Volume 12 Issue 02
December 2024
ISSN 2958-6119

شكل (4) صورة تبين الانبعاج الذي حدث في التصميم السابق

5-1- خطوات التصميم

1- تم تصميم نموذج ثلاثي الأبعاد للسخان الشمسي المسطح بالأبعاد (طول80سم ، عرض 60سم ، ارتفاع 8سم ، وسمك **3** مم) الشكل (5) يوضح النموذج ثلاثي الابعاد، وباستخدام خاصية الانحناء تم استخدام خاصية (فليت) للقيام بالانحناءات، وتم انشاء خمس مناطق لسريان المياه لضمان توزيع جيد للحرارة شكل (5)، ومنع حدوث الدومات الحرارية والتي قد تسبب تباين في درجات الحرارة في مناطق مختلفة من التصميم.



شكل(5-أ) المناطق الخمس لسريان الماء **شكل (5-ب) تصميم ثلاثي الابعاد للسطح الماص**

2- محاكاة الأحمال الحرارية

في التصميم، أجرينا محاكاة لعدة أنواع من الأحمال الحرارية:

1- تسليط الإشعاع الشمسي:

تم استخدام المحاكاة لقياس تأثير الإشعاع الشمسي على السطح الماص وتحديد الاماكن التي تأثرت بأكبر كمية من الاشعاع شكل (6).

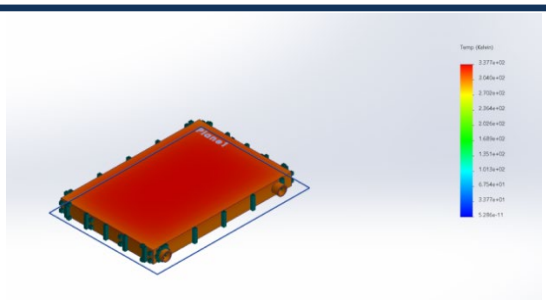
2- قياس الضغط:

بعد تسليط الإشعاع، قمنا بقياس الضغط الناجم عن الأحمال الحرارية على السطح.

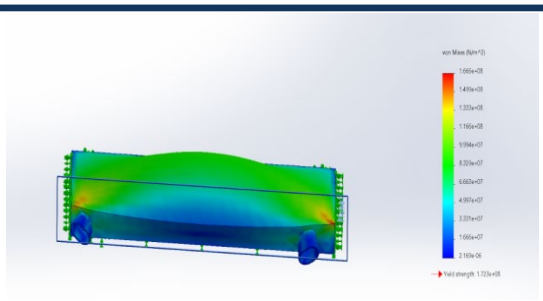
3- تحليل التمدد والانكماش:

تم دراسة تأثير الأحمال الحرارية على التمدد والانكماش الميكانيكي للسطح الماص، وأظهرت النتائج أن التمدد لم يتجاوز **0.2** مم.

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية



شكل (6-أ) الاحمال الحرارية المسلطة على السطح الماص



شكل (6-ب) التمدد الحاصل للجسم الماص

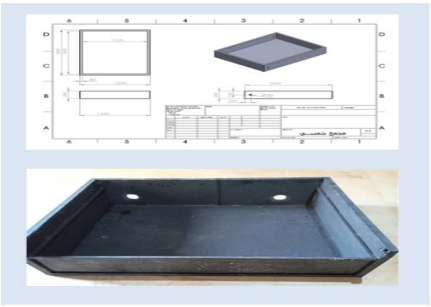
3-5- تصنيع السخان الشمسي

تم التعاون مع شركة الإنماء للصناعات الهندسية المساهمة لتصنيع السطح الماص باستخدام ألواح صاج مقاوم للصدأ بسماكة **3** مم والأبعاد: طول **0.8** م، عرض **0.6** م، وارتفاع **0.08** م، ولتقليل الإجهادات الناتجة عن الضغط المائي على الجوانب، تم تصميم السطح بحيث يتم تقليل اللحام لأقل قدر ممكن وهذا يساعد في تعزيز متانة الهيكل ويقلل من فرص حدوث التسرب، واستخدمت ماكينة الثني لتشكيل الألواح ورفع الجوانب، مما يقلل من الحاجة إلى اللحام ويزيد من قوة السطح ، تم تقسيم السطح الماص إلى خمس مناطق لتجنب الدوامات ودعم السطح الماص، وعمل فتحات المياه قطر **1** بوصة لكل من المدخل والمخرج ، وتم دهن السطح الماص باللون الأسود المطفي لزيادة الامتصاصية الحرارية شكل (7).

