

تقييم عملية محاكاة نظام سخان شمسي للمدينة السكنية للشركة الليبية للحديد والصلب (مصراتة - ليبيا)

عبد الله مصطفى بن غزي¹، خديجة محمد القصير²، محمد حميد الشروالي³، رشيد محمد
الطناشي⁴

1. كلية التقنية الصناعية- مصراتة، 2. شركة النسيم للصناعات الغذائية- مصراتة،
3. جهاز الطاقات المتجددة- طرابلس، 4. الشركة الليبية للحديد والصلب- مصراتة.

abedallah1988@cit.edu.ly

الملخص:

للدولة الليبية خطة عمل إستراتيجية طموحة للطاقة المتجددة، تهدف هذه الخطة إلى تقليل الاعتماد على استخدام مصادر الطاقة التقليدية في توليد الكهرباء وزيادة معدل تغلغل انتاج الطاقة الكهربائية من المصادر البديلة إلى 20% بحلول عام 2035م. حيث تهدف هذه الورقة لدراسة وتقييم مدى الاستفادة التي تحققها منظومات تسخين المياه الشمسية في توفير الطاقة الكهربائية لـ 829 وحدة سكنية في المجمع السكني للشركة الليبية للحديد والصلب بمدينة مصراتة - ليبيا وذلك باستخدام برنامج محاكاة T*SOL_2021، حيث أوضحت النتائج أنه عند تركيب السخان الشمسي بديلا عن السخان الكهربائي للوحدات السكنية الأرضية والعمارات في المجمع السكني للشركة، سيساهم ذلك في توفير أكثر من 2GWh من الطاقة الكهربائية سنويا وبالتالي تجنب انبعاث حوالي 600 طن من ثاني أكسيد الكربون في الهواء الجوي.

الكلمات الرئيسية: الطاقة الشمسية، كفاءة الطاقة، تسخين المياه الشمسية، السخان الشمسي، السخان الكهربائي، انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

Abstract:

The Libyan state has an ambitious strategic action plan for renewable energy. The plan aims to reduce dependence on the use of traditional energy sources to generate electricity and increase the penetration rate of electrical energy production from alternative sources to 20% by 2035. This research paper aims to study and

evaluate the benefit that will achieved by solar water heating systems by saving electrical energy for 829 housing units in the residential complex of the Iron and Steel Factory in Misurata, Libya using the T*SOL_2021 analysis tool. Where the result showed that, when installing solar heaters on the roofs of residential floor units and on buildings in the residential complex of the Iron and Steel Factory, this will contribute to saving more than 2GWh of electrical energy annually, thus avoiding the emission of about 600 tons of carbon dioxide into the atmosphere.

Keywords: solar energy, energy efficiency, solar water heating, solar heater, electric heater, carbon dioxide emissions.

1. المقدمة:

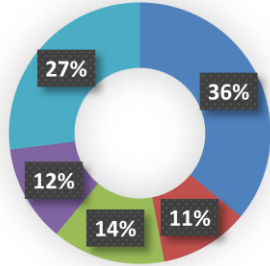
تشهد ليبيا خلال العشر السنوات السابقة طلباً متزايداً في الطاقة الكهربائية في مختلف القطاعات الصناعية والتجارية والسكنية؛ نتيجة للتنمية الاقتصادية والنمو الطبيعي للطلب على الطاقة، حيث كانت نسبة معدل النمو السنوي للطلب في الطاقة الكهربائية في ليبيا تتراوح ما بين 12 %، بحيث كان أقصى طلب للطاقة الكهربائية في سنة 2019م حسب تقرير صادر عن الشركة العامة للكهرباء يبلغ حوالي 30TWh [5].

وفي ظل الأحداث السياسية والأمنية التي شهدتها ليبيا خلال العقد الأخير لم تستطع الدولة بتنفيذ مشاريع كبيرة تلبى الطلب المتزايد، ونتيجة لذلك، تطبيقات كفاءة الطاقة تعتبر ملحة جدا في المساهمة في توفير الطاقة وتقليل العجز الحاصل في الشبكة الكهربائية. ويعنى مصطلح كفاءة الطاقة استخدام طاقة أقل لتقديم الخدمة نفسها، حيث يوجد العديد من تطبيقات كفاء الطاقة يمكن أن تساهم في تخفيض الاستهلاك بنسب تتراوح من (10-30%) مثل العزل الحراري واستخدام أجهزة كهربائية موفرة مثل مصابيح LED واستخدام السخان الشمسي بدلا من الكهربائي في التسخين، حيث أجريت العديد من الدراسات في هذا المجال. وفي سنة 2012م تم اعتماد خطة وطنية لكفاءة الطاقة بالتعاون مع المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة حيث تهدف إلى تحقيق وفرة في الطاقة عن طريق اتخاذ بعض الإجراءات الكفيلة بذلك منها توزيع عدد مليون مصباح كهربائي موفر للطاقة وتركيب 6000 محطة تسخين شمسي. وفي ظل توجه صانعي القرار بإدارة الشركة الليبية

