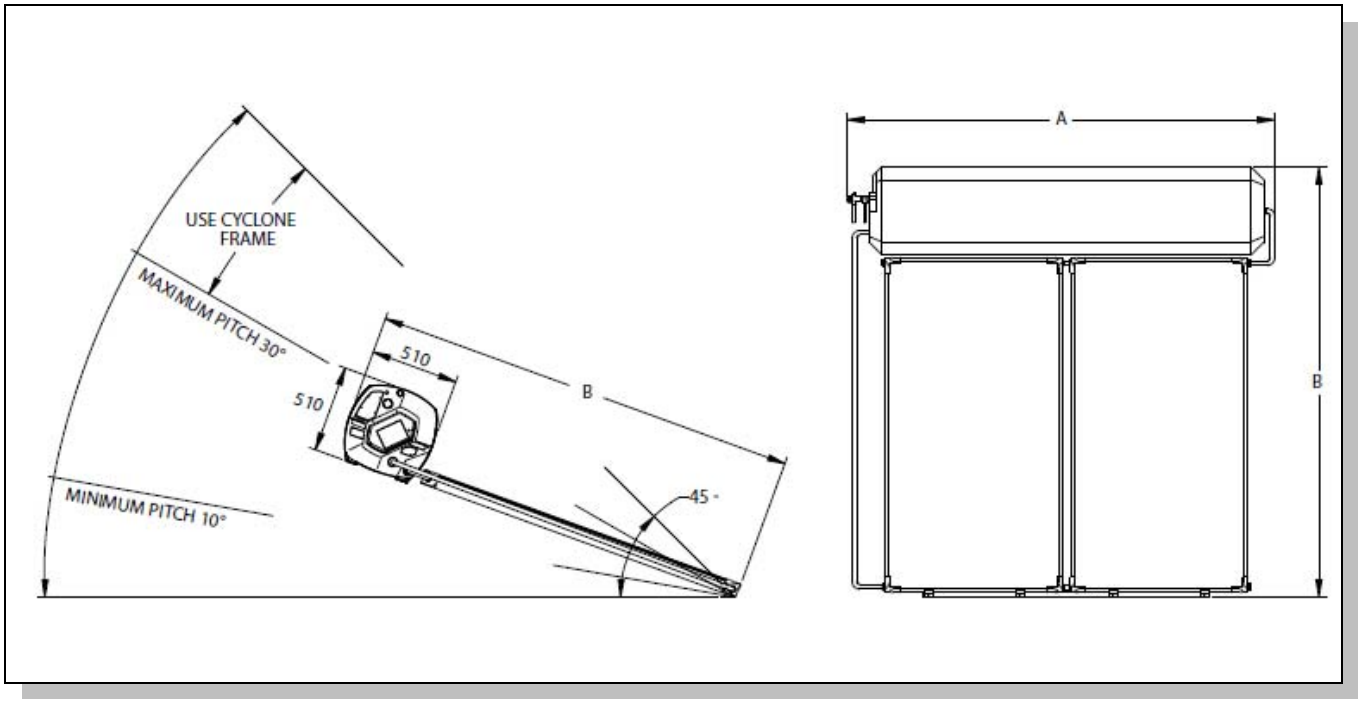


التطبيقات الحرارية للطاقة الشمسية

مزايا وفرص استخدام الطاقة الشمسية لتسخين المياه
تقييم التقانة والجدوى في الأردن وسورية

حزيران 2011

giz

Published by:
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Postfach 5180
65726 Eschborn
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15
E info@giz.de

Internet:
www.giz.de

Name of sector project:
Promotion of Innovation and Technology for SME in Near East

Author
Eng. Manfred Siebert, Energy & Environment Consultant, Germany

Printed and distributed by:
GIZ Regional Project Coordination Office

Syria, 2011

جدول المحتويات

جدول المختصرات 1
1 مقدمة 2
2 الطلب على الطاقة والحلول التقنية 3
2.1 إنتاج واستهلاك الطاقة 3
2.2 مصادر الطاقة البديلة 4
2.3 الحلول التقنية وخيارات تسخين المياه 5
2.4 الجانب الاقتصادي لأجهزة تسخين المياه بالطاقة الشمسية في البلدين 8
2.4.1 مقدمة عامة 8
2.4.2 الأردن 9
2.4.3 سورية 13
2.5 خطط الحوافز 17
3 النتائج 18
الملحق I: جدول التحويل 20
الملحق II: المراجع 21
الملحق III: حسابات الطلب على الطاقة 22

جدول المختصرات

C	Celsius
Cp	Capacity
DHW	Domestic Hot Water
EF	Efficiency factor
ET	Evacuated tube (collector)
FP	Flat plate (collector)
Gh	Annual daily average solar irradiance
Gt	Giga ton
GW	Giga watt
GWh	Giga watt hour
GWth	Giga Watt thermal
JD	Jordanian Dinar
K	Kelvin
Kcal	Kilo calorie
Kg	Kilo gram
koe	kilogram oil equivalent
KW	Kilo watt
KWh	Kilo watt hour
KWth	Kilo watt thermal
l	Liter
LPG	Liquefied petroleum gas
M	Hot water demand
m²	Square meter
MW	Mega watt
MWh	Mega watt hour
NERC	National Energy Research Center
oe	Oil equivalent
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
ppm	parts per million
SDWH	Solar domestic water heater
SWH	Solar water heater
SYP	Syrian Pound
t	(metric) ton
Ta	Ambient temperature (in °C)
Ti	Inlet temperature (in °C)
toe	tons of oil equivalent
Wh	Watt hour

1 مقدمة

مع اختلاف تقديرات مخزون الطاقة المتبقية غير المتجددة في أنحاء العالم، إلا أنه من الواضح بأن عهد استخدام الوقود الأحفوري سينقضي. تتزايد التوجهات الدولية نحو استبدال مصادر الطاقة النفطية بمصادر طاقة بديلة أفضل للبيئة وأكثر استدامة (متجددة). إلى جانب المتطلبات البيئية المتزايدة للتنمية المستدامة وحماية المناخ فإن المسألة الملحة هي ارتفاع أسعار الطاقة التي تؤثر على النمو الاقتصادي في جميع أنحاء العالم وتزيد من العبء الملقى على كاهل الحكومات التي تحاول إبقاء فاتورة استهلاك الطاقة للمواطن صغيرة من خلال المساعدات المالية والدعم/الإعانات.

اقترحت تطبيقات الطاقة الشمسية الحرارية كحل للإقلال من الاعتماد على مصادر الوقود النفطي لأن الإمكانات كبيرة للطاقة الشمسية في منطقة جنوب البحر الأبيض المتوسط فالطاقة الشمسية المتاحة تتراوح بين 2000 و3200 كيلووات ساعة لكل متر مربع سنوياً. إن أول تطبيق مباشر يقلل من استهلاك الطاقة التقليدية (الكهرباء والنفط والغاز الطبيعي) هو استخدام سخانات المياه الشمسية (SWH). لقد أصبحت تقنية استخدام الطاقة الشمسية لتسخين المياه واسعة الانتشار ويتم تطبيقها في العديد من البلدان في جميع أنحاء العالم، مع ذلك فلازالت هناك إمكانات كبيرة للتوسع. وعلى الرغم من أن التقانة واسعة الانتشار إلا أنه من جانب المستهلك هناك معرفة محدودة بفرص استخدام تقنيات تسخين المياه بالطاقة الشمسية ومميزات الأنظمة التي يتم تسويقها والتي تنعكس أيضا على أسعارها.

لاتزال هناك إمكانات كبيرة لتقنية الطاقة الشمسية الحرارية ويمكن أن يساهم نمو الطلب عليها في تحقيق الاستقرار لفرص العمل القائمة في هذا القطاع (والتي تغطي سلسلة الإنتاج بأكملها، وليس فقط مرحلة التجميع) إضافة إلى خلق فرص عمل جديدة في المستقبل. كما يمكن زيادة معدلات المبيعات والتركيب بشكل كبير في المستقبل من خلال حملات توعية موجهة بشكل جيد وتوفير إجراءات ائتمانية للمستهلك لتسهيل شراء هذه التقانة، وهذا سيؤثر إيجابياً على الحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من جانب وتخفيض الطلب المتزايد على الطاقة من جانب آخر.

أعدّ هذا الكتيب بهدف توفير معلومات أساسية حول هذه التقنية الواعدة التي يقلل من شأنها مع أنها يمكن أن تساهم بشكل كبير في النمو المتوقع لحصة الطاقات المتجددة في السوق خلال السنوات القادمة. هذه الوثيقة ليست دراسة شاملة لجميع جوانب استخدام تقنية الطاقة الشمسية الحرارية ولكنها تعتبر دليلاً للمستخدم يسلط الضوء على الميزات الفنية الأساسية ويشرح كيفية إجراء حسابات جدوى لأنظمة الطاقة الشمسية الحرارية المتوفرة ضمن شروط معينة.