شكل (7) يوضح السطح الماص مطلي بالاسود المطفي

2-5- الصندوق الخارجي

وهو عباره عن صندوق من الحديد المجلفن يتحمل تأثيرات العوامل الجوية مثل المطر والرطوبة والرياح ويحمل مكونات المجمع الشمسي بالكامل ووظيفته حمايتهم من التلف ويثبت علي القاعدة الرئيسة وفى هذا المشروع تم استخدام الحديد المجلفن بسماكة 2مم وأبعاد الصندوق وتصميمه موضحة في الشكل (8).

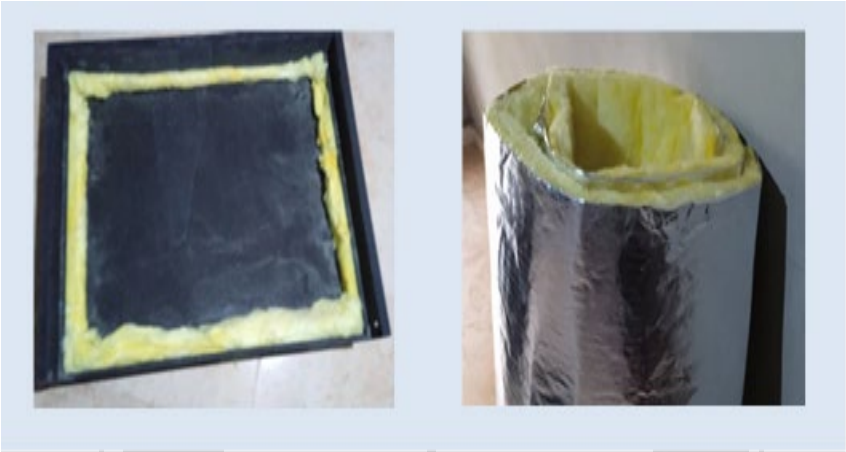


شكل (8) ابعاد الصندوق الخارجي وتصميمه

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

5-3- العازل

تكون المواد العازلة عادة من الألياف الزجاجية أو الصوف الصخري أو رغوة البولي يوريثان وتم اختيار الصوف الحراري ذو سماكه (2.5سم)، بحيث تم وضع العازل في الجهة السفلية والجوانب للسطح الماص شكل (9) .



شكل (9) العازل الحرارى

5-4- الغطاء الزجاجي

يتكون الغطاء الزجاجي عادة من زجاج ذو نفاذية عالية وإذا استعملت مواد أخري مثل البلاستك أو البلاستك المقوي بالألياف الزجاجية فيجب ان تتحمل هذه الأغطية العوامل الجوية وان تكون ذات نفاذية عالية، بالنسبة للزجاج الذي تم اختياره للمشروع هو زجاج حراري ذو نفاذية عالية مساحته (**0.8×100**مم) ويوجد هذا الغطاء فوق المجمع الشمسي والذي يستقبل الاشعة الساقطة من الشمس وسمكه(6مم).

5-5- خزان المياه

خزان المياه مصنوع من ماده معدنيه بشكل أسطواني ومعزول بالصوف الزجاجي ومغلف من الخارج بصفيح معدني . ويمكن اضافة مقاومة كهربائية في حالة الايام المغيمة او تعويض النقص فى الحرارة المطلوبة. كما أن وضع الخزان افقيا.

5-6- الأنابيب الموصلة للمنظومة

تتصل أجزاء المنظومه بعضها ببعض بوصلات وأنابيب من (**PP R**) بأطوال مختلفه، وبالأضافه الي الصمامات، صمام دخول الماء البارد للمنضومة لمنع خروج الماء وصمام خروج الماء الساخن لتفريغ المنظومة.

5-7- هيكل التثبيت

السخان الشمسي يحتاج الي هيكل تثبيت حسب الوضع المطلوب في الموقع ويثبت المجمع وخزان الماء بإحكام على الهيكل ودلك لتفادي تأثير قوة الرياح. تم تصنيع هدا الهياكل من الحديد ويبين شكل (10) الشكل العام للسخان الشمسي وهو مثبت على الهيكل الحديدى.