للحديد والصلب إلى تنفيذ عد من المشاريع الطموحة في مجال الطاقة الشمسية؛ بهدف تخفيف العجز الحاصل بالشبكة الكهربائية العامة لعدم قدرتها عن مجابهة الأحمال خصوصا في فصلي الشتاء والصيف.

يعتبر القطاع السكني الأعلى استهلاك الطاقة الكهربائية، حيث تصل إلى 36% من إجمالي الطاقة الكلية المستهلكة كما هو

أخرى زراعي تجاري صناعي سكني



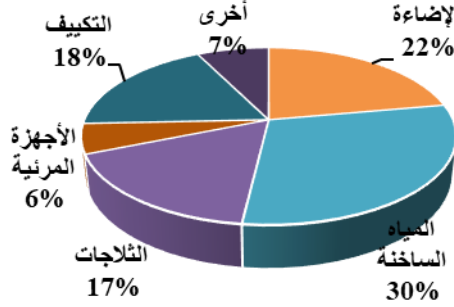
شكل 1. نسبة الاستهلاك الكهربائي

للقطاعات المختلفة في ليبيا

موضح بالشكل (1)، حيث يتمثل أغلب الاستهلاك في استخدام نظام التدفئة في فصل الشتاء والتكييف خلال فصل الصيف [7]. حيث بلغ ما نسبته 29.8% من الطاقة المستهلكة منزليا في تسخين المياه كما هو موضح بالشكل (2) [6].

تهدف هذه الورقة البحثية لدراسة وتقييم تأثير استبدال السخانات الكهربائية والتي

تعتبر من أكثر الأجهزة الكهربائية استهلاكاً للكهرباء في المنازل بأخرى شمسية لعدد 829 وحدة سكنية من ناحية كمية الوفر الطاقوي التي سيحققه هذا الإجراء، بالإضافة لحساب كمية خفض الانبعاث الكربوني CO₂ عند الاستعاضة بها بالوقود التقليدي، وقد تم إجراء الدراسة باستخدام عملية المحاكاة لبرنامج T*SOL المعروف والمتخصص في تقنية السخانات الشمسية.



شكل 2. نسب الاستهلاك المنزلي للطاقة الكهربائية في ليبيا

2. الطاقة الشمسية في ليبيا

الطاقة الكهربائية المتولدة عن الشمس طاقة نظيفة ومتجددة وتزداد أهميتها في سوق الطاقة، وقد شهدت تكنولوجيات إنتاج الطاقة الشمسية مؤخرا انخفاضا في تكاليف الإنتاج بشكل يؤهلها لمنافسة النفط والغاز. تتميز ليبيا بموقعها الجغرافي بين دول أفريقيا وجنوب أوروبا، وبتنوع تضاريسها، وأجوائها المدارية والصحراوية، وبمساحتها الشاسعة التي تبلغ

1.7 مليون كيلومتر مربع، كما

تمثل الصحراء 80 % من مساحتها. ومعدلات الإشعاع

الشمسي في ليبيا عالي جدا بحيث تصل الطاقة إلى أعلى من

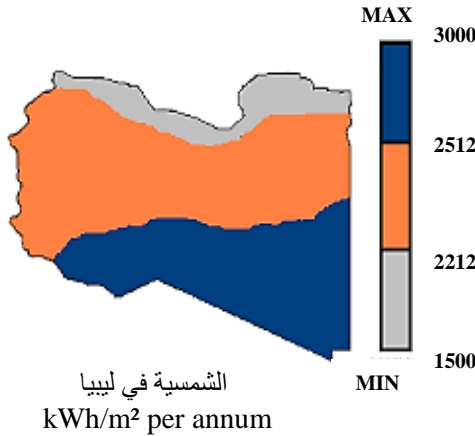
7.1 kWh/m² per day،

والشكل (3) يشير إلى معدلات

الطاقة الشمسية السنوية في ليبيا

[9,8,1]. وفي مدينة مصراتة

تبلغ قيمة متوسط الإشعاع



الشمسي الافقي (GHI) حوالي 180 كيلو وات ساعة لكل متر مربع في الشهر [10]،

والذي يعتبر مناسب جدا لاستخدام السخانات الشمسية خصوصا في فصل الشتاء حيث

تزداد الحاجة للمياه الساخنة في شتى الاستعمالات المنزلية.

3. السخان الشمسي:

تعتبر سخانات المياه الشمسية أحد التطبيقات المهمة في مجال الاستفادة من الطاقة الشمسية، إذ تؤدي وظيفتها بواسطة المجمع الشمسي الذي يقوم بنقل الطاقة من مصدر مشع للطاقة إلى المائع الذي يحتويه، والسخان الشمسي هو جهاز يحول الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية يستفاد منها في تسخين المياه [2]. وبإحلال السخان الشمسي بديلاً عن الكهربائي من شأنه يعمل على تقليل الطلب على الطاقة الكهربائية، والتقليل من المفايد الناجمة عن شبكات النقل والتوزيع. ومن جهة أخرى ما يعيها هي التكلفة المبدئية، والحاجة إلى الصيانة الدورية والفحص، وكذلك تجدر الإشارة إلى أنه لا توجد عملية تسخين للمياه خلال الفترة الليلية مما يحدد من كمية المياه الساخنة. والجدول (1) يوضح أهم أوجه المقارنة بين السخانين [11].

جدول (1): المقارنة بين السخان الكهربائي والسخان الشمسي

العناصر الأساسية	السخان الكهربائي	السخان الشمسي
التكلفة	لا توجد عائد عنها	(10-20) %عائد عن استثمارها
الوقود	الغاز أو الكهرباء	مصدر مجاني للطاقة
التشغيل	أعلى تكلفة تشغيل	أقل تكلفة تشغيل
العمر الافتراضي	8 - 12 سنة	15 - 30 سنة
البيئة	يحتاج إلى حرق الوقود	لا يسبب أي تلوث
الحجم	محدودية	يمكن زيادة الحجم

على الرغم من وجود العديد من الأنواع المختلفة للسخانات الشمسية، إلا أنها تعمل بنفس الطريقة، الكثير منها بسيط في التصميم وسهل التركيب. وهناك على الأقل خمسة أنواع للسخانات الشمسية كما يلي:

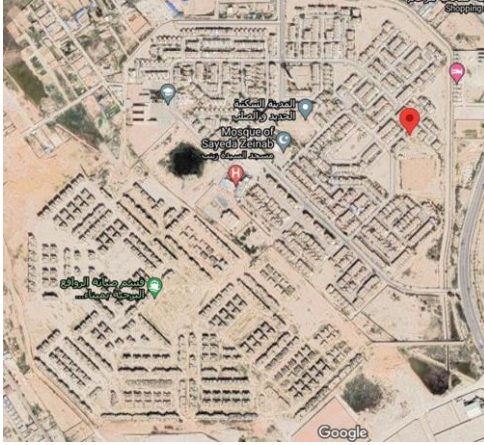
- (1) أنظمة التسخين ذات الحلقة المفتوحة والمغلقة Direct / Indirect systems.
- (2) السخان ذو التدوير الحراري Thermo siphon Systems.
- (3) أنظمة التسخين الصرفية والاستنزافية Drain Down/Drain Back Systems.
- (4) أنظمة تسخين المجمعات المتكاملة ICS.
- (5) أنظمة تسخين أحواض السباحة Swimming Pool Systems [12].

توفر هذه الأنظمة درجات حرارة عالية تتراوح من 45°C إلى 250°C لتطبيقات مختلفة مثل أحواض السباحة والأغراض المنزلية والعمليات الصناعية. لأنظمة التسخين الغير مباشرة ذات الحلقة المغلقة - وهذا ما تم استخدامه- تستخدم سائلاً لنقل الحرارة في نظام التدوير الحراري ونظام التدوير القسري، حيث يسري خلال المجمع والمبادل الحراري الذي يعمل على توصيل الحرارة من سائل نقل الحرارة إلى المياه المنزلية الموجودة في الخزان. هذه الأنظمة تستخدم سائلاً مضاداً للتجمد والتآكل. وتمثل السخانات ذات التدوير الحراري 95% من أنظمة التسخين الشمسي المستخدمة حول العالم. وتتمتع بكلفة أقل من أنظمة التدوير القسري، ولأنها لا تحتوي على أجزاء متحركة فإنها لا تحتاج إلى صيانة دورية [12].