2 الطلب على الطاقة والحلول التقنية

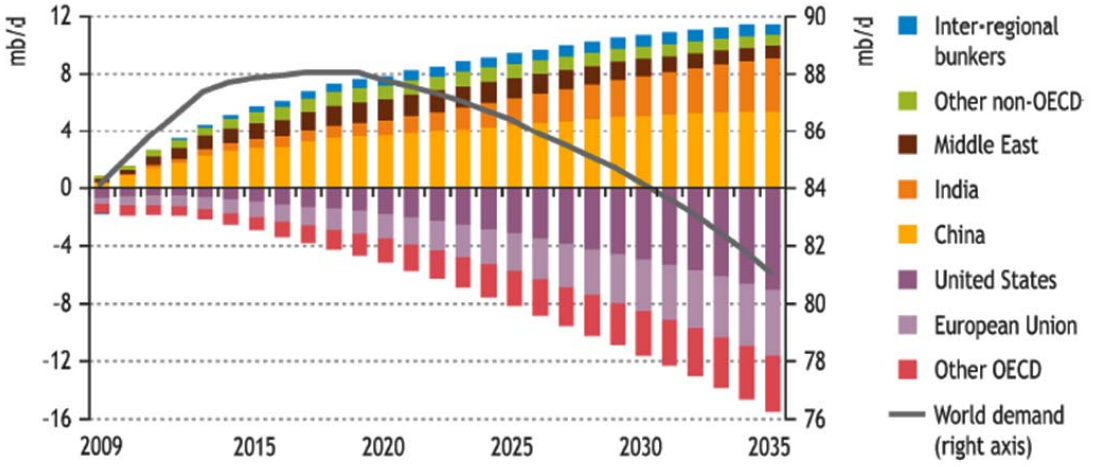
2.1 إنتاج واستهلاك الطاقة

ازداد الاستهلاك العالمي للطاقة من 8.9 بليون طن مكافئ نفط في عام 1990 إلى 12.5 بليون طن مكافئ نفط (+40%) بحلول عام 2007، وسوف يصبح قرابة الضعف في عام 2025 (16.1 بليون طن مكافئ نفط) بسبب النمو المستمر للسكان والاقتصاد[1].

بلغ إنتاج النفط 4.2 بليون طن مكافئ نفط سنوياً، وسوف يستمر في التزايد حتى 2018 ليبلغ 4.4 طن مكافئ نفط ثم سيتراجع ليصل إلى إنتاج 2008 بحلول عام 2030. من جانب آخر فإن الطلب على الطاقة سيتفاوت بين منطقة وأخرى. ففي حين أن الطلب في دول منظمة التعاون الاقتصادي سينخفض بشكل مستمر، إلا أنه يتزايد بشكل كبير في البلدان غير الأعضاء في المنظمة (الصين، الهند، الشرق الأوسط وغيرها). يعزى انخفاض الطلب على الطاقة في بلدان منظمة التعاون الاقتصادي إلى تحقيق تقدم ملحوظ في ترشيد استهلاك الطاقة (كفاءة الطاقة) وتزايد حصة استخدام الطاقات المتجددة.

من الواضح أن موارد الطاقة النفطية (النفط والغاز الطبيعي أو الفحم) محدودة وتتراوح الفترة حتى نضوبها بين بضعة عقود (النفط والغاز الطبيعي) وبضع مئات من السنين (الفحم). لكن التحدي لايقتصر فقط على ندرة موارد الطاقة، حيث ظهر تهديد آخر هو التغير المناخي. يستخدم الجزء الأكبر من موارد النفط في عمليات احتراق تقوم بتحويل الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون الذي يساهم بشكل كبير في الاحتباس الحراري. ويطلق نحو 30 غيغا طن من هذا الغاز سنوياً في الغلاف الجوي بسبب إحراق الفحم (43٪) والنفط (37٪) والغاز (20٪) ناهيك عن المصادر الأخرى لانبعاثات الغازات الدفيئة. للحد من الكوارث الطبيعية الناجمة عن تغيرات المناخ، ينبغي أن لايزيد متوسط ارتفاع الحرارة في العالم عن 2 درجة مئوية وهذا يتطلب أن يكون محتوى ثاني أكسيد الكربون في الهواء أقل من 450 جزء في المليون.

تغير الطلب على النفط وفق المناطق في السيناريو 450 مقارنة بعام 2008



المصدر: الوكالة الدولية للطاقة IEA- توقعات عام 2010

مازال الطلب على الطاقة في بلدان الشرق الأدنى يتزايد بمعدل نمو وسطي 4-6٪ سنوياً وفقاً لإحصاءات التنمية الاقتصادية. ومع أن الأرقام المتوفرة[2] للسنوات 2006-2008 تظهر معدل نمو أخفض إلا أنه من

[1] وفق حسابات الإدارة الأمريكية لمعلومات الطاقة (EIA)

[2] الوكالة الدولية للطاقة IEA

الممكن الافتراض بأن البلدان المعنية ستستعيد معدلات التنمية الاقتصادية ذاتها قبل بدء الأزمة المالية العالمية في 2008. يبين الجدول التالي استهلاك الطاقة للفرد في البلدان المختارة:

استخدام الطاقة (كغ مكافئ نفط للنسمة) في الأردن وسورية

البلد	2006	2007	2008	التوجه
الأردن	1235	1269	1215	↘
سورية	947	978	957	↘

إن متوسط استهلاك الطاقة للفرد الواحد هو حوالي 1000 كغ مكافئ نفط في السنة أي مايعادل 11630 كيلوواط ساعة. في عام 2008 بلغ استهلاك الكهرباء في الأردن وسورية 1314 كيلوواط ساعة و1183 كيلوواط ساعة على التوالي، وهو ما يعادل 10-16% من إجمالي الطاقة المستخدمة.

استهلاك الكهرباء خلال عام 2008

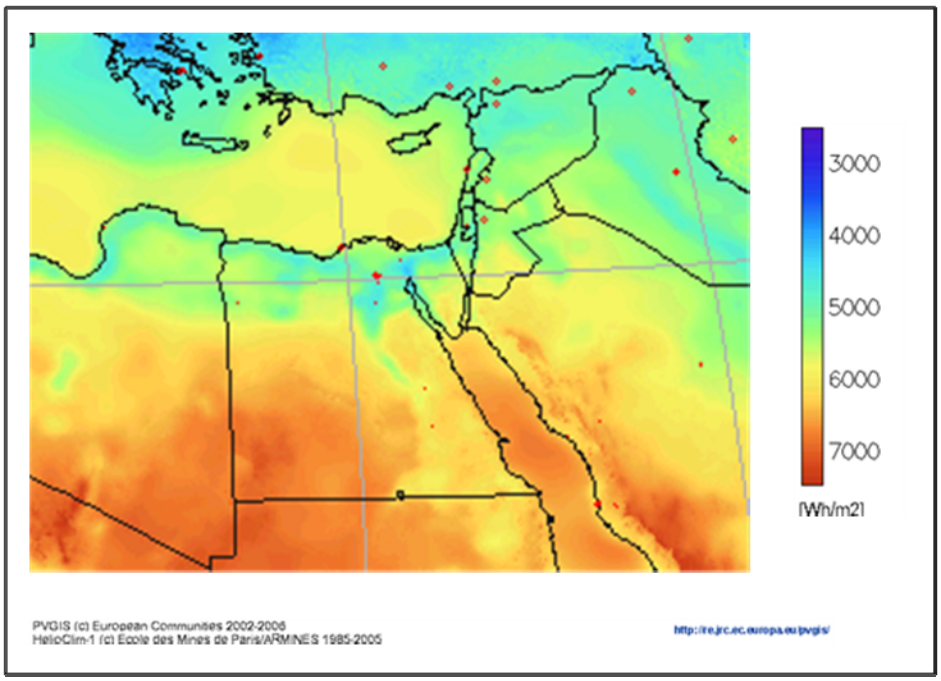
	الكهرباء غيغاواط ساعي/سنوياً	
الاستهلاك	الأردن	سورية
الصناعة	3 024	10 530
المناطق السكنية	4 459	16 092
الخدمات التجارية والعامة	2 489	0
الزراعة	1 713	0
الاستهلاك النهائي	**11 685**	**26 622**
عدد السكان	6 500 000	22 500 000
استهلاك الفرد بالكيلوواط ساعة	1798	1183
استهلاك الفرد من الطاقة المستخدمة في المناطق السكنية فقط	686	715

لكن توافر موارد الطاقة الأحفورية يختلف كثيراً من بلد إلى آخر. على سبيل المثال لاتزال سورية مصدرة للطاقة (5 مليون طن مكافئ نفط خلال عام 2010) في حين أن الأردن تضطر لاستيراد جميع موارد الطاقة تقريباً من الخارج (21 % من السلع المستوردة).

2.2 مصادر الطاقة البديلة

يتجه العالم بشكل متزايد نحو استبدال مصادر الطاقة الأحفورية بمصادر طاقة بديلة أفضل للبيئة وللتنمية المستدامة (متجددة). باستثناء طاقة الرياح فإن الشمس هي أهم مصدر للطاقة المتجددة، ولا سيما في البلدان الواقعة في "الحزام الشمسي" الذي يتميز بمعدل إشعاع شمسي مرتفع نسبياً (2800 - 3600 كيلوواط ساعة في السنة) وعدد أيام مشمسة كافٍ سنوياً. يبين الشكل التالي متوسط الطاقة الشمسية المتاحة للمتر المربع الواحد وهي نحو 5000-6000 واط ساعة بالمتر المربع في منطقة جنوب البحر المتوسط.