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

Volume 12 Issue 02
December 2024
ISSN 2958-6119

شكل (10) الشكل العام للسخان الشمسي

5-8- قياس درجة حرارة السخان الشمسي

لقياس درجة الحرارة تم استخدام مزدوج حراري كالموضح في الشكل (11) بحيث تم تثبيت طرف المقياس في مدخل الماء واخر عند مخرج الماء لقياس درجة حرارة الدخول والخروج للماء، ويقيس هذا الجهاز في مدى درجات حرارة (**50 C°** -)الى(**C° 108**).

شكل (11) جهاز قياس درجة الجرارة

6- النتائج ومناقشتها

لتسجيل النتائج تتم العملية في خطوات لقياس درجات الحرارة عند دخول الماء إلى المجمع وخروجه وكذلك عند خروجه من خزان التجميع وتتم عملية القياس بان يكون صمام الخروج مفتوح وبعد عملية مل الخزان واخراج الهواء من الانابيب بقفل صمام الدخول واخذ قراءات الدخول والخروج وتسجيلها في جدول معد مسبقا بحيث يتم تسجيل القراءات كل ساعة بدا من الساعة التاسعة صباحا حتى السابعة مساءا، ونفس الوقت يتم تسجيل درجة حرارة الجو المحيط وسرعة الرياح.

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

تم تمثيل الاختبارات العملية لأيام مشمسة مختلفة من شهر سبتمبر **2024** في مدينة جنزور بشكل جداول ومخططات بيانية توضح أداء السخان الشمسي وذلك بعد ملء السخان بالماء، ويوضّح الجدول (1) والشكل (12) نتائج قياس درجات الحرارة للماء المخزون في المجمع الشمسي ولحرارة الجو لكل ساعة ليوم 1-9-**2024**م، حيث يحتوي العمود الاول من الجدول علي الزمن بالساعات وتمت عملية القياس كل ساعة من الساعة التاسعة صباحا الى الساعة السابعة مساءا وهذا الوقت مناسب لعملية القياس حيث يبدا تأثير اشعة الشمس علي المجمع الشمسي، بينما يحتوي العمود الثاني علي درجة حرارة الجو ويرمز لها بالرمز (T_{air}) وتقاس بالدرجة المئوية (°C) والعمود الثالث يمثل درجة حرارة الدخول للماء ويرمز لها بالرمز (T_{in}) وكما ذكرنا سابقا تتم عملية القياس باستخدام المزدوج الحراري الذي تم تثبيته عند مدخل المجمع واقرب ما يكون الي المدخل، يحتوي العمود الرابع علي قياس درجة حرارة الخروج للماء من المجمع الشمسي والتي يتم قيسها بمزدوج حراري اخر مثبت عند مخرج المجمع مباشره ويرمز لها بالرمز (T_{out}) .

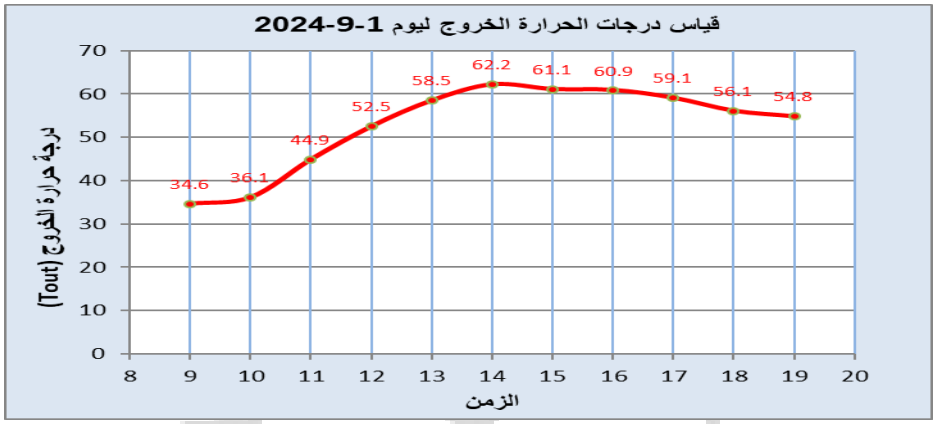
جدول (1) قياس درجات الحرارة يوم 1-9-**2024م**