أول انشاء للسخان الشمسي في ليبيا كان في سنة 1980م عن طريق مشروع تجريبي يتكون من 35 نظام، بالإضافة إلى بعض التطبيقات الأخرى لتكون في مجملها حوالي 6000 سخان شمسي، وتم استخدام السخان الشمسي نوع الأنابيب المفرغة لبعض الفنادق والمنازل، بحيث ساهمت آنذاك بنسبة 12% من إجمالي الطاقة الكهربائية المتولدة، ولكن لم تنتشر هذه التقنية بسبب عدم التبني الصحيح والهادف لصناعة السخان الشمسي على مستوى دولة أو شركة أو فرد، وكذلك عدم نشر ثقافة استخدام السخان الشمسي وانخفاض في سعر تعرفه للكهرباء [8].

4. المدينة السكنية للشركة الليبية للحديد والصلب:

تعتبر الشركة الليبية للحديد والصلب من أكبر الشركات الصناعية في ليبيا، حيث أقيمت على مساحة 1200 هكتار شرقي مدينة مصراته. تم إنشاء المجمع السكني التابع للشركة على مساحة تقدر بحوالي 58 هكتار، كما هو موضح بالشكل (4) يتكون المجمع من 727 وحدة سكنية أرضية و17 عمارة بواقع 6 شقق لكل عمارة، وبلغ عدد العائلات بالمجمع 828 عائلة. بالإضافة إلى المرافق الخدمية التابعة للمدينة السكنية تتمثل في [3]:



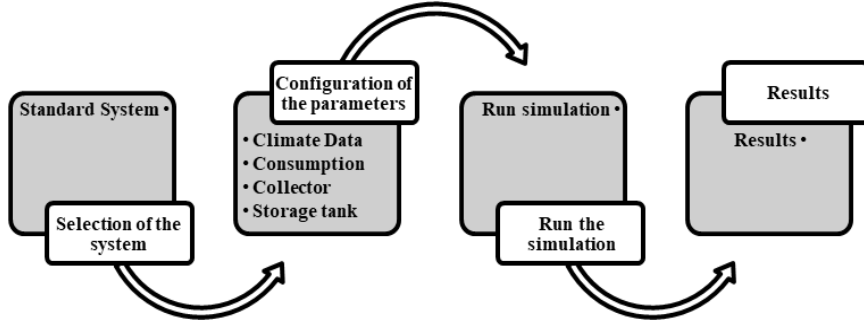
شكل 4. صورة من القمر الصناعي للمدينة السكنية
للشركة الليبية للحديد والصلب

1. البوابة الرئيسية الشمالية.
2. مدرسة الحي الصناعي.
3. روضة أطفال.
4. خزان مياه الشرب.
5. مسجد السيدة زينب.
6. مستشفى أمراض العقم.
7. مستشفى المدينة السكنية.
8. محطة الصرف الصحي.
9. البوابة الفرعية الشرقية.

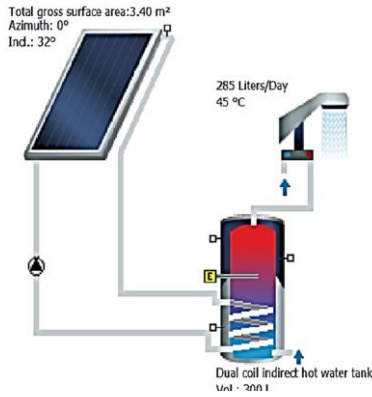
تمت الدراسة على المدينة السكنية
للشركة الليبية للحديد والصلب
بمحاكاة منظومة السخان الشمسي للوحدات السكنية.

5. النمذجة والمحاكاة:

يستخدم برنامج المحاكاة T*SOL لمحاكاة السخان الشمسي وحساب الطاقة الإنتاجية السنوية للمجمع باستخدام بيانات المناخ للمنطقة والدولة، كذلك يعرض البرنامج العديد من الأنظمة الأخرى التي يمكن استخدامها [13]. وتتم المحاكاة على أربع مراحل كما هو موضح بالشكل (5) بحيث يتم أولاً اختيار نظام السخان الشمسي، ومن ثم ضبط متغيرات النظام، وفي المرحلة التالية تتم الضغط على زر المحاكاة وتشغيل البرنامج، وفي النهاية يعرض البرنامج نهائياً مفصلاً للنتائج، كما هو مفصل على النحو التالي:



شكل 5. مراحل المحاكاة باستخدام برنامج T*SOL



شكل 6. نظام السخان الشمسي

• اختيار النظام: لبرنامج T*SOL العديد من الأنظمة للسخان الشمسي، تم اختيار نظام Standard System سخان شمسي مع سخان كهربائي مساعد بنظام الدائرة المغلقة كما هو موضح بالشكل (6)

• ضبط المتغيرات: تم ضبط قيمة متغيرات النظام باختيار بيانات المناخ للمنطقة ومعدلات الاستهلاك وعدد المسطحات الشمسية وحجم الخزان حسب الجدول (2). متوسط عدد أفراد الأسرة

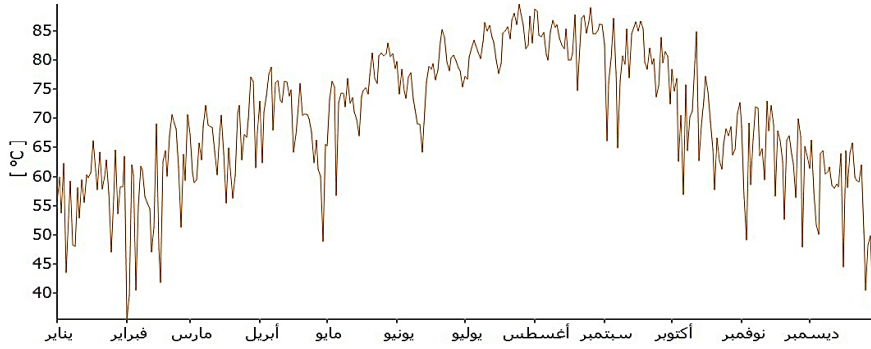
5 أفراد بمعدل استهلاك 57L لكل شخص، عند درجة حرارة 45°C، مساحة المسطح 3.4m² [12]. أفضل متوسط كفاءة لعملية للمجمعات الشمسية المسطحة حسب الظروف الجوية لمدينة مصراته عند زاوية عن الأفقي 32.15° وفي اتجاه الجنوب مباشرة [4].

جدول(2): قيم متغيرات النظام الشمسي

Variables	Factors	One House	One Building
Site data	Libya – Misurata		
DWH requirement	Average daily consumption:	285 L	1710 L
	Desired DHW temperature:	45°C	45°C
	Consumption profile: Detached house (evening max)		
Collector array	Type: standard flat plat collector		
	Number of the collector	1 x 3.4m ²	4 x 3.4m ²
	Shade: Ignored		
	Inclination 32.15°		
	Piping: in building & outside	8m & 5m	21m & 24m
Collector loop	Volume flow 40 (L/h)/m ²		
	Collector loop on 10 K & collector loop off 1 K		
Tank	Type: Dual coil indirect hot water tank		
	Volume	300 L	1800 L
	Number of tank	1	1

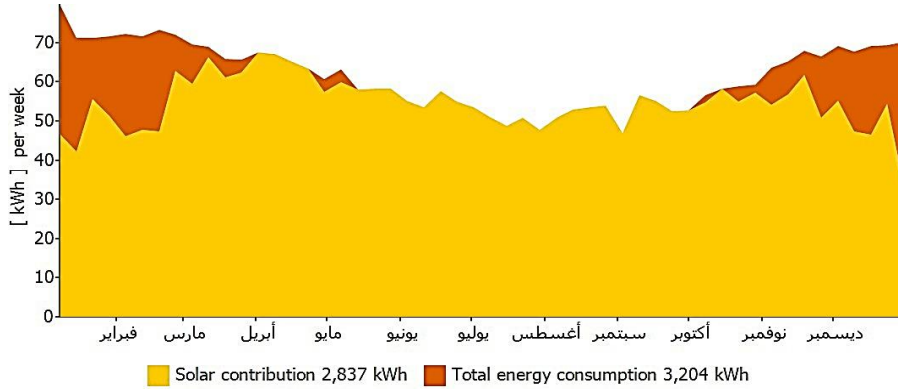
6. النتائج والمناقشة:

بناء على القيم والمعطيات المدخلة تمت عملية المحاكاة أولاً لوحدة سكنية أرضية واحدة، حيث يعرض برنامج T*SOL تقريراً كاملاً للنظام لوحدة سكنية أرضية واحدة يتضمن كافة النتائج والحسابات. الشكل (7) يعرض تغيرات درجات الحرارة للمجمع الشمسي لجميع شهور خلال سنة كاملة، والقيمة تتغير حسب تقلبات المناخ، ويلاحظ أقصى قيمة خلال شهري أغسطس وسبتمبر، حيث تكون أعلى من 85°C في عدة أيام من هذه الشهور، وأقل قيمة تبدو واضحة خلال الأشهر المغيمة يناير وفبراير، حيث تدنو إلى أقل من 40°C. ويقوم السخان الكهربائي بتعويض العجز عندما تصل درجة حرارة المياه إلى أقل من الدرجة المطلوبة 45°C.



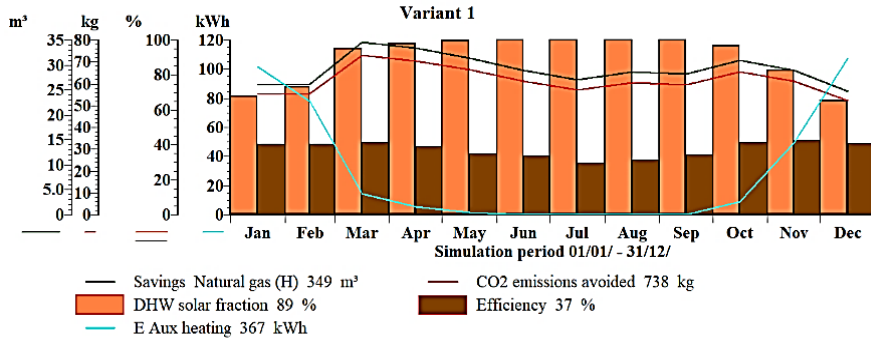
شكل 7. تغير درجة الحرارة بالمجموع خلال السنة

الشكل (8) مدى مساهمة التسخين الشمسي في تغطية الاحتياجات للمياه الساخنة أسبوعياً خلال سنة كاملة، حيث يظهر العجز فقط خلال أشهر الشتاء ويتم تعويضها من سخان الكهربيائي المساعد.



شكل 8. الطاقة الكهربيائية المستخدمة لتسخين المياه

الشكل (9) يبين الجزء المستفاد من الاشعاع الشمسي على المسطح وبنسبة DHW Solar Fraction 89%. كفاء النظام في المجمع 37%، حيث أنها تتناسب عكسيا مع معدلات الحرارة للإشعاع الشمسي الساقط لتكون تقريبا 30% خلال شهر يوليو، حيث أنه يتم الاستغناء كليا عن السخان الكهربائي وبالتالي تجنب انبعاثات احتراق الوقود. كمية الغاز الذي تم توفيره سنويا 349m^3 ، كمية انبعاثات غاز CO_2 المتجنب إنتاجها فيما لو تم حرق الوقود الاحفوري تصل إلى 738kg ، حيث تتراوح بين قيمة صغرى 52kg في ديسمبر وأقصى قيمة هي 72kg في مارس. وكذلك يبدو واضحا أن مساهمة السخان الكهربائي في العجز عن السخان الشمسي يقل خلال الأشهر الساطعة. يعرض الشكل (10) ملخص النتائج السنوية لعملية المحاكاة، إجمالي مساحة المسطح الشمسي المستخدم



شكل 9. منحنيات نظام المحاكاة

3.4m^2 ، كمية الطاقة المطلوبة لتسخين المياه $2,861.41\text{kWh}$ ، مدى مساهمة السخان

Results of annual simulation		
Installed collector power:		1.860 kW
Installed solar surface area (gross):		3.4 m ²
Irradiation on collector surface (active):	7,638.33 kWh	2,246.57 kWh/m ²
Energy delivered by collectors:	3,599.99 kWh	1,058.82 kWh/m ²
Energy delivered by collector loop:	3,042.78 kWh	894.93 kWh/m ²
DHW heating energy supply:		2,861.41 kWh
Solar energy contribution to DHW:		2,837.32 kWh
Energy from auxiliary heating:		366.8 kWh
Natural gas (H) savings:		349.1 m ³
CO2 emissions avoided:		738.21 kg
DHW solar fraction:		88.6 %
Relative savings of supplementary energy (DIN EN 12977):		89.5 %
System efficiency:		37.1 %

شكل 10. ملخص نتائج المحاكاة

الشمسي في عملية التسخين 2,837.32kWh، والعجز يقوم بتعويضه السخان الكهربائي بقيمة 366.8kWh.

يوضح الشكل (11)

مخطط انسياب الطاقة

من المجمع عند (1)

بقيمة 7,638 kWh

إلى الاستهلاك عند (9)

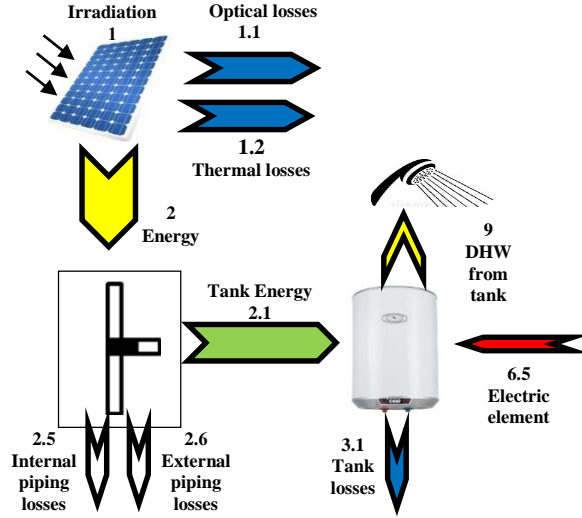
بقيمة 2,861 kWh،

وكذلك يعرض الجدول

(3) قيم المفايد

المختلفة للنظام خلال

كل مرحلة.



شكل 11. مخطط انسياب اصابه بالنظا،

جدول(3): الفوائد في نظام السخان الشمسي

7,638 kWh	Irradiation on to collector surface	1
2,283 kWh	Optical collector losses	1.1
1,755 kWh	Thermal collector losses	1.2
3,600 kWh	Energy from collector array	2
3,043 kWh	Solar energy to storge tank	2.1
237 kWh	Internal piping losses	2.5
320 kWh	External piping losses	2.6
548 kWh	Tank losses	3.1
367 kWh	Electric element	6.5
2,861 kWh	DHW energy from tank	9

بعد الانتهاء من عملية المحاكاة، يعرض الجدول (4) مقارنة بين السخان الشمسي بحساب

كمية NG الذي تم توفيره ونسبة انبعاثات غاز CO₂ المتجنب انبعاثها للوحدات الأرضية

والعمارات، والسخان الكهربائي بحساب KWh المستهلكة، حيث تبلغ الطاقة السنوية لأسرة تتكون من 6 أفراد تبلغ حوالي 3060KWh [12].

جدول(4): مقارنة النتائج السنوية بين السخان الشمسي والسخان الكهربائي

السخان الشمسي				
إجمالي النتائج لكافة الوحدات		وحدة سكنية واحدة		الوحدات السكنية
CO ₂ (Kg)	NG(m ³)	CO ₂ (Kg)	NG(m ³)	
536*10 ³	253*10 ³	738	349	الأرضية 727 وحدة
63*10 ³	30*10 ³	3,752	1,774	العمارة 17 وحدة
599*10 ³	283*10 ³	الإجمالي الكلي		
السخان الكهربائي				
اجمالي التكلفة (د.ل)	الإجمالي الكلي	وحدة سكنية واحدة	الوحدات السكنية	
50,734 د.ل	2.53 GWh	3,060 KWh	727+(17x6) وحدة	

7. الاستنتاجات:

- استخدام السخان الشمسي بديلاً عن الكهربائي لمجابهة العجز في التوليد خلال الذروة الصيفية والناجمة عن استخدام أجهزة التكييف. فالسخان الكهربائي من أكثر الأجهزة المنزلية استهلاكاً للكهرباء داخل المنزل، وبالتالي يعد استخدام السخان الشمسي من أهم تطبيقات كفاءة الطاقة الأكثر نجاعة لتوفير الكهرباء في القطاع السكني.
- يمكن التقليل من العجز الناتج عن التسخين خلال أشهر الشتاء المعتمدة عن طريق زيادة مساحة المجمع الشمسي إلى 5m²، وبهذا نعمل على تقليل مساهمة السخان الكهربائي فقط بـ 127KWh سنوياً. من ناحية أخرى يعتبر ذلك حلاً غير عملياً لكبير مساحة المجمع والذي سيشغل مساحة أكبر من سطح المبنى.
- العجز للسخان الشمسي يكون خلال أشهر الشتاء؛ وبالتالي يمكن زيادة معدلات الإشعاع الشمسي الساقط على اللوح بزيادة زاوية الميلان المثلى من 32.15° إلى 45°، حيث أن ذلك من شأنه يعمل على التقليل من مساهمة السخان الكهربائي إلى 353KWh.
- بزيادة درجة الحرارة المطلوبة لتسخين المياه من 45°C إلى 50°C، سوف تعمل على زيادة مساهمة السخان الكهربائي بنسبة 93%.

- عند تركيب أنظمة السخانات الشمسية للمجمع السكني للشركة الليبية للحديد والصلب فإن ذلك من شأنه أنه يساهم في توفير حوالي 2GWh من الطاقة الكهربائية وبالتالي توفير حوالي 283 ألف متر مكعب من الغاز الطبيعي سنوياً. بحيث تستفيد منه الدولة الليبية ببيعه بأسعار السوق العالمي نتيجة للطلب المتزايد عليه.
- تكلفة تسخين المياه باستخدام سخان الشمسي عن التعريف السكنية المدعومة من قبل الشركة العامة للكهرباء 20 dirhams/KWh تصل إلى أكثر من 50,000 د.ل [14].

جدول الاختصارات:

GHI	Global Harmonization Initiative
ICS	Integrated Collector Storage Systems
DHW	Domestic Hot Water
CO ₂	Carbon Dioxide
NG	Natural Gas

المراجع والمصادر:

- [1] عمر علي شنب، منصور سالم زغبين، ستار جابر العيساوي، محمد علي شتوان، معوقات استخدام الطاقات المتجددة في ليبيا، جامعة المرقب، ليبيا، 2016.
- [2] نصير توفيق علوان، "دراسة مختبرية حول تأثير شكل و تصميم السخانات الشمسية على الأداء الحراري"، مجلة التقني، المجلد 30، العدد 1، 2017.
- [3] الشركة الليبية للحديد والصلب-ليبيا-مصراته
- [4] علي أحمد المطردي، امحمد عبدالله الغزيل، مصعب عمر الجاهوني، دراسة وتحليل أداء مجمع شمسي مسطح عمليا حسب الظروف الجوية لمدينة مصراته، المجلة الدولية المحكمة للعلوم الهندسية وتقنية المعلومات، ديسمبر 2017، المجلد 4، العدد 1.
- [5] GECOL, Activity Report for Three Quarters of the Year 2019, GECOL 2020.
- [6] M. J. R. Abdunnabi, K. Dadesh, O. R. Mrehel, N. El-shamekh, Effect of Full Implementation of Domestic Solar Water Heaters on the Electricity Peak Load in Libya, Solar Energy and Sustainable Development, 2016, Volume (5), NO(2).
- [7] Salem.A.Al-Hashmi, Mohamed Sharif, Mohamed Elhaj, MoftahAlmrabet, The Future of Renewable Energy in Libya, University Bulletin, July 2017, ISSUE No.19- Vol. (3).

- [8] Ismaeel H. S. Hewedy, Nabil. E. Mansor, Khalid Ben Sauod
EVALUATION OF SOLAR ENERGY AND ITS APPLICATION
IN LIBYA, Global Libyan Journal, University of Benghazi, Faculty
of Education Al marj, May 2017, Vol.19.
- [9] Ahmed M.A. Mohamed, Amin Al-Habaibeh, Hafez Abdo, An
Investigation into the Current Utilization and Prospective of
Renewable Energy Resources and Technologies in Libya,
Renewable Energy, Elsevier, vol. 50(C), 2013, pages 732-740.
- [10] https://www.researchgate.net/publication/353342363_Planning_and_Analysis_for_Solar_Energy_in_Libya. تاريخ الدخول 2022-9-22
- [11] Sylvia Ntodeni, Emmanuel Innocents Edoun, Innovation through
the effects of solar water heating (SWH) in Africa, Environmental
Economics, 2017, Volume 8, Issue 3.
- [12] Mohammad Abdunnabi, Ibrahim Rohuma, EssamEndya,
EsmaeelBelal, Review on solar water heating in Libya, Solar Energy
and Sustainable Development, Sep. 2018, Volume (7).
- [13] User Manual, Design and Simulation of thermal solar systems,
T*SOL Pro Version 5.5.
- [14] <http://www.gecol.ly> تاريخ الدخول 2022-11-2م