متوسط الإشعاع الشمسي اليومي في المتر المربع



2.3 الحلول التقنية وخيارات تسخين المياه

تعد أنظمة الطاقة الحرارية الشمسية إحدى أهم المصادر للطاقة المتجددة حيث أن الاستطاعة للأجهزة المستخدمة في العالم تتجاوز 190 غيغا واط حراري، وما زالت تظهر إمكانات نمو كبيرة. في عام 2004 كانت هناك علامة فارقة حيث اتفق خبراء الطاقة الشمسية الحرارية الدوليين على منهجية لتحويل مساحة اللاقط المستخدم (بالمتر المربع) إلى استطاعة حرارية شمسية (كيلو واط حراري). كذلك لازالت الأسواق العالمية تتوسع وهناك اعتقاد بأنه تم تركيب مامجموعه 107 مليون متر مربع تقريباً في العالم حتى الآن لتسخين مصادر مياه مختلفة.

إن المبدأ الأساسي المشترك لجميع أنظمة الطاقة الحرارية الشمسية بسيط: يتم تجميع الإشعاع الشمسي ونقل الحرارة باستخدام وسيط نقل حرارة (ماء، سائل خاص،..الخ). يمكن استخدام المادة الوسيطة بشكل مباشر (أنظمة ذات دورة/دارة مفتوحة) أو بشكل غير مباشر بواسطة مبادل حراري ينقل الحرارة إلى وجهتها النهائية (دورة/دارة مغلقة).

يمكن تطبيق الطاقة الشمسية الحرارية بنجاح في طيف واسع من متطلبات التسخين بما في ذلك تسخين المياه للاستخدام المنزلي والتدفئة، والتجفيف. ويجري تطوير تطبيقات جديدة وخاصة في مجال التبريد بمساعدة الطاقة الشمسية. كما يتم تحسين تصميم النظام وتكاليفه والعائد الشمسي باستمرار.

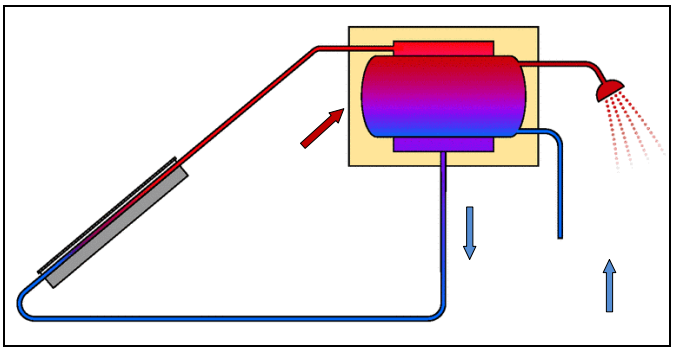
إن النظم المنزلية لتسخين المياه بالطاقة الشمسية (SDHW) تهيمن على الأسواق في المناطق ذات المناخ الدافئ. وقد تم تركيب كميات كبيرة منها في منطقة البحر الأبيض المتوسط، وكذلك في الصين. تتوفر نظم صغيرة للمساكن الفردية ونظم كبيرة (الجماعية) توفر المياه الساخنة لمجمع سكني من عدة منازل أو فندق أو بناء مكتبي...الخ.

لايزال تسخين المياه هو أهم تطبيقات الطاقة الشمسية الحرارية، ويتم تصميم الأجهزة المنزلية لتسخين المياه بالطاقة الشمسية بحيث توفر 100% من الماء الساخن المطلوب خلال فصل الصيف و 70-80% من الماء الساخن المطلوب خلال السنة. بعض هذه الأنظمة تزود بجهاز تسخين إضافي (احتياطي يعمل بالطاقة الكهربائية مثلاً) بحيث يسد النقص عندما تنخفض درجة حرارة الخزان دون الحرارة المطلوبة ويكون الإشعاع الشمسي منخفضاً.

يمكن التمييز بين مبدأين مختلفين لتصميم الأجهزة: باستخدام النقل بالحرارة Thermosiphons وبالنقل القسري. والاختلاف بينهما هو في كيفية دوران الماء بين اللاقط والخزان.

نظم السيفون الحراري thermosiphon (أو التدفق الطبيعي):

إن أنظمة التدفق الطبيعي تستخدم الجاذبية الأرضية لخلق دوران وسيط نقل الحرارة (الماء عادة) بين اللاقط والخزان. يتم تسخين الوسيط داخل اللاقط وبالتالي فإنه يرتفع لأعلى الخزان ويبرد ثم يعود ليتدفق إلى أسفل اللاقط. يؤخذ الماء الساخن للاستخدام المنزلي إما بشكل مباشر من الخزان أو بشكل غير مباشر من خلال مبادل حراري داخل الخزان. الفائدة الأساسية لنظام التدفق الطبيعي هي أنه يعمل بدون مضخة ووحدة تحكم وهذا يجعل النظام بسيطاً ومتيناً وذو كفاءة في التكلفة. يتمتع نظام النقل بالحرارة ذو التصميم الجيد بكفاءة عالية. ولكن مع هذا النوع من الأنظمة يجب أن يكون الخزان على ارتفاع اللاقط أو أعلى منه. في معظم هذه الأنظمة يثبت الخزان مع اللاقط وكلاهما على السطح. هذا النظام هو الأكثر شيوعاً في الأجواء الخالية من الصقيع في جنوب أوربا. يمكن استخدام المبدأ ذاته في أجواء أكثر برودة وعندها يجب تركيب الخزان داخل البناء.



نظام التدفق الطبيعي (المصدر SolarPraxis AG)

يتكون النظام النموذجي لتسخين المياه بالطاقة الشمسية (وفق مبدأ التدفق الطبيعي) لمسكن واحد من 2-5 متر مربع من اللواقط وخزان بسعة 100-200 ليتر.

نظم الدوران القسري:

هي الأكثر شيوعاً في أوروبا الوسطى والشمالية. ويمكن تركيب الخزان في أي مكان حيث تقوم مضخة بتدوير سائل نقل الحرارة. لذلك فإن دمج هذا النظام مع أنظمة التدفئة الأخرى – التي تركب غالباً في القبو - أسهل ولايتوجب وضع الخزان على السطح. ولكن المرونة تترافق مع مستوى أعلى من التعقيد: إن نظام الدوران القسري يحتاج إلى حساسات، ونظام تحكم ومضخة. النظام الذي يعمل بالدوران القسري ذو التصميم الجيد يظهر نفس الأداء العالي والوثوقية لنظام thermosiphon. يتكون النظام النموذجي لتسخين المياه بالطاقة الشمسية (وفق مبدأ الدوران القسري) لمسكن واحد من 3-6 متر مربع من اللواقط وخزان بسعة 150-400 ليتر.

أنواع اللواقط

لتجميع الطاقة الشمسية يتوفر نوعان مختلفان من اللواقط: اللواقط المسطحة واللواقط ذات الأنابيب المفرغة.

تتكون اللواقط المسطحة من لوحة ماصة – صفيحة من النحاس أو الألومنيوم، مدهونة أو مطلية باللون الأسود- ترتبط بأنابيب (مواسير) تحتوي على وسيط نقل الحرارة. توضع اللوحة الماصة والأنابيب معاً في إطار (معدني) معزول ويغطى بلوح زجاجي لحماية اللوحة الماصة وتشكيل طبقة عازلة من الهواء. المواد الأكثر استخداماً هي الصوف الصخري أو فوم العزل الصلب، والزجاج المقسى وإطار من الألمنيوم. ينبغي استخدام أطلية انتقائية للسطح selective-surface coatings بدلاً من الدهان الأسود لزيادة امتصاص الحرارة والاحتفاظ بها.

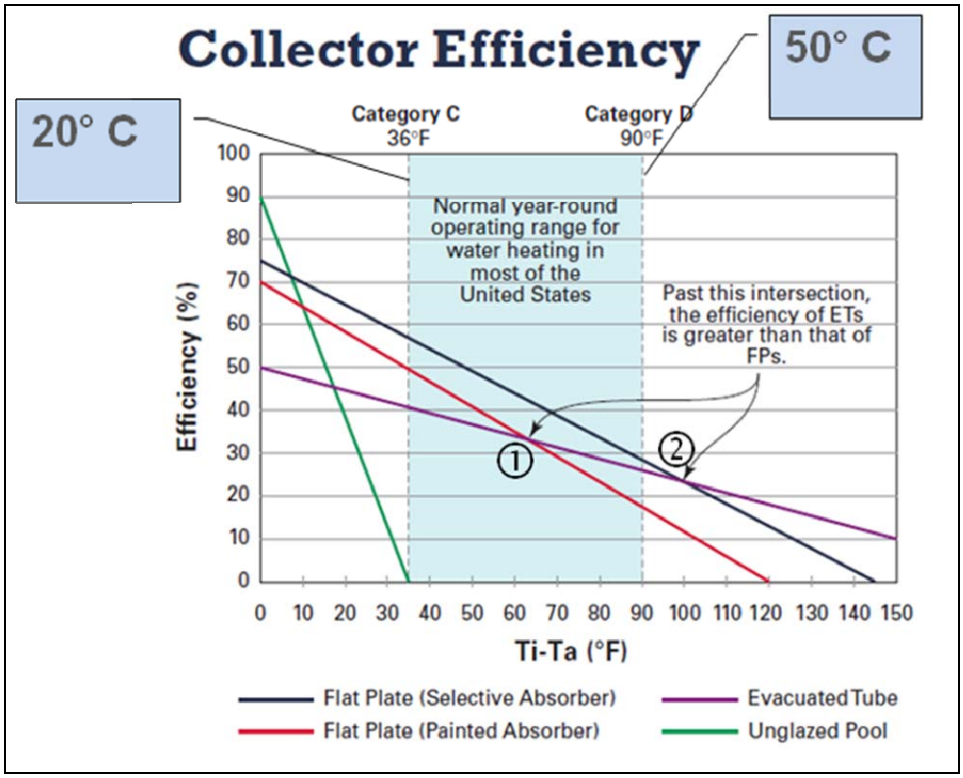
اللواقط ذات الأنابيب المفرغة هي التقنية الأكثر حداثة وتتوفر عدة أنواع تشترك في كونها تحتوي على أنبوب زجاجي يحيط بصفيحة ماصة (ترتبط بمبادل حراري) أو أنبوب ثانٍ يحتوي بداخله وسيط نقل الحرارة (الماء في أنظمة الدارة المفتوحة). بما أن الحيز داخل الأنبوب مفرغ من الهواء فإنه عازل أفضل بكثير من الهواء فإن هذه اللواقط تتميز بشكل عام بأنها تحتفظ بالحرارة بشكل أفضل من اللواقط المسطحة التي تحتوي على الهواء.

لكل من اللاقطين ميزاته وسيئاته وفي كثير من الحالات يمكن استخدام كل منهما للتطبيق ذاته.

أداء النظام

تعمل اللواقط بأعلى كفاءة عندما تكون درجة حرارة السائل الداخل (Ti) تساوي أو أخفض من درجة حرارة الهواء (Ta) في الجو المحيط. عندما تكون Ti تساوي Ta فإن كفاءة اللواقط المسطحة تكون حوالي 75%، وكفاءة اللواقط ذات الأنابيب المفرغة تكون حوالي 50% (القسم الأيسر من المخطط البياني). لكن اللواقط نادراً ماتعمل ضمن هذه الظروف. في معظم الأنظمة تعمل اللواقط في درجات حرارة أعلى من الجو المحيط بـ25-70 درجة مئوية للحصول على درجة حرارة 40-60 درجة مئوية أو أكثر في الخزان. مع تزايد درجة حرارة الماء الداخل فإن إمكانية نقل الحرارة من الماص إلى الهواء المحيط تتزايد (الحرارة المفقودة في الجو هي حرارة لا تنتقل إلى السائل داخل اللاقط) وبالنتيجة فإن الكفاءة تتناقص.

مخططات الكفاءة النموذجية للأنظمة المختلفة



المصدر: www.homepower.com

نظراً للعزل الفائق في الأنابيب المفرغة فإن منحني الكفاءة لهذا النوع من اللواقط- الذي يعبر عن الفاقد في الكفاءة مع تزايد الفرق بين درجة حرارة الماء الداخل ودرجة حرارة الجو المحيط (Ti-Ta)- ذو ميل أقل مقارنة بمنحني اللواقط المسطحة. إن اللواقط المسطحة ذات كفاءة أعلى عندما تكون Ti مساوية لـTa، ولكن منحني الكفاءة لكل من النوعين (الذي يتناقص بمعدل مختلف) سيتقاطع في نقطة (① و② في الشكل أعلاه) وبعدها مع تزايد Ti تكون اللواقط ذات الأنابيب المفرغة أكثر كفاءة. وتأثير هذا هو أن لواقط الأنابيب المفرغة قادرة على إنتاج درجات حرارة أعلى ويمكن أن تنتج حرارة أكثر في الطقس البارد. كذلك يكون أداء لواقط

الأنابيب المفرغة أفضل في الطقس الغائم أو مع هبوب الرياح والسبب كما عرفنا هو العزل الجيد الذي يحافظ على حرارة أكثر "في اللاقط".

خصائص الجودة

في الحقيقة فإن هناك عدة عوامل تؤثر على أداء الجهاز واستمراره. فبدءاً من معدل الشفافية للزجاج المستخدم (يفضل أن تكون أعلى من 95% مع معدل انعكاس منخفض) وانتهاءً بسماكة المواد المستخدمة في الصفيحة المعدنية المستخدمة لوحدة الامتصاص أو لإطار اللاقط. إن سماكة وكفاءة المواد العازلة المستخدمة تؤثر على الفقدان الحراري أثناء التخزين.

هناك مختبرات فحص مختصة معدّة للتحقق من جوانب الأداء والسلامة للأجهزة الموجودة في السوق. قد تختلف معايير الفحص من بلد لآخر ولكن إجراءات الفحص متماثلة تقريباً وتغطي الاختبارات التالية (كلياً أو جزئياً):

- تحمل الضغط الداخلي (هام في الأجهزة المضغوطة)
- مقاومة الحمل الميكانيكي (مقاومة فيزيائية تحاكي فترات الرياح الشديدة)
- تحمل الحرارة العالية (حتى في حالة عدم وجود ماء في النظام يجب أن يكون مستقراً ولا يظهر أية تشوهات)
- تحمل الصدمة الحرارية الداخلية والخارجية (يتم ضخ الماء البارد أو سكبه على سطح اللاقط)
- المقاومة للمطر/الكتامة (إذا تسرب المطر داخل اللاقط فإن هذا يؤثر بشكل كبير على الأداء)
- الأداء الحراري (الذي يعبر عن الطاقة الحرارية المنتجة للاقط ضمن شروط محددة)

إذا اجتاز اللاقط (أو الجهاز) الاختبارات عندها يمكن أن يحمل ملصق محدد. اللصاقات الأكثر شهرة هي الملصق الأوربي Solar Keymark والملصق الأمريكي SRCC. هناك شهادات جودة أخرى مستخدمة في سورية والأردن وهي تعطى للمنتج الذي يحقق المواصفات القياسية الوطنية.

أخيراً وليس آخراً، إن جودة العزل والصيانة الدولية ستؤثر بشكل كبير على مخرجات التجهيزات التي تشتريها. يمكن أن يكون هناك فقدان حراري بنتيجة تسريب مستمر، أو أن تمنع طبقة من الغبار على سطح اللاقط الشمس من الوصول إلى السطح الماص وتقلل نقل الحرارة. لذلك فإن استثمار بسيط في خدمات مابعد البيع يفيد في إطالة عمر الأجهزة المستخدمة.

2.4 الجانب الاقتصادي لأجهزة تسخين المياه بالطاقة الشمسية في البلدين

2.4.1 مقدمة عامة

من أهم العوامل التي تحدد الأداء المطلوب من جهاز تسخين المياه بالطاقة الشمسية المستخدم في المنازل مايلي:

- الموقع الجغرافي (الارتفاع)
- بيانات الأرصاد الجوية (عدد الساعات المشمسة سنوياً، متوسط درجة حرارة الجو، احتمال الصقيع في الشتاء)
- طريقة الاستخدام الفردية (عدد الأشخاص وكمية الماء الساخن المطلوبة أو "مخطط الحمل")

عندما تكون كمية الماء الساخن المطلوبة معروفة عندها يجب أن نأخذ بالاعتبار الحقائق التالية قبل اختيار جهاز تسخين المياه بالطاقة الشمسية:

1) المسألة الأولى التي تؤخذ بالاعتبار قبل تركيب جهاز الطاقة الشمسية في الموقع: توفر مساحات مشمسة في الموقع (ويفضل باتجاه الجنوب) عندها يكون الموقع مؤهلاً لتركيب جهاز الطاقة الشمسية. يمكن لاختصاصي تركيب محترف أن يقيم السطح في الموقع حيث سيتم تركيب اللواقط. إذا لم تكن هناك مساحة كافية على السطح فيجب تركيب نظام تسخين المياه بالطاقة الشمسية على الأرض.

2) المساحة المناسبة للسخان الشمسي الذي يوفر كمية كافية من الماء الساخن للمنزل. إن تحديد حجم الجهاز يتضمن تحديد المساحة الكلية للاقط وحجم الخزان اللازمين لتغطية 90-100% مما يحتاجه المنزل من الماء الساخن خلال فصل الصيف و(60-80% خلال الفصل البارد). يستخدم المختصون لأجهزة الطاقة الشمسية جداول عمل وبرامج حاسوبية للمساعدة في تحديد متطلبات الجهاز وحجم اللاقط. يبين الجدول التالي الخطوط العريضة لتحديد حجم السخان المناسب:

عدد الأفراد	3-2	5-4	أكثر من 5
حجم الخزان	160- 200	220- 250	300- 450
مساحة اللاقط بالمتر المربع:			
- المسطح	3-2	4-3	5-4
- ذو الأنابيب المفرغة	2	3	4

3) كلفة الجهاز وكلفة التشغيل سنوياً (الصيانة) مقارنة بكلفة الطاقة (الكهرباء، الديزل/المازوت، أو الغاز) للسخان التقليدي المستخدم حالياً وذلك لحساب التوفير الممكن.

4) أداء الجهاز الذي يحدد كفاءة تحويل الطاقة الشمسية المتوفرة إلى حرارة مفيدة (=الطاقة المستخلصة). يتوجب حساب الكلفة التقريبية للكيلواط الساعي (الحراري) اعتماداً على مواصفات الجهاز من أجل أخذ فكرة عن نسبة الكلفة إلى الفائدة. وقد لايكون الجهاز الأرخص هو الأفضل على المدى الطويل. إن متانة ومقاومة اللواقط المسطحة (15-20 سنة) للعديد من الأجهزة المصنعة محلياً مثبتة، ولكن المعلومات المتوفرة حول مقاومة اللواقط ذات الأنابيب المفرغة المستوردة بسعر رخيص قليلة. عندما يقدم المورد ضمانة لمدة خمس سنوات لأجهزته فهذا يشير إلى أن لديه الحد الأدنى من الثقة بالجهاز الذي يبيعه.

إن تحليل الكلفة والفائدة من استخدام سخان المياه بالطاقة الشمسية في البلدين المختارين يعتمد على نتائج دراستي الجدوى التي نفذتها م.سمر جابر (في الأردن) ورشا سيروب (في سورية).

لتبسيط تحليل الكلفة والفائدة في البلدين فإن سعر الشراء (الكلفة المبدئية) وكلفة صيانة السخانات التقليدية (باستخدام الكهرباء أو الديزل/المازوت أو الغاز) لم تؤخذ بعين الاعتبار.

2.4.2 الأردن

أعلن وزير الطاقة والثروة المعدنية بأن الأردن تولي اهتماماً خاصاً للطاقات المتجددة ومساهماتها في مجمل الطاقة وحدد الهدف بالوصول إلى 7% بحلول عام 2015 وحتى 10% بحلول عام 2020.

وحسب الإحصاءات الرسمية[3] فإن الأردن استهلكت 74 مليون طن مكافئ نفط خلال عام 2009 بما فيها البترول والغاز والكهرباء والطاقة المتجددة. وبلغت الكلفة الإجمالية 2.8 بليون دينار أردني.

تتمتع الأردن بوفرة الطاقة الشمسية مع معدل إشعاع شمسي يومي عالي نسبياً مقداره 5,6 كيلو واط ساعة/م2/يوم (1,942-2,139 كيلوواط ساعة/م2 سنوياً) لأنها واقعة على "الحزام الشمسي" بين درجتي الطول °29 و°32 شمالاً. والشمس تسطع أكثر من 300 يوم سنوياً وهذا يعتبر كافياً لتوفير طاقة كافية للتطبيقات الحرارية للطاقة الشمسية.

إن تقنيات سخانات المياه الشمسية معروفة منذ قامت الجمعية العلمية الملكية (RSS) بتصميم وإنتاج السخانات الشمسية في أوائل السبعينات حيث تم تركيب السخانات لاختبارها في أنحاء المملكة. بعد انتهاء فترة الاختبار،

[3] وكالة الطاقة الدولية (IEA)

بدأت شركتان أردنيتان بإنتاج سخانات المياه بالطاقة الشمسية وفقاً لمواصفات الجمعية العلمية الملكية في عام 1973 بمتوسط طاقة إنتاجية حوالي /50/ سخان سنوياً. تزايد عدد المنشآت الصغيرة المصنعة ووصل إلى /37/ في عام 1984 بمعدل إنتاج وسطي 12,284 سخان سنوياً. وفق إحصائيات غرف الصناعة فإن عدد الشركات المصنعة في عمان قد تناقص إلى /20/ وتم تسجيل شركتان جديدتان في الزرقاء. هناك ثلاثة شركات كبيرة فقط تنتج وفق المواصفات القياسية المحددة للجودة تحت إشراف الجمعية العلمية الملكية وماتبقى فهي ورشات إنتاج صغيرة.

ظهر مزودو تقنية الأنابيب المفرغة في 2006. هناك الآن أكثر من /20/ مزود يستوردون منتجاتهم من ألمانيا والنمسا وروسيا وإيطاليا والصين وتركيا. كذلك فإن معظم شركات التدفئة والتكييف والتهوية ومحلات مواد البناء تستورد أنظمة الأنابيب المفرغة من الصين.

ومع أن التقانة واسعة الانتشار وحاصلة على الموافقة الرسمية إلا أن هناك نقص في المعرفة بفرص استخدام تقنيات تسخين المياه بالطاقة الشمسية ومميزات السخانات المتوفرة التي تنعكس على أسعارها.

تم اختيار مثال الطلب على الطاقة لتسخين المياه في منزل يقطنه أربعة أشخاص كنموذج لتبيان طريقة تحديد السخان المناسب الذي يغطي حاجة الزبون. أجريت الحسابات لموقعين مختلفين مناخياً أحدهما ذو درجة حرارة وسطية /17 درجة مئوية/ (في الشمال) والآخر ذو درجة حرارة وسطية /24 درجة مئوية/ (في الجنوب)، حيث أن كمية الماء الساخن المطلوبة (بدرجة حرارة 40 مئوية) هي 200 و250 ليتر يومياً على الترتيب.

حسابات الطلب من الحرارة المفيدة

$$Q_{useful} = M \times (T_{use} - T_{omd}) \times C$$

معدل درجة الحرارة (مئوية)	T_{use} درجة حرارة الاستخدام	فرق درجتي الحرارة	اللواقط	M الطلب من الماء الساخن ليتر/يوم	الطلب من الحرارة باليوم	
					كيلو كالوري	كيلو واط ساعي
17	40	23	1	200	**4600**	**5,35**
24		16			**3200**	**3,72**
17	40	23	1	250	**5750**	**6,69**
24		16			**4000**	**4,65**

يتم حساب الوفر السنوي اعتماداً على الأسعار المعطاة للطاقة:

أسعار الطاقة (دينار أردني للوحدة)

الكهرباء (كيلوواط ساعي)	الديزل (ليتر)	الغاز(كغ)
0,113	0,515	0,52

تستخدم المعادلة التالية لحساب الطلب الحقيقي من الحرارة:

الطلب الحقيقي = كمية الحرارة المفيدة ÷ معامل الكفاءة EF

حيث معامل الكفاءة EF[4] يعبر عن معامل أداء الطاقة للسخان التقليدي.

يحسب الوفر السنوي بالمعادلة:

الوفر السنوي = (الطلب الحقيقي × كلفة الوقود × 365) ÷ القيمة الحرارية للوقود (الموافقة لمصدر الطاقة)

ويحسب الوفر السنوي الحقيقي كما يلي:

[4] يمثل معامل أداء الطاقة نسبة الطاقة الداخلة إلى الطاقة المنتجة. وكلما زادت كفاءة الجهاز ازداد المعامل (موجب وأقل من 1).

الوفر السنوي الحقيقي = الوفر السنوي – الصيانة وكلفة التشغيل

فيما يلي حسابات الوفر السنوي لمنزل فيه أربع أشخاص وبحيث أن الطلب على الطاقة متغير:

أ) 3500 كيلو كالوري (الطلب منخفض)

ب) 5000 كيلو كالوري (الطلب مرتفع)

نوع السخان	معامل الكفاءة	الطلب الحقيقي من الحرارة		القيمة الحرارية للوقود	الاستهلاك	الاستهلاك السنوي	الوفر السنوي
		كيلو كالوري باليوم		كيلو كالوري لكل كيلوواط ساعي	كيلو واط ساعي باليوم	كيلو واط ساعي	دينار أردني
كهرباء	0,85	4118	المنخفض	860	4,79	1748	**197**
		5882	المرتفع		6,84	2497	**282**
				كيلو كالوري / ليتر	ليتر باليوم	ليتر	
ديزل (مازوت)	0,5	7000	المنخفض	10700	0,65	239	**123**
		10000	المرتفع		0,93	341	**176**
				كيلو كالوري / كغ	كغ باليوم	كغ	
غاز	0,4	8750	المنخفض	11200	0,78	285	**148**
		12500	المرتفع		1,12	407	**212**

هناك أنواع مختلفة من أنظمة تسخين المياه بالطاقة الشمسية في السوق الأردنية، وتعتمد أسعارها بشكل رئيسي على التقنية المستخدمة وبلد المنشأ والملحقات مثل معدات التحكم وفترة الضمان. يبين الجدول التالي ملامح ماهو متوفر في السوق:

كلفة جهاز تسخين المياه بالطاقة الشمسية في الأردن

تقنية اللاقط	الأسعار بالدينار الأردني		
	الأخفض	الأعلى	الوسطي
المسطح	500	1,000	750
الأنابيب المفرغة	1,000	1,500	1,250

مع أن هذه الأسعار عادة أعلى من كلفة السخان الكهربائي أو الذي يعمل بالديزل (مازوت) أو الغاز إلا أن كلفة أنظمة تسخين المياه بالطاقة الشمسية اليوم تعتبر منافسة عند الأخذ بالاعتبار الكلفة الكلية للطاقة خلال فترة حياة الجهاز. اعتماداً على حسابات الوفر السنوي الذي تم حسابه (وباعتبار أن كلفة صيانة السخان الشمسي هي 1% سنوياً) ومن أجل الطلب المنخفض والطلب المرتفع يمكن حساب فترة استرداد رأس المال payback لسخانين كما هو مبين في الجدول أدناه.

كلفة السخانات وحسابات فترة استرداد رأس المال لسخان ذو <u>لاقط مسطح</u>

كلفة السخان	**750,00**
الصيانة (سنوياً)	**7,50**

السخان	الوفر السنوي (دينار أردني)		الصيانة (دينار أردني)	الوفر الحقيقي (دينار أردني)	فترة الاسترداد (سنة)
كهرباء	منخفض	197,48	7,50	189,98	**3,95**
	مرتفع	282,11		274,61	**2,73**
ديـــــزل (مازوت)	منخفض	122,97		115,47	**6,49**
	مرتفع	175,68		168,18	**4,46**
غاز	منخفض	148,28		140,78	**5,33**
	مرتفع	211,83		204,33	**3,67**

كلفة السخانات وحسابات فترة استرداد رأس المال لجهاز ذو <u>أنابيب مفرغة</u>

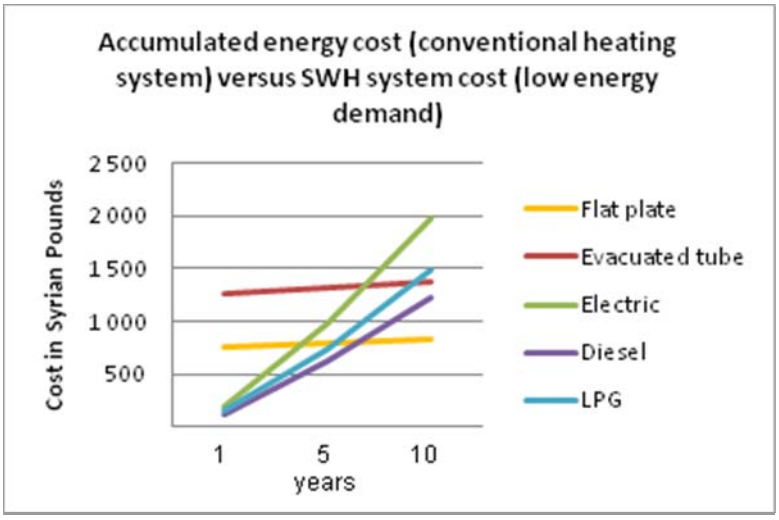
كلفة الجهاز	**1250,00**
الصيانة (سنوياً)	**12,50**

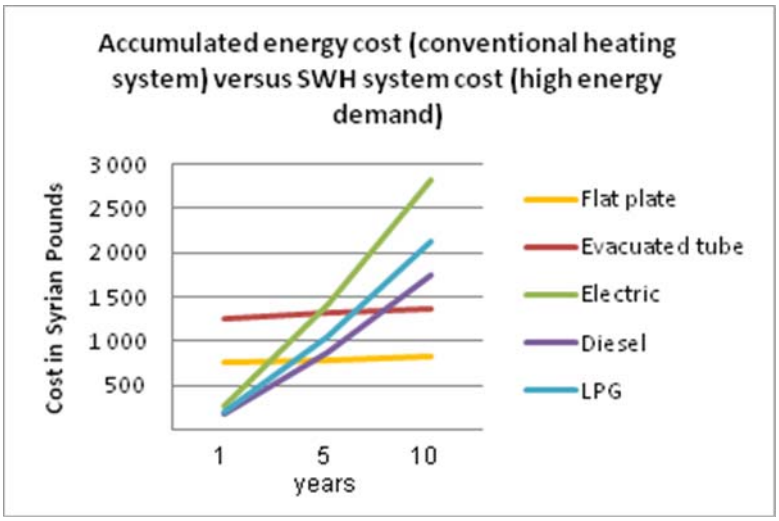
السخان	الوفر السنوي (دينار أردني)		الصيانة (دينار أردني)	الوفر الحقيقي (دينار أردني)	فترة الاسترداد (سنة)
كهرباء	منخفض	197,48	12,50	184,98	**6,76**
	مرتفع	282,11		269,61	**4,64**
ديـــــزل (مازوت)	منخفض	122,97		110,47	**11,31**
	مرتفع	175,68		163,18	**7,66**
غاز	منخفض	148,28		135,78	**9,21**
	مرتفع	211,83		199,33	**6,27**

كلفة الطاقة التراكمية (سخانات تقليدية) مقارنة بكلفة جهاز تسخين المياه بالطاقة الشمسية خلال عشرة سنوات (بالدينار الأردني)

السخان	الطلب على الطاقة					
	منخفض			مرتفع		
	الفترة الزمنية			الفترة الزمنية		
	1	5	10	1	5	10
لاقط مسطح	758	788	825	758	788	825
أنابيب مفرغة	1,263	1,313	1,375	1,263	1,313	1,375
كهرباء	197	987	1,975	282	1,411	2,821
مازوت	123	615	1,230	176	878	1,757
غاز	148	741	1,483	212	1,059	2,118

اعتماداً على القيم المحسوبة في الجدول السابق تبين الأشكال التالية بوضوح أن نقطة التعادل breakeven للاستثمار في تقنية تسخين المياه بالطاقة الشمسية هي حوالي 4-6 سنوات (لاقط مسطح) أو 6-10 سنوات (أنابيب مفرغة) في حالة الطلب المنخفض، وهي 3-5 سنوات أو 4-7 سنوات على الترتيب في حالة الطلب المرتفع.





2.4.3 سورية

تحظى سورية بإمكانيات جيدة للطاقة الشمسية لأنها تقع على "الحزام المشمس" بين خطي العرض 32° و37° شمال خط الاستواء. ومعدل الإشعاع الشمسي الأفقي الكلي في سورية هو 5 كيلوواط ساعي/متر مربع باليوم أو 1,8 ميغاواط ساعي/متر مربع سنوياً. يتراوح معدل تدفق الإشعاع الشمسي بين 4,4 كيلواط ساعي/متر مربع باليوم في المناطق الجبلية والغربية إلى 5,2 كيلواط ساعي/متر مربع باليوم في مناطق الصحراء والبادية. وتتراوح ساعات الجو المشمس سنوياً أيضاً بين 2,820 إلى 3,270 ساعة.

إن تقنيات تسخين المياه بالطاقة الشمسية معروفة منذ الثمانينات حيث بدأت الشركات السورية بإنتاج الأجهزة وفق المواصفات السورية. إن عدد مصنعي أجهزة تسخين المياه بالطاقة الشمسية قليل نسبياً حيث وردت /7/ شركات فقط في استبيان قام به المركز الوطني لبحوث الطاقة في عام 2010.

ظهر مزودو تقنية الأنابيب المفرغة مؤخراً وهم يهيمنون على السوق حيث يستوردون منتجاتهم بشكل أساسي من الشرق البعيد (الصين).

مع أن التقانة واسعة الانتشار وحاصلة على الموافقة الرسمية إلا أن هناك نقص في المعرفة بفرص استخدام تقنيات تسخين المياه بالطاقة الشمسية ومميزات الأجهزة المتوفرة التي تنعكس على أسعارها.

تعتمد كلفة جهاز تسخين المياه بالطاقة الشمسية على نوع النظام وكيفية استخدامه (تسخين المياه يستهلك 14-25% من إجمالي الطاقة المستهلكة في المنازل)، والاستثمار في الجهاز كبير لكنه مجدٍ حيث أنه يمكن أن

يخفض فاتورة تسخين المياه الشهرية إضافة إلى أنه يساعد في حماية البيئة من خلال استخدام استراتيجيات كفؤة لتسخين المياه.

تم اختيار مثال الطلب على الطاقة لتسخين المياه في منزل يقطنه أربعة أشخاص كنموذج لتبيان طريقة تحديد الجهاز المناسب الذي يغطي حاجة الزبون. أجريت الحسابات لموقعين مختلفين مناخياً أحدهما ذو درجة حرارة وسطية /15 درجة مئوية/ (في الشمال) والآخر ذو درجة حرارة وسطية /20 درجة مئوية/ (في الجنوب)، حيث أن كمية الماء الساخن المطلوبة (بدرجة حرارة 40 مئوية) هي 150 و200 ليتر يومياً على الترتيب.

حسابات الطلب من الحرارة المفيدة

$$Q_{useful} = M \times (T_{use} - T_{omd}) \times C$$

معدل درجة الحرارة (مئوية)	T_{use} درجة حرارة الاستخدام	فرق درجتي الحرارة	اللواقط	M الطلب من الماء الساخن ليتر/يوم	الطلب من الحرارة باليوم	
					كيلو كالوري	كيلو واط ساعي
15	40	25	1	150	**3750**	**4,36**
20		20			**3000**	**3,49**
15	40	15	1	200	**5000**	**5,81**
20		20			**4000**	**4,65**

يتم حساب الوفر السنوي اعتماداً على الأسعار المعطاة للطاقة:

أسعار الطاقة (ليرة سورية للوحدة)

الكهرباء (كيلوواط ساعي)	الديزل (ليتر)	الغاز(كغ)
3	20	21

تستخدم المعادلة التالية لحساب الطلب الحقيقي من الحرارة:

الطلب الحقيقي = كمية الحرارة المفيدة ÷ معامل الكفاءة EF

حيث معامل الكفاءة EF[5] يعبر عن معامل أداء الطاقة للسخان التقليدي.

يحسب الوفر السنوي بالمعادلة:

الوفر السنوي = (الطلب الحقيقي × كلفة الوقود × 365) ÷ القيمة الحرارية للوقود (الموافقة لمصدر الطاقة)

ويحسب الوفر السنوي الحقيقي كما يلي:

الوفر السنوي الحقيقي = الوفر السنوي – الصيانة وكلفة التشغيل

فيما يلي حسابات الوفر السنوي لمنزل فيه أربع أشخاص وبحيث أن الطلب على الطاقة متغير:

أ) 3200 كيلو كالوري (الطلب منخفض)

ب) 4500 كيلو كالوري (الطلب مرتفع)

[5] يمثل معامل أداء الطاقة نسبة الطاقة الداخلة إلى الطاقة المنتجة. وكلما زادت كفاءة الجهاز ازداد المعامل (موجب وأقل من 1).

نوع السخان	معامل الكفاءة	الطلب الحقيقي من الحرارة		القيمة الحرارية للوقود	الاستهلاك	الاستهلاك السنوي	الوفر السنوي
		كيلو كالوري باليوم		كيلو كالوري لكل كيلوواط ساعي	كيلو واط ساعي باليوم	كيلو واط ساعي	ليرة سورية
كهرباء	0,85	3765	المنخفض	860	4,38	1598	**4793**
		5294	المرتفع		6,16	2247	**6741**
				كيلو كالوري / ليتر	ليتر باليوم	ليتر	
مازوت	0,50	6400	المنخفض	10700	0,60	218	**4366**
		9000	المرتفع		0,84	307	**6140**
				كيلو كالوري / كغ	كغ باليوم	كغ	
غاز	0,40	8000	المنخفض	11200	0,71	261	**5475**
		11250	المرتفع		1,00	367	**7699**

هناك أنواع مختلفة من أنظمة تسخين المياه بالطاقة الشمسية في السوق السورية، وتعتمد أسعارها بشكل رئيسي على التقنية المستخدمة وبلد المنشأ والملحقات مثل معدات التحكم وفترة الضمان. يبين الجدول التالي ملامح ماهو متوفر في السوق:

كلفة جهاز تسخين المياه بالطاقة الشمسية في سورية

تقنية اللاقط	الأسعار بالليرة السورية		
	الأخفض	الأعلى	الوسطي
المسطح	45,000	70,000	57,500
الأنابيب المفرغة	20,000	35,000	27,500

مع أن هذه الأسعار عادة أعلى من كلفة السخان الكهربائي أو الذي يعمل بالمازوت أو الغاز إلا أن كلفة أنظمة تسخين المياه بالطاقة الشمسية اليوم تعتبر منافسة عند الأخذ بالاعتبار الكلفة الكلية للطاقة خلال فترة حياة الجهاز. اعتماداً على حسابات الوفر السنوي الذي تم حسابه (وباعتبار أن كلفة صيانة جهاز الطاقة الشمسية هي 1% سنوياً) ومن أجل الطلب المنخفض والطلب المرتفع يمكن حساب فترة استرداد رأس المال payback لجهازين كما هو مبين في الجدول أدناه.

كلفة السخانات (بالليرة السورية) وحسابات فترة استرداد رأس المال لجهاز ذو <u>لاقط مسطح</u>

كلفة الجهاز	**57,500**
الصيانة (سنوياً)	**575**

السخان	الوفر السنوي (ليرة سورية)		الصيانة (ليرة سورية)	الوفر الحقيقي (ليرة سورية)	فترة الاسترداد (سنة)
كهرباء	4,793	منخفض	575	4,218	**13.63**
	6,741	مرتفع		6,166	**9.33**
مازوت	4,366	منخفض		3,791	**15.17**
	6,140	مرتفع		5,565	**10.33**
غاز	5,475	منخفض		4,900	**11.73**
	7,699	مرتفع		7,124	**8.07**

كلفة السخانات (بالليرة السورية) وحسابات فترة استرداد رأس المال لجهاز ذو <u>أنابيب مفرغة</u>

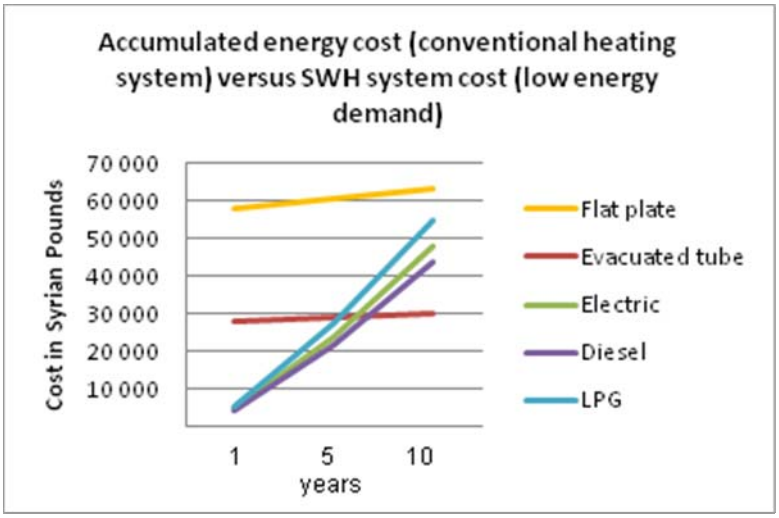
كلفة الجهاز	**27,500**
الصيانة (سنوياً)	**275**

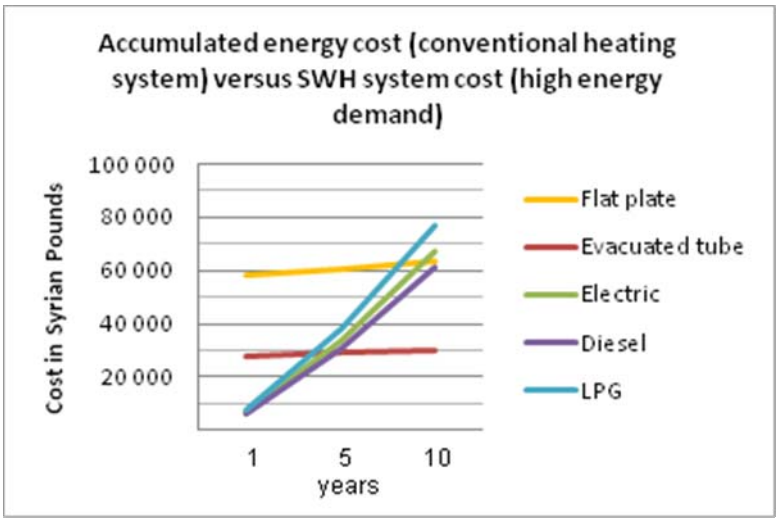
السخان	الوفر السنوي (ليرة سورية)		الصيانة (ليرة سورية)	الوفر الحقيقي (ليرة سورية)	فترة الاسترداد (سنة)
كهرباء	منخفض	4,793	275	4,518	**6.09**
	مرتفع	6,741		6,466	**4.25**
مازوت	منخفض	4,366		4,091	**6.72**
	مرتفع	6,140		5,865	**4.69**
غاز	منخفض	5,475		5,200	**5.29**
	مرتفع	7,699		7,424	**3.70**

كلفة الطاقة التراكمية (سخانات تقليدية) مقارنة بكلفة جهاز تسخين المياه بالطاقة الشمسية خلال عشرة سنوات (بالليرة السورية)

الطلب على الطاقة						
منخفض			منخفض			
الفترة الزمنية			الفترة الزمنية			السخان
10	5	1	10	5	1	
63,250	60,375	58,075	63,250	60,375	58,075	لاقط مسطح
30,250	28,875	27,775	30,250	28,875	27,775	أنابيب مفرغة
67,408	33,704	6,741	47,934	23,967	4,793	كهرباء
61,402	30,701	6,140	43,664	21,832	4,366	مازوت
76,992	38,496	7,699	54,750	27,375	5,475	غاز

اعتماداً على القيم المحسوبة في الجدول السابق تبين الأشكال التالية بوضوح أن نقطة التعادل breakeven للاستثمار في تقنية تسخين المياه بالطاقة الشمسية هي حوالي 5-8 سنوات (أنابيب مفرغة) أو أكثر من 10 سنوات (لاقط مسطح) في حالة الطلب المنخفض، وهي 3-5 سنوات أو 8-10 سنوات على الترتيب في حالة الطلب المرتفع.





2.5 خطط الحوافز

إن تقديم الدعم للطاقة هي استجابة الحكومة للحفاظ على فاتورة المستهلك في حدود معينة، ولكن هذا يشكل عبئاً على الموازنة العامة. للخروج يمكن للحوافز التي تعطى للاستثمار في معدات الطاقات المتجددة أن تكون السبيل للخروج من هذه المعضلة لأن استخدام الطاقة الشمسية يمكن أن يساهم في خفض استهلاك الوقود الأحفوري (مما يقلل الدعم). تظهر المناهج المختلفة والأمثلة من أوروبا ومن منطقة الشرق الأوسط بأن هناك اهتمام عام بالحد من استهلاك الطاقة التقليدية من خلال تقديم حوافز لاستخدام الطاقة المتجددة (في هذه الحالة الطاقة الشمسية الحرارية). وتقدم العديد من البلدان الأوروبية خطط حوافز (دعم) لتحفيز سوق تطبيقات الطاقة الشمسية الحرارية والوصول إلى حصة سوق أكبر لهذه التكنولوجيا الصديقة للبيئة بشرط تحقيق حد أدنى من الجودة.

أحد البرامج المشهورة في منطقة الشرق الأوسط هو PROSOL في تونس[6]. أطلق مشروع PROSOL في عام 2005 برعاية وزير الصناعة والطاقة والمؤسسات الصغرى والمتوسطة التونسي بالتعاون مع الوكالة الوطنية لترشيد الطاقة (ANME) ، بدعم من المبادرة المالية UNEPMEDREP. كان الهدف من PROSOL تنشيط سوق أنظمة تسخين المياه بالطاقة الشمسية المتراجع في تونس بعد انتهاء مشروع مرفق البيئة العالمية GEF (برنامج تمويل). إن المكوّن المبتكر لـPROSOL تكمن في قدرته على إشراك جميع المعنيين بالقطاع بفعالية وخاصة القطاع المالي الذي تحول إلى قوة فاعلة رئيسية لترويج استخدام الطاقة النظيفة والتنمية المستدامة. من خلال تحديد فرص إقراض جديدة بدأت البنوك ببناء محفظة قروض خاصة مما ساعد في التحول من سوق نقدي إلى سوق ائتمان.

تتلخص المميزات الرئيسية لخطة الدعم (الحوافز) PROSOL بما يلي:

- آلية إقراض للزبائن المحليين الذين سيشترون أجهزة تسخين المياه بالطاقة الشمسية بحيث يتم سدادها من خلال فاتورة الكهرباء
- دعم بمبلغ مالي يصل حتى 100 دينار (57 يورو) للمتر المربع من الحكومة التونسية
- معدلات فوائد مخفضة للقروض

[6] تقرير ورشة GTZ في عام 2009 بعنوان "التطبيقات الحرارية للطاقة الشمسية في مصر، الأردن، لبنان، المناطق الفلسطينية، سورية، وتونس: الجوانب الفنية، الشروط المحيطة، واحتياجات القطاع الخاص"

تم تطوير عدة تدابير مرافقة تشمل: الترويج لجانب العرض، إنشاء نظام ضبط للجودة، حملة توعية، برنامج بناء قدرات، وتمويل لتخفيض انبعاثات الكربون. بالإضافة إلى الوكالة الوطنية لترشيد الطاقة ANME فإن الشركاء هم:

- مؤسسة الكهرباء والغاز في تونس
- البنك التجاري الذي يمنح أفضل شروط للقروض (وفق مناقصة)
- المزودون من مصنعين ومستوردين لأجهزة تسخين المياه بالطاقة الشمسية
- القائمين على تركيب أنظمة تسخين المياه بالطاقة الشمسية
- نقابة الطاقات المتجددة

آلية عمل خطة التمويل

في منهج PROSOL فإن قروض أجهزة تسخين المياه الشمسية يقودها المزودون بفعالية حيث أنهم مقرضون لزبائنهم بشكل غير مباشر. تبدأ العملية عندما يقرر الزبون شراء جهاز من أحد المزودين المعتمدين. تجدر الإشارة هنا إلى أن PROSOL محصور بالمزودين المعتمدين من ANME فقط، إضافة إلى متطلبات فنية ومعايير أداء محددة يحققها الجهاز كما هو وارد في كتيب مرجعي أعدته ANME. يمكن للزبائن الذين لديهم عقد مع مؤسسة الكهرباء والغاز فقط أن يتقدموا بطلباتهم للبرنامج حيث يقوم الزبون بتوقيع استمارة تعهد بتسديد القرض ويسمح للمؤسسة بقطع الكهرباء في حالة عدم الدفع. بعد ذلك يتم تركيب جهاز تسخين المياه بالطاقة الشمسية في منزل الزبون. يدفع الزبون جزءاً بسيطاً فقط من كلفة الجهاز اعتماداً على نوع القرض الذي يختاره. وبعد التركيب يحصل المزود على:

- دفعة الدعم من ANME مقدارها 200 دينار (114 يورو) لجهاز 200 ليتر أو 400 دينار (228 يورو) لجهاز 300 ليتر
- دفعة من البنك مقدارها 750 دينار (428 يورو) لجهاز 200 ليتر أو 950 دينار (542 يورو) لجهاز 300 ليتر.

يقوم الزبون بسداد القرض على مدى خمس سنوات من خلال فاتورة الكهرباء التي تصدر كل شهرين من قبل مؤسسة الكهرباء والغاز التونسية. ضمن هذا المنهج فإن البنك ليس لديه أي اتصال مباشر مع الزبون وهو المستفيد النهائي من القرض بل يتعامل مع مزودي الأجهزة. هذه الترتيبات غير المألوفة فيها نوعين من الضمان:

- ضمان قروض الزبائن من قبل مؤسسة الكهرباء والغاز التونسية للبنك
- لايمكن للزبائن التخلف عن الدفع بسهولة لأن المؤسسة توقف تزويدهم بالتيار الكهربائي

3 النتائج

ينتشر استخدام أنظمة الطاقة الشمسية الحرارية باطراد وخاصة في البلدان حيث أسعار الطاقة مرتفعة، والصين في طليعة العالم تستأثير بما يزيد عن 60% من مجموع مساحات اللواقط وبـ75% من الطاقة الإنتاجية. عدد السخانات التي تم تركيبها تضاعف تقريباً خلال السنوات الخمس الأخيرة من 80 إلى 150 مليون متر مربع ولايزال في ازياد.

في بلدان الشرق الأوسط لاتزال العوائق المالية مرتفعة نسبياً. ولايزال شراء تجهيزات الطاقة الشمسية الحرارية تحياً لعائلة ذات دخل متوسط. في مثل هذه الحالة فإن خطة دعم حكومية وقروض بفوائد بسيطة يمكن

أن تحفز السوق، كما يمكن أن يلزم كود المباني الكفؤة بتركيب تقنيات تسخين المياه بالطاقة الشمسية في المباني الجديدة.

بدلاً من تقديم الدعم لما يستهلك من طاقة تقليدية (نفط) يجدر بالحكومات تشجيع الناس على استخدام الطاقة الشمسية المتاحة من خلال تركيب سخان شمسي للمياه. إن استخدام سخان مياه واحد بخزان سعته 100 ليتر يمكن للمواطنين الاستغناء عن الاستهلاك من الكهرباء في المنازل مما يؤثر بشكل كبير في توفير 1500 كيلوواط ساعي من الكهرباء لكل منزل وهذا من شأنه أن يمنع انبعاث 1,5 طن من ثاني أكسيد الكربون. إضافةً إلى ذلك فإن استخدام آلف من هذه السخانات سيكون له تأثير إجمالي في تخفيض الحمل الأعظمي بمقدار 1 ميغاواط من الكهرباء.

الملحق I: جدول التحويل

1 metric tonne = 2204.62 lb.= 1.1023 short tons
1 barrel (bbl) = 159 l
1 tonne oil equivalent (toe) = 7.3 barrels
1 kilocalorie (kcal) = 4.187 kJ = 3.968 Btu
1 kilojoule (kJ) = 0.239 kcal = 0.948 Btu
1 British thermal unit (Btu) = 0.252 kcal = 1.055 kJ
1 kilowatt-hour (kWh) = 860 kcal = 3600 kJ = 3412 Btu

Calorific equivalents
One tonne of oil equivalent (toe) equals approximately:

Heat units	10 million kilocalories 42 gigajoules 40 million Btu
Solid fuels	1.5 tonnes of hard coal 3 tonnes of lignite
Gaseous fuels	See natural gas and LNG table
Electricity	12 megawatt-hours
One million tonnes of oil produces about 4400 GWh (=4.4 terawatt hours) of electricity in a modern power station.	

الملحق II: المراجع

1) International Energy Agency (iea), energy report 2010
2) BP statistical review of world energy consumption, 2010
3) GTZ, workshop report 2009, “Solar thermal application in Egypt, Jordan, Lebanon, Palestinian Territories, Syria and Tunisia: Technical aspects, framework conditions and private sector needs”
4) Samar JABER on behalf of GIZ, 2011, “Feasibility study for the Domestic Solar Water Heaters (SWH) in Jordan”
5) Rasha SIROP on behalf of GIZ, 2011, “Feasibility study for the Domestic Solar Water Heaters (SWH) in Syria”
6) Brian Mehalic, 2009, home power 132, “thermal collectors”

عناوين إنترنت مفيدة

International energy agency, www.iae.org
British Patrol (BP), http://www.bp.com/productlanding.do?categoryId=6929&contentId=7044622
European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF), http://www.estif.org/

الملحق III: حسابات الطلب على الطاقة

Energy demand calculation

Energy demand to heat: Water Capacity: 4,18 KJ per Kg and 1 °C temperature rise

Specifications in KJ pro Kg

		To (°C)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
From (°C)	10	0	41,8	83,6	125,4	167,2	209	250,8	292,6	334,4
	20		0	41,8	83,6	125,4	167,2	209	250,8	292,6
	30			0	41,8	83,6	125,4	167,2	209	250,8
	40				0	41,8	83,6	125,4	167,2	209
	50					0	41,8	83,6	125,4	167,2
	60						0	41,8	83,6	125,4
	70							0	41,8	83,6
	80								0	41,8
	90									0

Required energy to raise the temperature of 1000 Kg water from 20 to 60 °C:

KJ per 1 kg	X	KJ per 1000 Kg	conversion factor	**KWh**
167,2	1000	167200	3600	**46,44**

Example:

Jordan / Syria:	**800**	KWh/m²	thermal yield per year
is sufficient to heat	17,22	m³	of water from 20 to 60 °C

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn/Germany
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15
E info@giz.de
I www.giz.de