الساعة (h)	درجة حرارة الجو T_{air} (°C)	درجة حرارة الدخول T_{in} (°C)	درجة حرارة الخروج T_{out} (°C)	درجة حرارة الخزان T_{tank} (°C)
09:00	**28**	**30.2**	**34.6**	**32.1**
10:00	**29**	**30.9**	**36.1**	**32.5**
11:00	**31**	**39.8**	**44.9**	**34.3**
12:00	**32**	**44.8**	**52.5**	**36.8**
13:00	**34**	**46.2**	**58.5**	**42.2**
14:00	**34**	**46.5**	**62.2**	**44.5**
15:00	**35**	**45.2**	**61.1**	**40.8**
16:00	**34**	**44.1**	**60.9**	**39.9**
17:00	**34**	**43.9**	**59.1**	**39.5**
18:00	**33**	43.5	**56.1**	**38.8**
19:00	**31**	**37.4**	**54.8**	**38.2**

ومن الجدول السابق كانت درجة حرارة الجو تتراوح بين **28**°C الى **35**°C وسجلت سرعة الرياح التي تراوحت ما بين **9** الى **km/h** 19، وسجلت اعلى درجة حرارة للماء الخارج من المجمع هي **62.2** °C سجلت في الساعة **14:00**، بينما كانت درجة حرارة خزان التخزين هي **44.5** °C هي أعلى درجة تم تسجيلها عند الساعة **14:00** ثم بدأت بالانخفاض تدريجيا فعند الساعة 16:00 **16** حين زادت قوة الرياح الى **19 km/h** وانحدار الشمس الى اتجاه الغرب فانخفضت درجة حرارة التخزين الى **39.9**°C تم استقرت سرعة الرياح لكن حدث انخفاض بسيط وصلت فيها درجة الحرارة الي **39.5**°C مع نهاية اليوم، وفي نهاية اليوم عند الساعة **19:00** بقيت درجة حرارة الخروج من المجمع في انخفاض الى أن وصلت الى **38.8**°C ويتضح ذلك في الشكل (12)، ونلاحظ ان درجة الحرارة تكون متدنية في الساعات الأولى من الصباح ثم تزداد تدريجيا إلى أن تصل إلى قيمتها العظمى عند الساعة **14:00** وبعدها تبدأ بالهبوط تدريجيا في الساعات الأخيرة من النهار وهذا يعود إلى تأثير أشعة الشمس وزاوية سقوطها، إذ يكون سقوط أشعة الشمس في الساعات الأولى من الصباح على السخان الشمسي بزاوية معينة وبشكل مائل حيث أن معظم هذه الأشعة سوف تنعكس والقسم الآخر منها

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

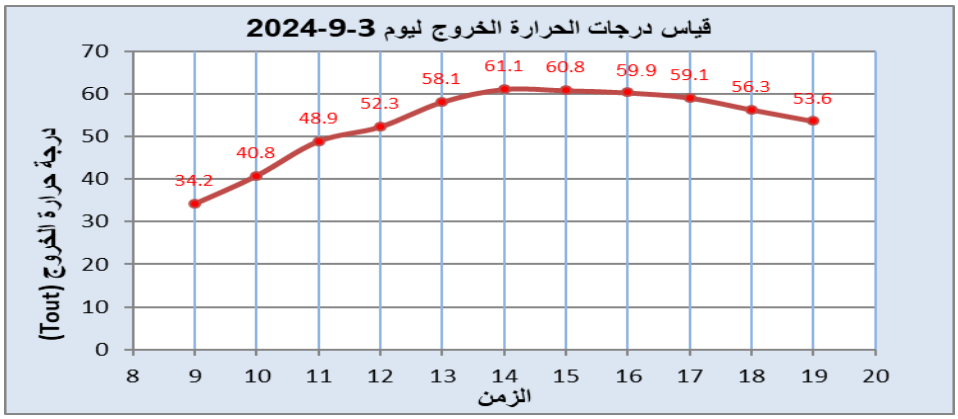
يمتص ويعمل على تسخين الماء وإيصاله إلى درجة حرارة معينة، أما عند منتصف النهار فإن أشعة الشمس الساقطة بشكل عمودي على السخان الشمسي تؤدي إلى زيادة درجة حرارة الماء، وبعد ذلك وفي ساعات النهار المتأخرة يبدأ الإشعاع الشمسي بالتناقص مؤديا إلى الانخفاض في درجة حرارة ماء السخان وهذا بالإضافة الي تأثير سرعة الرياح ودرجة حرارة الجو المحيط .



شكل (12) قياس درجات الحرارة ليوم 1-9-2024

بنفس الطريقة السابقة تم قياس درجة الحرارة يوم **2-9-2024**م حيث كانت درجة حرارة الجو تتراوح بين **29**°C الى **36**°C وكانت سرعة الرياح قريبة نسبيا من اليوم الاول التى تراوحت ما بين **7** الى **km/h** 17 وفكانت درجة الحرارة متدنية في الساعات الأولى من الصباح ثم تزداد تدريجيا إلى أن تصل إلى قيمتها العظمى عند الساعة الثانية ظهرا حيث تصل الي **63.4**°C، وبعدها تبدأ بالهبوط تدريجيا في الساعات الأخيرة من النهار وهذا يعود إلى تأثير أشعة الشمس وزاوية سقوطها كما ذكرنا سابقا، كما سجلت درجة حرارة خران التخزين **42.9**°C والتي تم تسجيلها عند الساعة **1:00**ظهرا تم ارتفعت الي **45.2**°C ثم حدث لها بعض الانخفاض مثلما حدث في اليوم الاول الي ان وصلت في نهاية اليوم الي **39.4**°C.

نلاحظ ان اليوم الاول والثاني لم يكون هناك الاختلاف الكبير في تسخين السخان الشمسي، وتم اختيار يوم اخر حيث كانت سرعة الهواء سريعة نوعا ما حيث تتراوح مابين **20** الى**31 km/h** وكانت درجة حرارة الجو تتراوح مابين **28**°C الى **35**°C فكانت اعلى درجة حرارة للماء الخارج من السخان هي **61.1**°C سجلت عند الساعة **2:00**ظهرا، ودرجة حرارة خزان التخزين هي **44.2**°C والتي تم تسجيلها عند الساعة **2:00**ظهرا واخدت في الانخفاض الي ان وصلت الى **39.8**°C عند الساعة **4:00** ظهرا واستمرت في الانخفاض قليلا بسبب سرعة الرياح الكبيرة نوعا ما الي ان وصلت في نهاية اليوم الي **38.4**°C

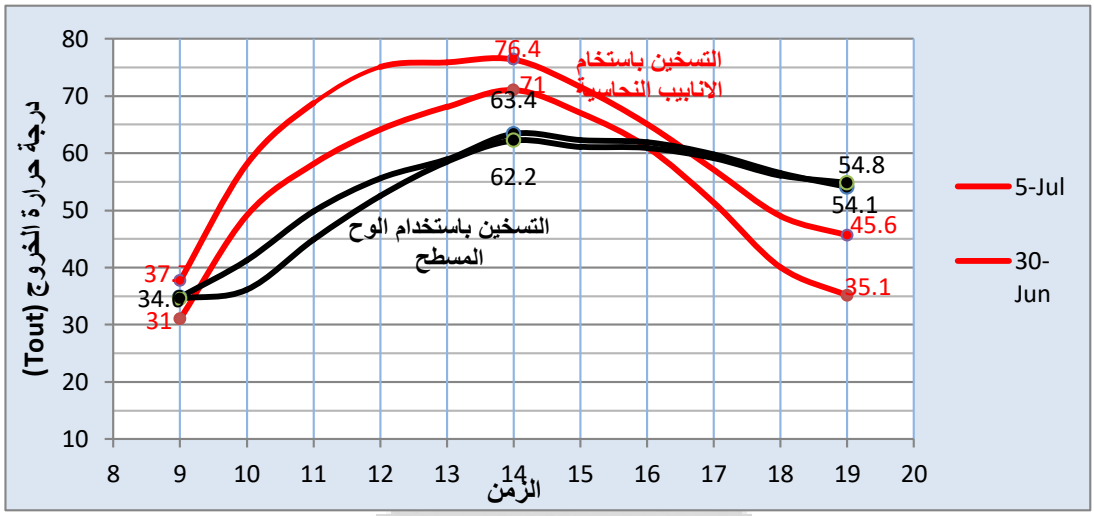


شكل (13) قياس درجات الحرارة ليوم 3-9-2024

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

ولمقارنة النتائج المتحصل عليها من هذه الورقة مع نتائج متحصل عليها من استخدم انابيب نحاسية في عملية التسخين والتى كانت في فصل الصيف شهر يوليو شكل (14)، يمكن ملاحظة ان اعلي درجة حرارة تكون عند

الساعة الثانية ظهرا ، حيث كانت تتراوح درجة الحرارة ما بين 71°C الى 76.4°C عند استخدام الانابيب النحاسية بينما تكون درجات حرارة الخروج اقل قيمة عند استخدام اللوح المسطح حيث تتراوح بين 62°C الى 63.4°C ويرجع السبب في هذا الفرق بين الطريقتين الي كمية الماء الذي تم تسخينه حيث تبلغ كمية الماء في حالة الانابيب النحاسية 2 لتر بينما في حالة اللوح المسطح كانت كمية الماء 38 لتر، وهذا السبب اذى ايضا الي ان درجة حرارة الخروج في حالة التسخين باستخدام اللوح المسطح تكون مرتفع الي الساعة السابعة مساءا وتنخفض بمقدار 10°C درجات بينما درجة حرارة الخروج في حالة الانابيب النحاسية تنخفض بمقدار 30°C، وكذلك نلاحظ الارتفاع السريع في درجة الحرارة في حالة الانابيب النحاسية في ساعات النهار الاولى من الساعة التاسعة الى الساعة الثانية عشر صباحا بينما في حالة اللوح المسطح تكون اقل وهذا السبب يرجع الى كمية الماء في الحالتين وكذلك نوعية المعدن المستخدم، ومن هنا نلاحظ ان كفاءة الانابيب النحاسية اكبر كفاءة من اللوح المسطح.



شكل(14) مقارنة بين درجات حرارة الخروج من المجمع الشمسي للسخان ذو الانابيب النحاسية والوح المسطح فى فصل الصيف

7- الخلاصة

من خلال هذه الورقة يمكن استنتاج ان إدخال منظومات الطاقة الشمسية مجدي كبديل عن السخانات الكهربائية لان تكلفة استخدام الطاقة الشمسية اقل من تكاليف انتاج الطاقة من المصادر الموجود حاليا، وان السخانات الشمسية ذات الصفائح غير مكلفة بالمقارنة مع الانواع الأخرى ويمكن صناعتها على مدى واسع نظرا لتوفر المواد الاولية وسهولة تصنيعها، تقليل اماكن اللحام يساعد على تقليل الضغط المؤثر على الزوايا والاطراف عند تصنيع هذا النوع من المجمعات، وأفضل درجة حرارة للماء يمكن الحصول عليها من هذا المجمع اثناء فترة منتصف النهار من الساعة الثانية عشر حتى الساعة الخامسة عشر، وتتأثر درجات الحرارة بالرياح والغبار حيث تنخفض عند الايام العاصفة،لا تتطلب السخانات الشمسية أي صيانة مكلفة فيها فقط تحتاج الي التنظيف الدوري ،لا ينتج عن السخانات الشمسية أي غازات ملوثة للبيئة ،

تقلل الطاقة الشمسية من تكاليف البنية التحتية الانارة الكهرباء في المناطق النائية لان توسيع شبكة الكهرباء العامة وايصالها الي المناطق النائية هي عملية مكلفة وصعبه جدا.

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

Volume 12 Issue 02
December 2024
ISSN 2958-6119

8- المراجع

1. د.خلف الله عمر قاسم – نظرية الاشعاع الشمسي – 2021.
2. د. ياسر فتحي ناصر- "هندسة الطاقة الشمسية" جامعة سبها – 2006.
3. د.هبة الرحمن احمد-الطاقة الشمسية التجارب والمعوقات - 2020.
4. م.احمد جاسم محمد – "تصميم سخان شمسي"جامعة البصرة – 2016.
5. الوكالة الدولية للطاقة المتجددة " IRENA 2021 "

LJAST
مجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية