التكنولوجيا الملائمة

تطبيقات عملية

٤

وزارة البيئة

سخّانة الماء الشمسية

MECTAT

مركز الشرق الأوسط
للتكنولوجيا الملائمة

SOLAR WATER HEATERS

ABSTRACT

Solar water heating is one of the mature technologies among the various applications of solar energy. It provides the cleanest form of renewable energy to its users.

This booklet aims at catalyzing personal action for constructing solar water heaters. Various types of solar heaters are described in this booklet and all of them can be constructed at local level. Even youngsters and students can build simple solar water heaters.

Mass scale utilization of solar water heaters will contribute positively towards reducing the air pollution and bring other environmental benefits. It will also bring economic and health benefits to its users.

سخانة الماء الشمسية

من بين المشاكل البيئية الكثيرة التي يواجهها لبنان الاعتماد على الطاقة المستوردة وتلوث الهواء الناتج عن حرق أنواع الوقود المختلفة. ويتناول هذا الكتيب استخدام الطاقة الشمسية كمصدر نظيف ومتجدد للطاقة، اذ يمكن استعمالها في تسخين المياه لأغراض منزلية وصناعية، مما يساهم في الحد من تلوث الهواء الناتج عن استخدام الوقود، بالاضافة الى فوائد اقتصادية عدة. إن هذه الإمكانية لا تستغل في لبنان، في حين قطعت جميع البلدان المجاورة شوطاً كبيراً في تطبيق تكنولوجيات الطاقة الشمسية على نطاق واسع.

الطبعة الثانية
(طبعة جديدة منقحة)
بيروت، ١٩٩٨
برعاية وزارة البيئة

الطبعة الأولى
بيروت، ١٩٨٥
برعاية منظمة الأمم المتحدة للأطفال (يونيسيف)

جميع الحقوق محفوظة
All rights reserved
MEEA / MECTAT

المحتويات

القسم الأول: لمحة عامة عن تسخين الماء بالطاقة الشمسية ٦

مقدمة ٦
مفهوم التسخين الشمسي ٧
أشكال مختلفة لأجهزة التسخين الشمسية ١١

القسم الثاني: طريقة صنع سخانتين شمسيتين بسيطتين ١٧

سخانة ماء شمسية مصنوعة من أنابيب بلاستيك وعلب كرتون ١٧
سخانة ماء شمسية مصنوعة من خزان معدني وعلبة خشب ١٩

المراجع ٢٢

مركز الشرق الأوسط للتكنولوجيا الملائمة هو مصدر معلومات بيئي ذو تمويل خاص ولا يتوخى الربح، هدفه تطوير وتعميم التكنولوجيات الصديقة للبيئة والتوعية البيئية من أجل تنمية مستديمة.

تم تأسيس المركز عام ١٩٨٢ في بيروت، في مكاتب شركة "المهندسون الاستشاريون للشرق الأوسط". ويقوم المركز بأعمال استشارية لمنظمات دولية، كما يتولى دورات تدريبية برعاية هذه المنظمات.

ويعمّم مركز الشرق الأوسط للتكنولوجيا الملائمة أساليب بيئية ناجحة وممكنة ومبسّطة، لمساعدة المجتمعات الريفية على تحقيق قدر من الاعتماد على النفس والاكتفاء الذاتي في تأمين حاجاتها الأساسية، مع المحافظة على البيئة المحلية وتنميتها. ويشمل عمل المركز تقديم تقنيات صديقة للبيئة في مجالات الطاقة المتجددة، والصحة والمياه، والزراعة البديلة، وحفظ الطعام، والسكن، والنشاطات النسائية.

وتشمل نشاطات المركز الابحاث والتدريب ونشر المعلومات عبر الكتب والملصقات والدوريات والمحاضرات والمقابلات والمعارض.

ومركز الشرق الأوسط للتكنولوجيا الملائمة عضو في كثير من الشبكات العلمية العالمية المهتمة بالتكنولوجيا والبيئة، كما يتعاون مع أكثر من مئة مؤسسة دولية مختصة.

مركز الشرق الأوسط للتكنولوجيا الملائمة تابع لشركة:
المهندسون الاستشاريون للشرق الأوسط المحدودة.

صندوق البريد: ٥٤٧٤ ـ ١١٣ بيروت ـ لبنان
هاتف: ٣٤١٣٢٣ – (١) – ٩٦١، فاكس: ٣٤٦٤٦٥ –(١) – ٩٦١
E-mail: boghos@mectat.com.lb

الرئيس: **نجيب وليم صعب**
المنسق: **بوغوص غوكاسيان**

MIDDLE EAST CENTRE FOR THE TRANSFER OF APPROPRIATE TECHNOLOGY (MECTAT) is a private and non-profit environmental resource centre, promoting environment friendly technologies and environmental awareness for sustainable development.

Established in November 1982 at the premises of the Middle East Engineers and Architects (MEEA), a consulting firm on environmental design based in Beirut, MECTAT financially depends on consultancy services, which are rendered against fees, and sponsorships of its projects.

MECTAT disseminates environmentally sound and affordable technologies in disadvantaged areas, to enable the local communities to attain self-reliance in meeting their basic needs, and at the same time manage their environment. In this regard, MECTAT promotes various environment friendly technologies in the fields of renewable energy, health and sanitation, water supply, alternative agriculture, food processing and preservation, habitation, and women's activities.

After research and field testing of these technologies, they are transferred to beneficiaries through training and dissemination of technical information, which include do-it-yourself booklets, posters, newsletters, lectures, interviews, exhibitions and other means.

MECTAT is member of many international appropriate technology and environmental networks and cooperates with over 100 institutions worldwide.

MIDDLE EAST CENTRE FOR THE TRANSFER OF APPROPRIATE TECHNOLOGY (MECTAT) is affiliated to MIDDLE EAST ENGINEERS AND ARCHITECTS LTD, (MEEA).

P.O.Box: 113-5474, Beirut, Lebanon
Tel: 961-1-341323, Fax: 961-1-346465
E-mail: boghos@mectat.com.lb

President: **Najib W. Saab**
Co-ordinator: **Boghos Ghougassian**

تقنيات العمل الفردي الصديقة للبيئة

يشرف علينا القرن الحادي والعشرون ونحن ما زلنا ننوء تحت وطأة قضية كونية شاملة هي قضية البيئة، التي ستحمل الأجيال المقبلة همومها كما تحملها أجيال اليوم. نحن ندعو إلى وعي إنساني بيئي. فبعض مشكلاتنا البيئية في لبنان ناتج عن أسباب محلية تعود إلى النقص في شروط الوقاية البيئية لدى تبني التقنيات الصناعية، وبعضها ناتج عن القصور في الوعي البيئي عند المواطن.

ونحن في وزارة البيئة اللبنانية نبذل الجهد الكبير كي نؤسس قواعد سليمة ودقيقة للعمل البيئي، تقوم على التكامل بين مبدأ "الالزام"، أي القانون، ومبدأ "الطوعية"، أي وعي كيفية الحفاظ على البيئة. كما نعمل على تعزيز التعاون مع المراكز العلمية المتخصصة بشؤون البيئة، كمركز الشرق الأوسط للتكنولوجيا الملائمة الذي يعمل منذ تأسيسه على نشر المفاهيم الصديقة للبيئة من خلال الخدمات الاستشارية والتدريب والمؤتمرات والمنشورات والمحاضرات ووسائل الاتصال الأخرى، بما فيها كتيبات تعنى بالتكنولوجيا الصديقة للبيئة.

وتتولى وزارة البيئة إعادة طبع بعض هذه الكتيبات، خصوصاً من اجل البرامج البيئية في المدارس والنشاطات الميدانية للجمعيات البيئية.

إن إعداد هذه الكتيبات العملية وتوزيعها سوف يساهمان إلى حد كبير في جهود التوعية البيئية التي تتولاها وزارة البيئة.

اكرم شهيّب
وزير البيئة في لبنان

القسم الأول:

لمحة عامة عن تسخين الماء بالطاقة الشمسيّة

مقدمة

تسخين الماء بالطاقة الشمسية هو التقنية الأكثر كمالاً بين الاستعمالات المختلفة لهذه الطاقة. والشمس مصدر الطاقة الأكثر توافراً وتجدداً. وفي الإمكان إحلال الطاقة الشمسية جزئياً مكان الوقود الحَفري التقليدي والحطب، خصوصاً حيث تكون أنواع الطاقة الأخرى نادرة وغالية الثمن.

وقد برهنت الطاقة الشمسية عن جدارة قوية في عملية تسخين الماء، كما في التدفئة وتوليد الكهرباء والطبخ وتنقية مياه الشرب وتجفيف الطعام وسواها من الاستعمالات.

وهدف هذا الكتيّب إيصال التكنولوجيا الخاصة بصنع السخانات الشمسية إلى السكان كيما يتسنى لهم الإفادة منها. والسخانات الجاهزة الصنع تتجاوز إمكانات أهل الريف الشرائية في بلدان العالم الثالث. لذلك كان لا بدّ من تلقينهم طريقة صنع هذه الأدوات محلياً.

● حسنات التسخين الشمسي

يتميز تسخين الماء بالطاقة الشمسية عن التسخين التقليدي بحسنات عدّة، أهمها الآتية:

– الطاقة الشمسية نظيفة، واستعمالها لا يؤدي إلى تلوث البيئة.

– يؤدي استخدام الطاقة الشمسية الى تقليل الاعتماد على مشتقات الوقود والكهرباء وخصوصاً في الاستعمالات المنزلية.

– الطاقة الشمسية تخفف من استخدام الحطب وتنقذ الشجر من الاقتلاع. وقطع الأشجار يعرّض التربة للانجراف بفعل الريح والماء.

– اعتماد الطاقة الشمسية يعتق النساء والأطفال من الساعات الطويلة التي يقضونها في جمع الحطب، فيُتاح للأطفال الوقت للنمو الجسدي والذهني السليم، كما يحسّن وضع النساء الاجتماعي.

– توافر الماء الحار في كل الأوقات يشجع السكان على السعي الى النظافة. وهكذا يرتفع المستوى الصحي للفرد والعائلة، خصوصاً لأن الغَسْل بالماء الساخن أكثر جدوى ضد الأمراض، وفي رأسها الإسهال.

– اعتماد الطاقة الشمسية يخفّف إمكان حدوث الحرائق ويقي الأطفال شرها.

– تسخين الماء بالطاقة الشمسية يوفّر روث البقر، وهو مصدر تقليدي آخر للطاقة في المناطق الريفية، لاستعماله الأساسي في الزراعة. والحاجة اليه ماسّة لتحسين خصوبة التربة وزيادة الإنتاج الغذائي.

– استخدام الطاقة الشمسية يرفع المهارات التقنية لدى السكان المحليين.

مفهوم التسخين الشمسي

جهاز التسخين الشمسي يلتقط أشعة الشمس ويحوّلها لتسخين الماء داخله. والعناصر الرئيسية التي تتكون منها السخانات الشمسية المستخدمة منزلياً ثلاثة:

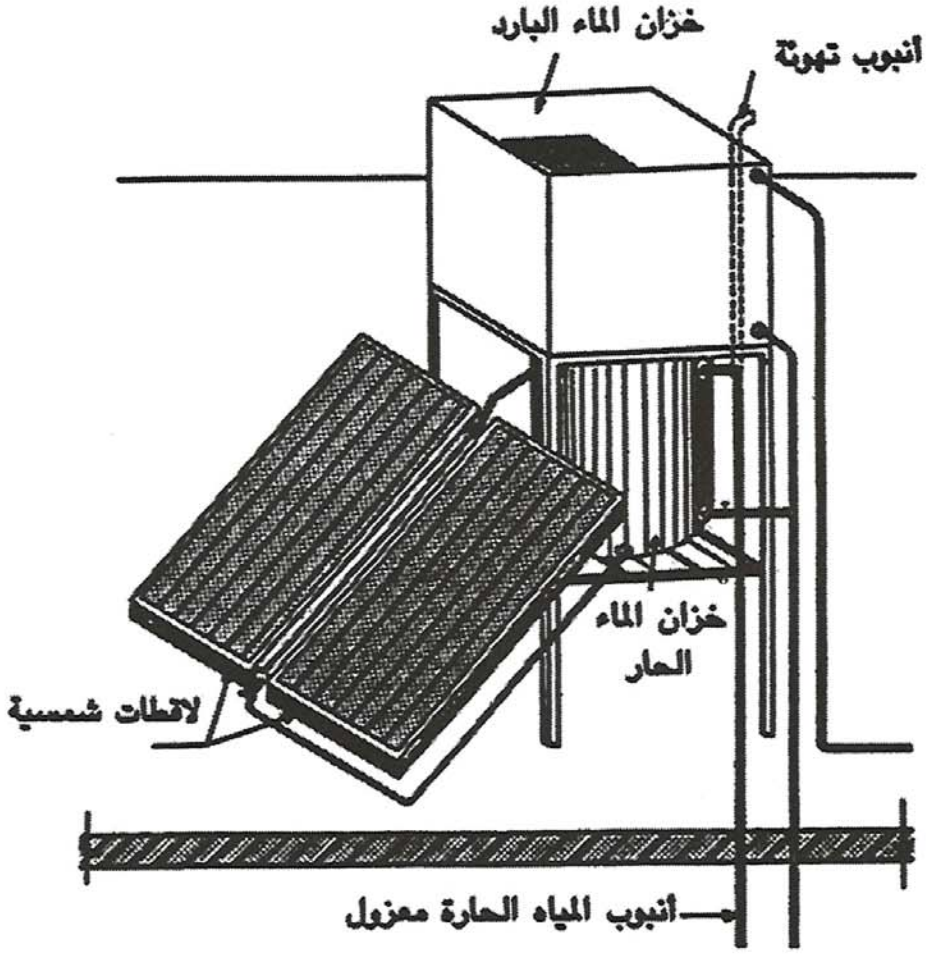
- خزان الماء البارد.
- خزان الماء الساخن.
- اللاقطة الشمسية.

● خزان الماء البارد

يمكن استخدام أي حوض من معدن أو بلاستيك أو فخّار لخزن الماء وتسخينه. ويوضع هذا الحوض في مستوى أعلى من قمّة اللاقطة الشمسية وخزان الماء الساخن. والهدف إتاحة إنسياب طبيعي للماء من دون حاجة الى آلات الضخّ.

● خزان الماء الساخن

يستخدم هذا الحوض لخزن الماء الساخن الآتي من اللاقطة الشمسية. وينبغي عزله عن مؤثرات الجو الخارجية من أجل إبقاء الماء ساخناً أطول مدة ممكنة. ويمكن عزل خزان الماء الساخن بوضعه ضمن حوض آخر أكبر منه قليلاً وملء الفراغ بين الاثنين بمواد عازلة. ويَجب طلي داخل الخزان بصباغ



الشكل ١ – سخانة ماء شمسية

مقاوم للماء بغية منع الصدأ. ويجدر أن يكون حجم هذا الخزان من الكبر بحيث يلائم عمل اللاقطة الشمسية. وكل متر مربع من مساحة اللاقطة يؤمن تسخين ٥٠ ليتراً من الماء. وأحياناً تضاف أنابيب أو صمامات للتصريف منعاً لتراكم الضغط داخل الخزان. ويجب ألا يغيب عن الأذهان ان الحوض الداخلي هو الذي يخزن الماء الساخن، في حين أن وظيفة الحوض الخارجي الحفاظ على الطبقة العازلة.

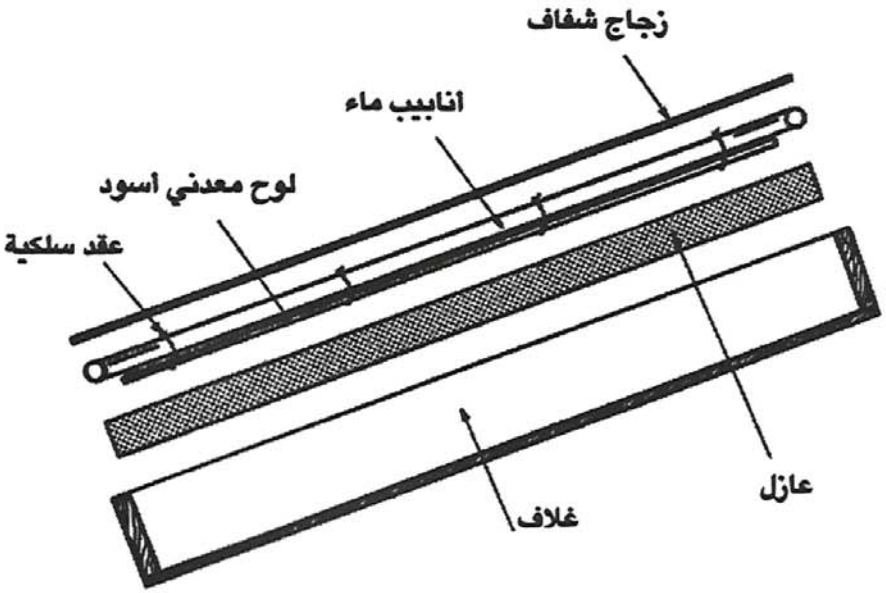
● اللاقطة الشمسية

اللاقطة الشمسية جهاز تجميع غايته التقاط أشعة الشمس التي تسخّن الماء. واللاقطة التقليدية مكوّنة من أجزاء عدة كما في الشكل ٢ وفي الشرح أدناه:

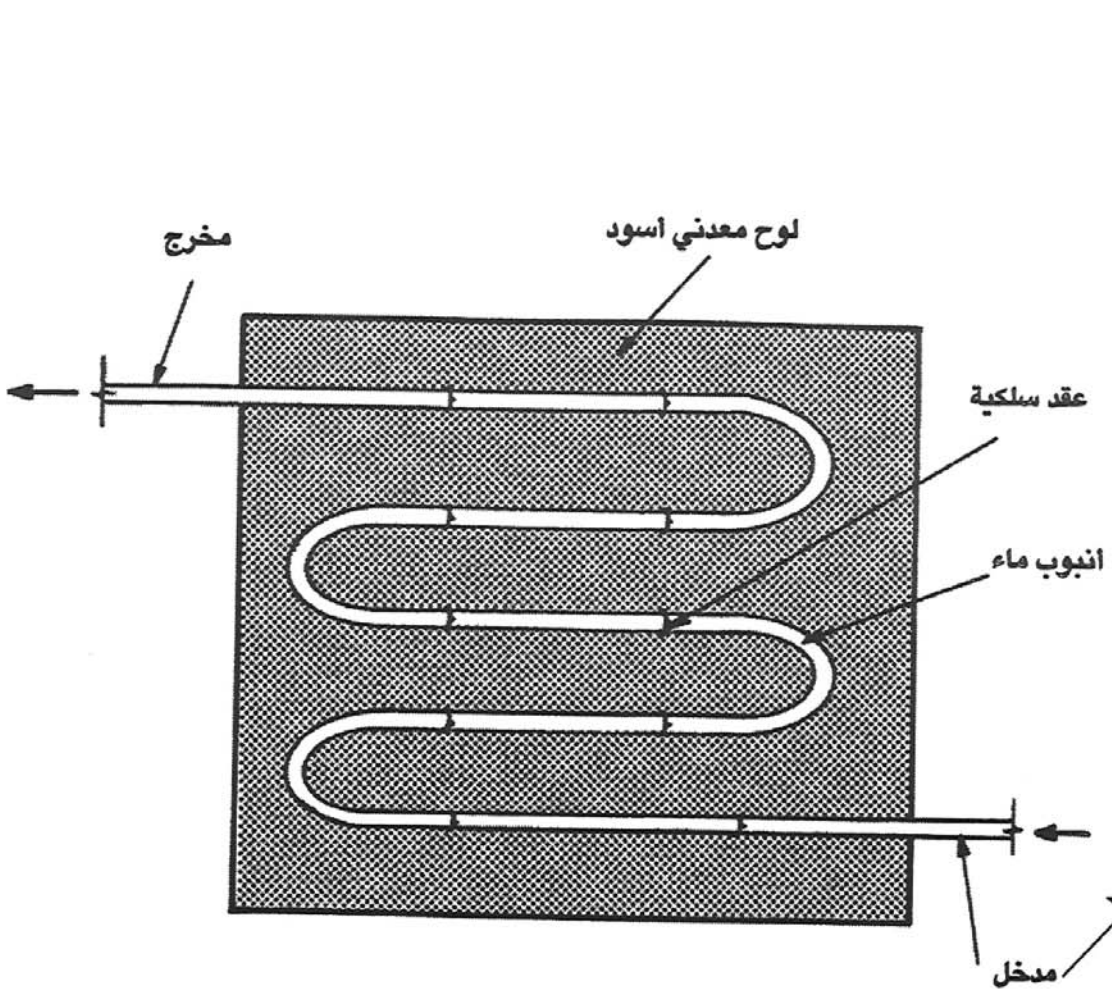
- **لوح الامتصاص:** هذا لوح معدني أسود ذو قابلية جيدة لامتصاص أشعة الشمس، وقد وُصلت أو لُحمت به مجموعة أنابيب. والشكل ٣ يظهر ترتيباً نموذجياً لشبكة الأنابيب. والحرارة التي يمتصها اللوح تُحال طبيعياً على الأنابيب التي تحمل الماء. ويتّم طلي لوح الامتصاص بصباغ أسود غير لماع من أجل الحصول على أفضل امتصاص ممكن لأشعة الشمس. وهذا الطلي يقتصر على ناحية اللوح المواجهة للشمس. وتوضع رقاقة ألمنيوم براقة بين لوح الامتصاص والطبقة العازلة، غايتها إعادة أي حرارة متسربة الى اللوح.

- **الطبقة العازلة:** أي مادة تمنع أو تعوق تسرب الحرارة من لوح الامتصاص الى الخارج يمكن استخدامها للعزل. ومن المواد العازلة الورق والعشب الجاف ونُشارة الخشب والصوف والزجاج المغزول (فيبر ـ غلاس). وتوضع المادة العازلة بين لوح الامتصاص والغلاف الخارجي. وطبيعة المادة المستخدمة هي التي تقرر كثافة العازل. ففي حال الورق أو العشب الجاف، هناك حاجة الى ٧ ـ ١٠ سم من الطبقة العازلة. أما في حال الزجاج الليفي المغزول فليس ضرورياً أن تتجاوز الكثافة ٥ سم.

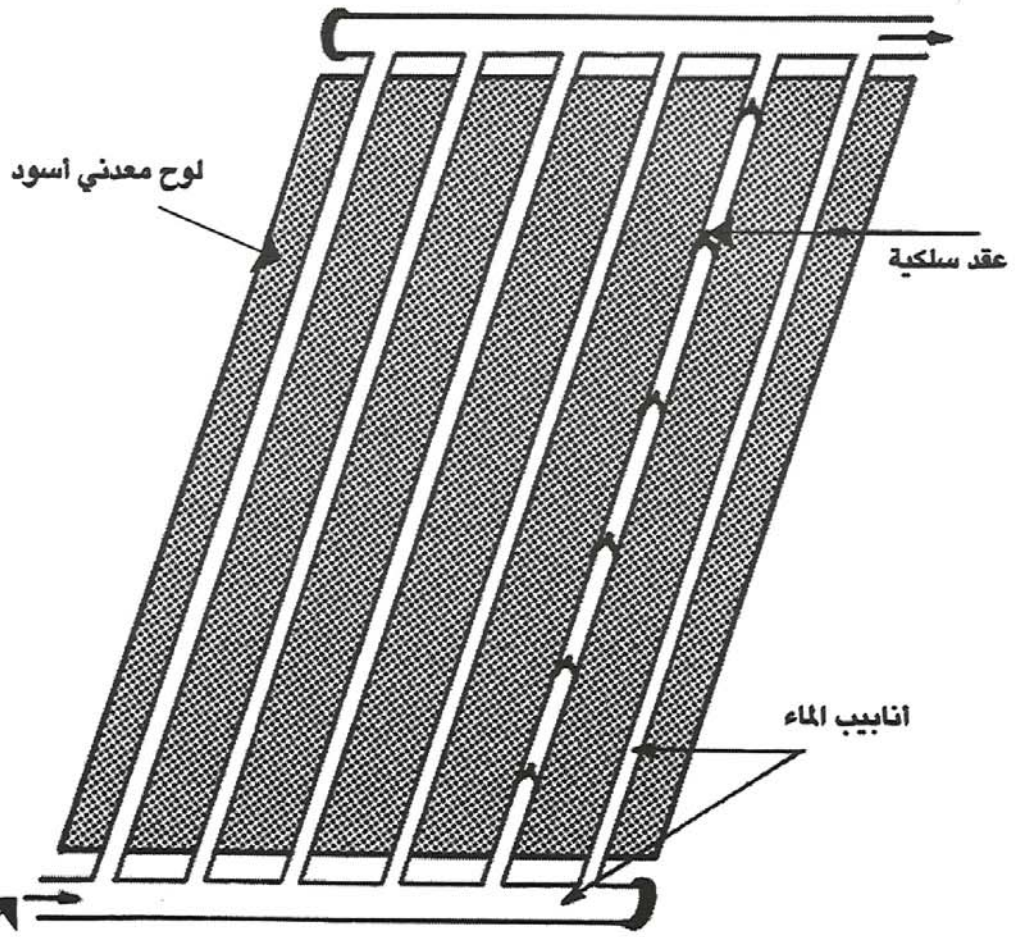
- **الغلاف الخارجي:** هذا صندوق مستطيل يحمل لوح الامتصاص والطبقة العازلة والغطاء الزجاجي. وهو يتيح استخدام الجهاز على نحو سهل،



الشكل ٢ – لاقطة شمسية مفككة الأجداء



الشكل ٣ – ب: لاقطة لجهاز شمسي



الشكل ٣ – ا: لاقطة لجهاز شمسي

كما يحافظ على ثبات أجزائه وسلامتها. وفي الإمكان صنع هذا الغلاف من المعدن أو الخشب أو الزجاج المغزول.

- **الغطاء الزجاجي:** هذا عبارة عن لوح زجاج شفاف عادي كالذي تُصنع منه النوافذ (بسماكة ٣ سم)، يوضع فوق الغلاف الخارجي بحيث تكون المسافة بينه وبين لوح الامتصاص ٢ ـ ٣ سم. وتنفذ أشعة الشمس عبر الزجاج وتسخّن لوح الامتصاص. ويعمل الغطاء الزجاجي على منع تسرب الإشعاع الى الخارج، الأمر الذي يزيد السخونة في اللاقطة ويشبه أثر الدفيئة، أي البيت الزجاجي.

كما يعمل غطاء الزجاج على وقاية لوح الامتصاص من التآكل بفعل الريح والمطر، ويبعد عنه الغبار الذي يضعف قابلية الامتصاص.

ويتم تثبيت الغطاء الزجاجي فوق غلاف اللاقطة بطوق من المطاط او السليكون الذي يتيح للزجاج التمدد خلال الحر والتقلص خلال البرودة ليلاً أو في الفترات الغائمة. ولكن يجب أن يكون الطوق من المتانة بحيث لا يخترقه مطر أو غبار.

ويمكن اعتماد غطاء زجاجي مزدوج للحصول على نتيجة أفضل من ناحية حفظ الحرارة.

وهكذا نجد أن الغطاء الزجاجي يؤدي ثلاث وظائف بالنسبة الى الجهاز: فهو يردّ عنه التآكل، ويولد فيه أثراً شبيهاً بأثر بيت الزجاج الزراعي، ويخفض تسرب الحرارة الى الخارج.

- **الأنابيب:** وظيفة الأنابيب نقل الماء عبر أجزاء الجهاز. وينبغي أن يكون قطر الأنبوب من الكبر بحيث يتيح انسياب المقدار الكافي من الماء عبره. ونصف بوصة تكفي قطراً للأنبوب الذي يحمل الماء البارد الى الجهاز وذاك الذي يرفع الماء الحار من الخزان الخاص به. وحده الأنبوب الذي يصل مخرج اللاقطة الشمسية بخزان الماء الحار يجب أن يبلغ قطره بوصة واحدة، الأمر الذي يتيح انسياباً سريعاً للماء الساخن من اللاقطة الى الخزان.

وينبغي تغليف الأنابيب التي تحمل الماء الساخن بمادة عازلة للحد من تسرب الحرارة الى الخارج. وهذه المادة يمكن أن تكون من الفيبر ـ غلاس أو أي مادة عازلة أخرى. ويتم العزل عن طريق لفّ إطار المطاط حول الأنبوب. ولا يجوز استخدام المواد التي تمتص الماء لهذه الغاية، لأنها حين تبتل تمتص الحرارة من أنبوب الماء الساخن من أجل تبخير الرطوبة. وتجدر الإشارة الى أن الحرارة الكامنة في عملية تبخير الماء تتجاوز ٦٠٠ وحدة حرارية (كالوري) في الغرام الواحد.

● تركيب الجهاز

للحصول على أفضل نتيجة ممكنة، ينبغي وضع اللاقطة في مواجهة الشمس. ويمكن تثبيت اللاقطة أفقياً على الأرض خلال الصيف حين تكون الشمس عالية في السماء. أما في الشتاء، حين تكون الشمس منخفضة في

الأفق، فيجب إمالة اللاقطة.

لكن هناك وضعاً واحداً ملائماً لمختلف أيام السنة، ألا وهو جعل اللاقطة في مواجهة الجنوب، أي خط الإستواء، على أن تكون زاويتها مع الأفق مساوية لخط العرض في ذلك المكان زائد عشر درجات. وتركب اللاقطة على سقالة. ويجب تركيب خزانين، واحد للماء البارد وآخر للماء الساخن على ان يكون الأول أعلى من الجانب العلوي للاقطة بما لا يقل عن ٢٠ سم. ويجب توصيل المواسير بنفس الطريقة الموضحة بأي من الرسوم ١ و٤ و٥. والشكل ١ والصورة ١ يظهران وضعاً نموذجياً لسخانة شمسية تقليدية مع أجزائها المختلفة.

● عمل سخانة الماء الشمسية

بعد وصف الأجزاء المختلفة التي تتكون منها سخانة الماء الشمسية، يبرز السؤال الآتي: كيف تعمل هذه السخانة؟

الخطوة الأولى هي ملء اللاقطة الشمسية وخزان الماء الساخن بالماء بواسطة خزان الماء البارد. وبعد أن تسخن اللاقطة بواسطة أشعة الشمس، يتم أيضاً تسخين الماء في شبكة الأنابيب ضمن اللاقطة. وينتقل الماء الساخن من هذه الأنابيب عبر منفذ يصب في الخزان الخاص به. ويضغط الماء الساخن المتجمع في قمة الخزان على الماء البارد تحته. ومع امتلاء الخزان بالماء الساخن، يتجه الماء البارد من هناك الى اللاقطة ليحلّ مكان الماء الذي تم تسخينه.

والماء الساخن في أنابيب اللاقطة الشمسية يرتفع الى خزان الماء الساخن لأن الماء يتمدد بفعل السخونة ويغدو أقل كثافة من الماء البارد في قاع الخزان.

وهذه الدورة المائية التي تحصل بفعل فارق الكثافة يُشار اليها بعبارة "ظاهرة السيفون الحراري".

وتستمر دورة الماء من قاع خزان الماء الساخن الى اللاقطة فالى قمة خزان الماء الساخن ما بقيت الحرارة في قاع الخزان أقل منها في اللاقطة.

وعندما يؤخذ الماء الساخن من قمة خزانه للاستعمال، تتوجه كمية مماثلة من خزان الماء البارد لتحل محله.

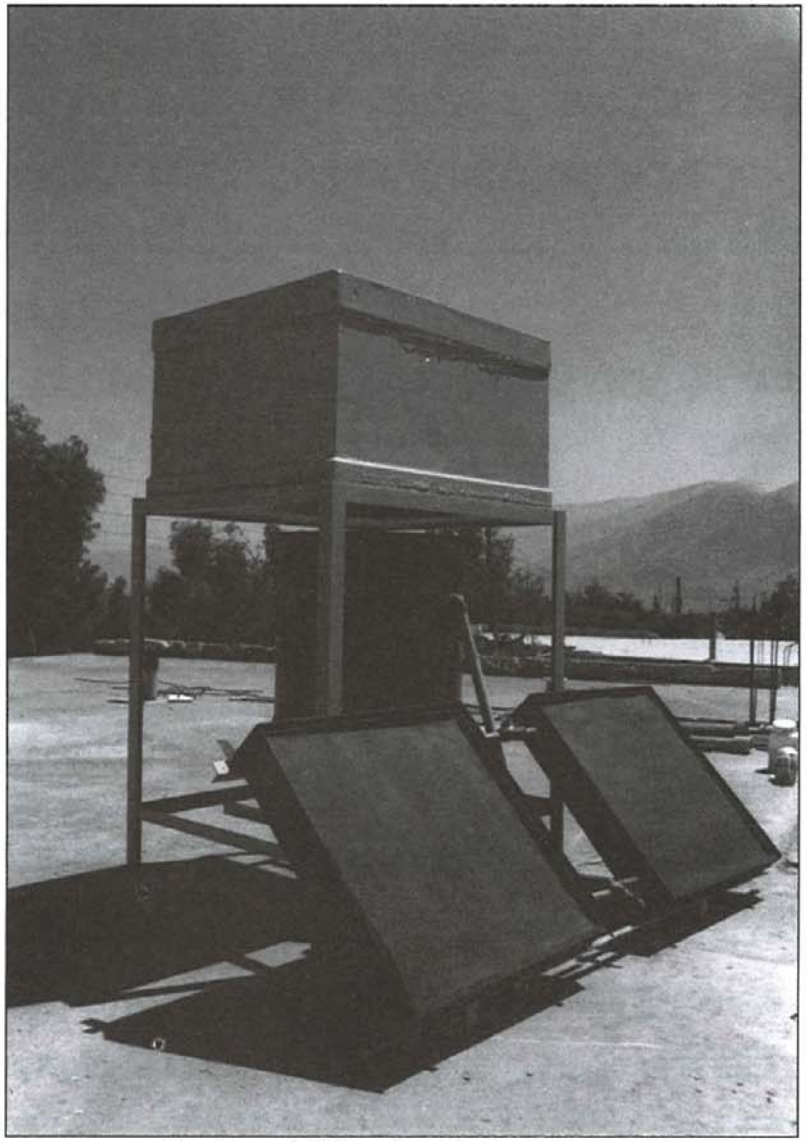
وهناك طريقتان لوصل أنابيب الدخول وأنابيب الخروج بخزان الماء الساخن، كما هو مبين في الشكلين ٤ و٥.

وينبغي اتخاذ تدابير احتياطية عندما يُنتظر هبوط درجة الحرارة المحيطة بالجهاز الى ما دون الصفر. وهنا يجب تفريغ الجهاز كله من الماء لئلا يحصل أي تجمد داخله. وتجمد الماء في الأنابيب يؤدي الى انفجارها. ومن المهم كذلك عدم استخدام الماء المالح لأنه يؤدي الى تآكل الجهاز.

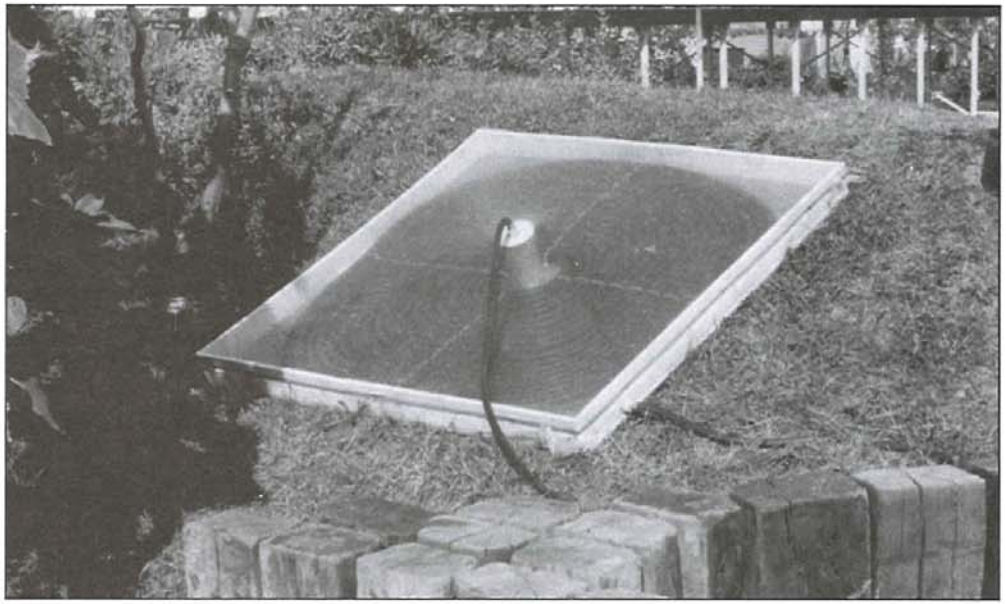
أشكال مختلفة لأجهزة التسخين الشمسية

يعسر غالباً صنع السخانات الشمسية التقليدية المعدنية في القرى لصعوبة العمل على ثني الصفائح المعدنية ولحمها. لذلك كان من الضروري الاستعاضة عنها بأجهزة أقل تعقيداً وكلفة، يمكن انتاجها على مستوى القرية باستخدام المهارات والمواد المتوافرة محلياً.

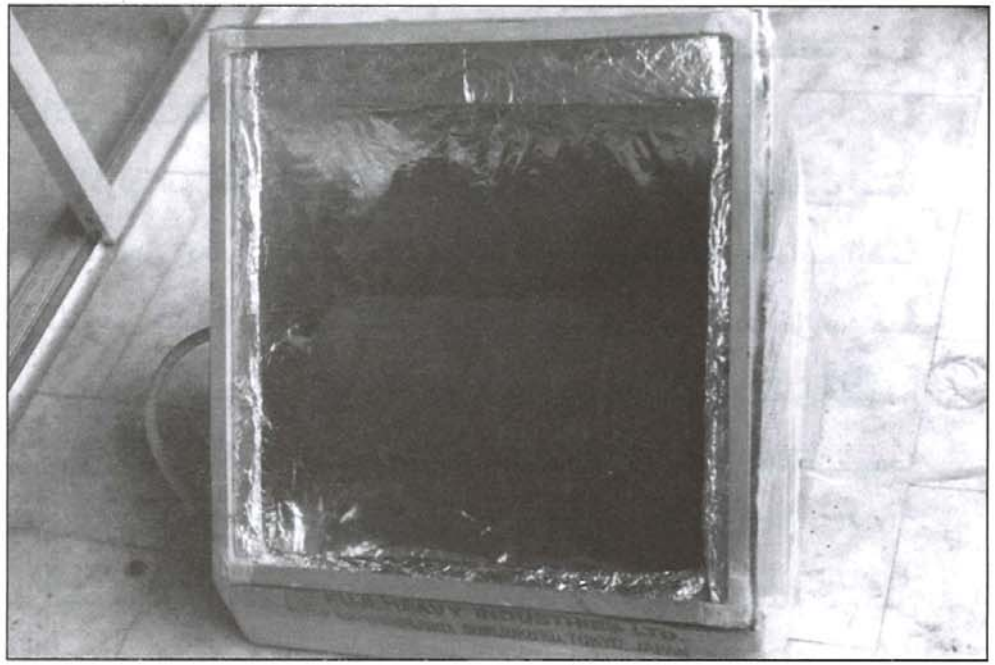
وإن خزان ماء حار بسعة ٢٥ ـ ٤٠ ليتراً يكفي في العادة لتلبية حاجة العائلة الريفية في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا الى الماء الساخن.



صورة ١- وضع نموذجي لسخانة شمسية صغيرة



صورة ٢ - سخانة ماء شمسية تخزن الماء الساخن داخل مواسير ملفوفة



صورة ٣ - خزاناً صغيراً داخل لاقطة مصنوعة من علبة كرتون.

صورة ٤ – نظام تسخين شمسي كبير يحوي مضخة لتدوير الماء مركب على سطح مدرسة داخلية.

صورة ٦ – نظام كبير من الوحدات الشمسية التي تعمل بطريقة "السيفون الحراري" مركب على سطح مصنع.

صورة ٥ – نظام تسخين شمسي كبير يحوي مضخة لتدوير الماء مركب على سطح فندق.

● السخانة الشمسية ذات الأنابيب المتصلة

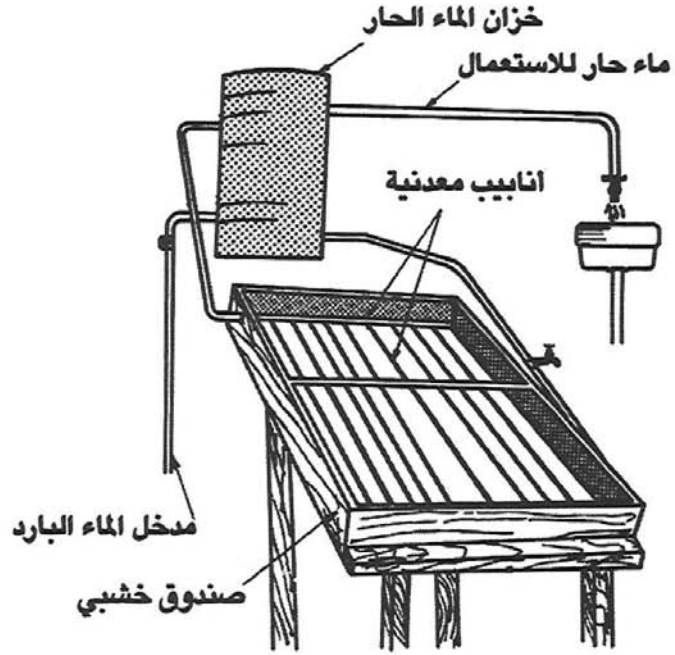
الشكل ٤ كناية عن صورة سخانة ماء شمسية حيث لا حاجة لثني الصفائح ولحم الأنابيب. تصنع شبكة المياه من أنابيب مسننة تبرشم على لوحة معدنية سوداء اللون وتوضع في غلاف خشبي مبني لهذه الغاية. ويمكن استعمال لوحة مخددة مما يؤدي الى اتصال سطحي يسهل نقل الحرارة من اللوحة الى الأنابيب. يغطى بعدها الغلاف الخشبي بزجاج أو بلاستيك شفاف للاستفادة من أثر الدفيئة.

يتم دوران المياه الساخنة كما شرح سابقاً تحت تأثير الحمل الحراري. ويمكن عزل الأنابيب الخارجة من اللاقطة وخزان المياه الحارة بواسطة مطاط إطارات السيارات لتخفيف تسرب الحرارة.

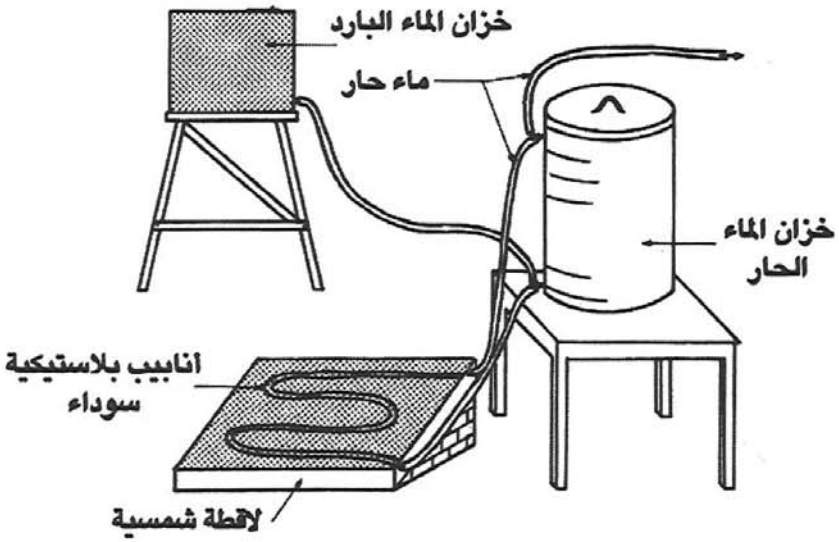
في هذه الحالة لا حاجة لخزان الماء البارد لان الماء يأتي مضغوطاً من الشبكة العامة. لكن في مواقع أخرى يتم تركيب خزان للماء البارد بحيث يكون مستواه اعلى من خزان الماء الساخن.

● السخانة الشمسية ذات الأنابيب البلاستيكية

في حال عدم توافر الأنابيب المعدنية المتصلة أو وسائل اللحم واللّي، يمكن صنع اللاقطة الشمسية من أنبوب بلاستيكي أسود كما هو مبيّن في الشكل ٥. ويوضع هذا الأنبوب في صندوق مائل قليل العمق بعد تثبيت طرفيه بإحكام الى أعلى خزان الماء الحار وأسفله. ويوصل الأنبوب الذي يحمل الماء البارد بوصلة "تائية" (على هيئة الحرف T) عند أسفل خزان الماء الحار. والوصلة التائّية



الشكل ٤ – سخانة ماء شمسية مصنوعة محلياً



الشكل ٥ – سخانة ماء شمسية بسيطة

هذه أبسط من تلك التي تظهر في الشكل ٤.

ويمكن وصل مخرج الماء الحار كما هو ظاهر في الشكل ٥، أو يمكن فتح مخرج آخر في أعلى الخزان (الشكل ٤).

ويغطى الغلاف، أي الصندوق القليل العمق، بلوح بلاستيكي شفّاف (عديم اللون) من أجل زيادة أثر التسخين. وفي الامكان إمالة الغلاف عبر وضعه على سطح مائل أو طاولة منحرفة في حال وجود الخشب، على أن يواجه خط الاستواء جنوباً.

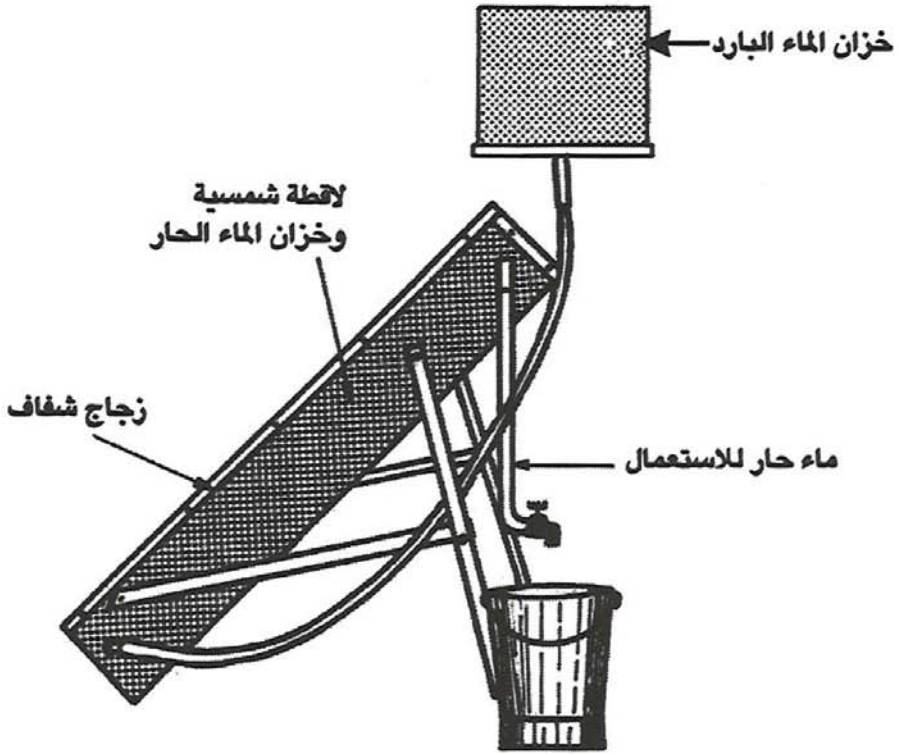
● سخّانة شمسية من نوع لاقطة ـ خزّان

هناك أجهزة أكثر بساطة كما هو مبيّن في الشكل ٦، حيث يؤدي الجهاز عمل اللاقطة والخزان في الوقت نفسه. وهنا تنتفي الحاجة الى خزان مستقل للماء الحار، ويغدو لوح الامتصاص في اللاقطة الشمسية خزاناً للماء الحار. وهذا اللوح عبارة عن خزان معدني أو زجاجي مستطيل موضوع ضمن غلاف من خشب أو معدن. وهناك طبقة عازلة بين خزان الماء والغلاف. وينبغي طلي الجانب المواجه للشمس بصباغ أسود غير لمّاع وتغطيته بلوح زجاج شفاف تغطيةً شديدة الاحكام. ويوضع خزان الماء البارد عالياً ويوصل بأسفل اللاقطة الشمسية. ويتجمع الماء الحار في أعلى اللاقطة ـ الخزان، ومن هناك يخرج للاستعمال عبر أنبوب.

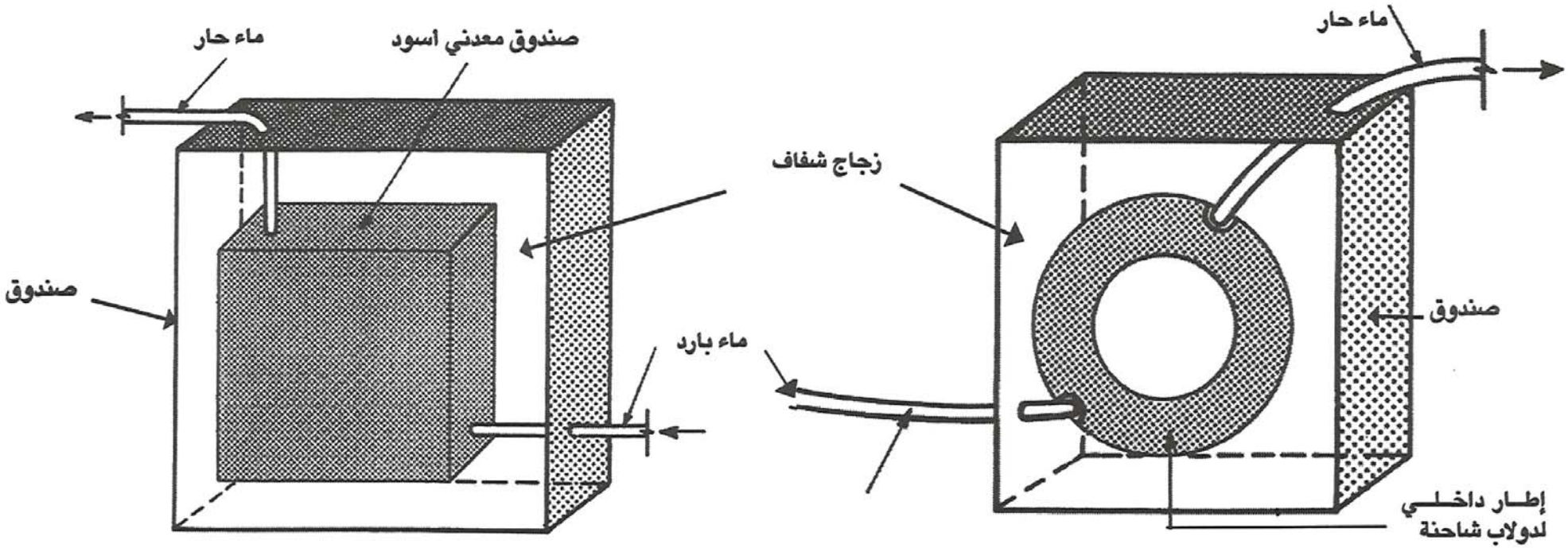
● سخانة بسيطة من نوع لاقطة ـ خزان

يبدو أن السخانة الشمسية من نوع اللاقطة ـ الخزان تنطوي على حسنات كثيرة بالنسبة الى المناطق الفقيرة، نظراً الى بساطتها وكلفتها القليلة. وهناك تصميمان يظهران في الشكل ٧.

التصميم المكعب هو صندوق معدني مطلي بالأسود، يحمل مدخل الماء البارد في أدناه ومخرج الماء الحار في أعلاه. ويقوم الصندوق المسوّد بامتصاص أشعة الشمس ثم ينقل الحرارة على نحو طبيعي الى الماء المخزون في الداخل.



الشكل ٦ – سخانة ماء شمسية: اللاقطة الشمسية تخزن الماء الحار



الشكل ٧ – نموذجان لسخانة ماء شمسية بسيطة من نوع لاقطة – خزان

ويُسحب الماء الحار من أعلى الخزان بواسطة أنبوب. وهذه الأنابيب بلاستيكية أو معدنية. ويمكن أن تكون موخّطة (موصولة) أو ملحومة أو مثبتة بالصندوق حسب الامكانات والمهارات المتوافرة.

أما الرسم الآخر في الشكل ٧ فهو إطار المطاط الداخلي لدولاب شاحنة وقد وُصل بأعلاه أنبوب بلاستيك وبأسفله أنبوب آخر. وهذا الاطار أسود اللون أصلاً ولا يلزمه صباغ.

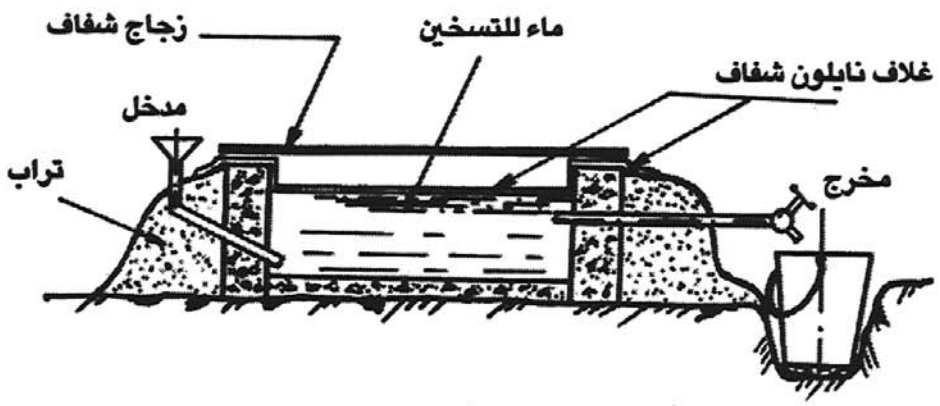
والسخانة الشمسية، سواء أكانت صندوقاً مكعباً أو إطار مطاط يؤدي وظيفتي اللاقطة والخزان، يجب وضعها ضمن علبة خشب أو كرتون ولف طبقة عازلة حولها من الداخل. ويمكن صنع الجهاز من الطين أيضاً. هنا يطلى داخل الصندوق بالأسود ليلتقط مقداراً أكبر من أشعة الشمس. ثم يغطى الجهاز بقطعة من النايلون الشفاف كيما يولّد أثراً شبيهاً بأثر بيت الزجاج الزراعي ويحدّ من تسرب الحرارة الى الخارج.

● سخانة شمسية من نوع الحوض الضحل

يقدم الشكل ٨ تصميماً آخر يمكن تنفيذه بكلفة زهيدة. وهو لا يحتاج الى أنابيب، اذ يمكن صب الماء البارد فيه وسحب الماء الحار منه بواسطة دلو. وهذا الجهاز عبارة عن حوض لخزن الماء، تبلغ مساحته ٢,١ متر مربع. وهو مصنوع

من الآجر وتحيط به من الخارج طبقة تراب عازلة.

وينبغي أن يكون هذا الجهاز عازلاً للماء، وأن يطلى داخله بصباغ أسود مقاوم للماء. وهناك حاجة الى أنبوبين صغيرين للمدخل والمخرج. ويوضع لوح من زجاج النوافذ العادي (بكثافة ٣ ملم) فوق الحوض العديم العمق، كما توضع رقاقة من البلاستيك لتطفو فوق سطح الماء. وهذا يمنع تبخر الماء وتراكم قطراته على الزجاج، الأمر الذي يكفل للجهاز عملاً أفضل.



الشكل ٨ – حوض شمسي لتسخين المياه

القسم الثاني:

طريقة صنع سخانتين شمسيتين بسيطتين

النتائج الاختبارية الايجابية التي أعطتها السخانة الشمسية من نوع اللاقطة - الخزان شجعتنا على عرض الخطوات اللازمة لصنع نوعين آخرين من السخانات الشمسية يسهل انجازهما في المناطق الريفية.

سخانة ماء شمسية
مصنوعة من أنابيب بلاستيك وعلب كرتون

هذه الارشادات العملية موجهة الى الطلاب الثانويين في المقام الأول. ويستطيع أي فرد تطبيقها باعتماد أدوات منزلية بسيطة وخلال وقت قصير.

وكلفة صنع هذه السخانة الشمسية (الشكل ١٠) زهيدة. وهي عبارة عن جهاز نقّال يمكن تفكيك أجزائه بسهولة. وفي حال التفكيك، يمكن استخدام الأجزاء لأغراض أخرى. ومن الفوائد التي يجنيها الطلاب الثانويون أثناء صنع السخانة تقوية مهاراتهم التقنية وفهم طبيعة الشمس من حيث هي مصدر طاقة متجددة.

وهذا الجهاز البسيط يمكن أن يكون ذا فائدة خاصة في المنشآت الوقتية، كمخيمات الأحداث، كما يمكن استخدامه في النزهات وعلى شرفات المنازل والمكاتب. واذا أُتقن صنعه، فهو يؤدي خدمات جلّى للمناطق الريفية، وقد يخدم

سنواتٍ طويلة قبل أن يحتاج الى تصليح.

● المواد اللازمة

– صندوق كرتون فارغ ذو جوانب مربعة أو مستطيلة بمساحة متر مربع أو مترين مربعين.
– لوح خشب رقائقي ١ ـ ٢ م٢.
– أنبوب بلاستيك ٢٠ م.
– طلاء أسود غير لماع.
– صفحة من النايلون الشفاف.
– شريط لاصق (سكوتش تيب).
– سكين، مقص، مثقاب.
– سلك معدني قطره ١ ـ ٢ ملم.
– قلم رصاص، مسطرة.

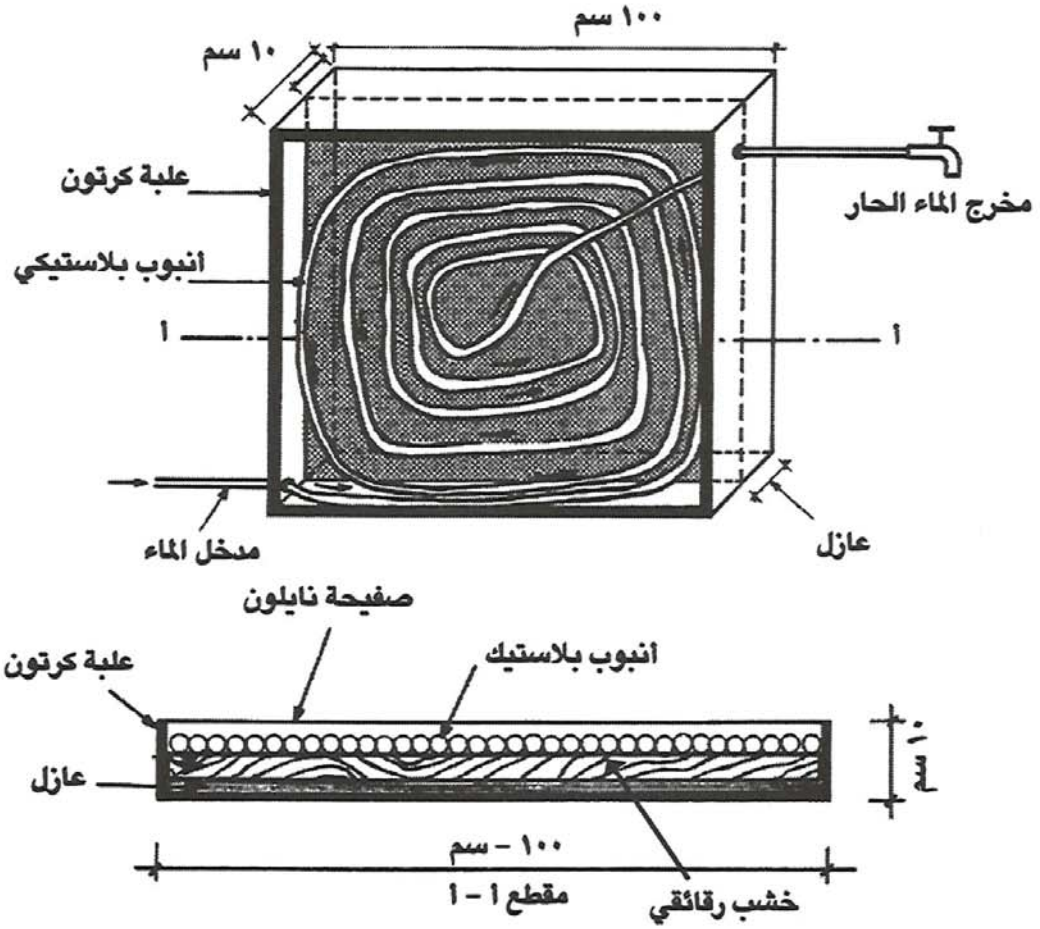
● طريقة الصنع

– بسكين حادة، قص جوانب علبة الكرتون على ارتفاع ١٠ ـ ١٢ سم عن أرضيتها، بحيث تشكل طبقاً مربعاً أو مستطيلاً. (يمكن قص طبقتين من العلبة نفسها). ويُنصح بتعليم العلبة بقلم الرصاص والمسطرة قبل بدء القص.

– ضع طبقة من ورق الجرائد أو ألواح الكرتون (بسماكة ٣ ـ ٤ سم) في أسفل الطبق لتكون عازلاً للاقطة الشمسية.

– باستخدام المثقاب والأسلاك المعدنية، ثبّت أنبوب البلاستيك الأسود على لوح الخشب كما هو مبيّن في الشكل ٩. احرص على تثبيت كل حلقة في ثلاثة مواضع على الأقل. ثم ضع ما تحصل عليه في علبة الكرتون المستطيلة.

– ادهن الطبق من الداخل (بعد وضع الأنابيب) بطلاء أسود غير لماع. ولتسهيل العملية، يمكن وضع الطلاء في مرشّة خاصة (سبراي).



الشكل ٩ – سخانة ماء شمسية من علبة كرتون وأنبوب بلاستيكي

– غلّف الطبق كله بصفحة من النايلون الشفاف. ثبّت جميع الأطراف الفالتة بشريط لاصق. تأكد من أن ماء المطر لا يمكن أن ينفذ الى الداخل. ومن باب الحيطة غلّف السطح الأعلى بطبقة أخرى. وعندئذ تصبح اللاقطة الشمسية جاهزة للاستعمال.

– ضع لاقطتك في بقعة مشمسة لتواجه الجنوب على زاوية تساوي خط العرض حيث أنت، زائد ١٠ درجات، بالنسبة الى الأفق.

– صل خط الماء البارد بفوهة اللاقطة عند الجزء الأسفل. صل مخرج الأنبوب بحنفية (صنبور).

– افتح حنفية الماء البارد حتى يتدفق الماء بانتظام من مخرج الأنبوب. والهدف إخراج فقاقيع الهواء التي تكونت في أعلى الحلقات.

– انتظر بضع ساعات فتحصل على ماء ساخن للاستعمال (من حنفية المخرج).

الصورة ٢ تظهر سخانة ماء شمسية قليلة الكلفة حيث يخزن الماء الساخن داخل مواسير بلاستيكية ملفوفة.

*** ملاحظات**

– يمكن وصل لاقطتين أو أكثر. (مساحة كل واحدة متر مربع مثلاً).

– اذا كانت العلبة مستطيلة، أمكن لفّ أنبوبين منفصلين في طبق واحد.

– بعد غروب الشمس يفقد الماء حرارته تدريجاً. لذلك يجب استعماله وإلاّ برد مع الصباح.

(*) تفضل أنابيب البلاستيك على أنابيب المطاط. فهي أرخص ثمناً، كما أن

ارشادات لاختيار أنابيب البلاستيك*				
القطر الخارجي لأنبوب البلاستيك	القطر الداخلي لأنبوب البلاستيك	طول الأنبوب الضروري لكل ليتر من سعة المخزون المائي	طول الأنبوب الضروري لكل متر مربع من مساحة اللاقطة	سعة المخزون المائي لكل متر مربع من مساحة اللاقطة
٥ سم	٤,٤ سم	٦٧ سم	٢٢ متراً	٣٣ ليتراً
٣ سم	٢,٦ سم	٢٠٠ سم	٣٣ متراً	١٦,٥ ليتراً
٢ سم	١,٦ سم	٥٠٠ سم	٥٢ متراً	١٠ ليترات

جدرانها رقيقة ووزنها خفيف، مما يعني وصول مقدار أكبر من الطاقة الشمسية الى الماء في وقت محدد.

اذا كانت جدران أنبوب البلاستيك رقيقة جداً بالنسبة الى قطره الاجمالي، فقد تتسطح في بعض المواضع. وترتيب الحلقات، كما هو موضح في الرسم، يخفف مشاكل التسطح.

سخانة ماء شمسية

مصنوعة من خزان معدني وعلبة خشب

هذا التصميم وُضع خصيصاً لتلبية حاجات المناطق الريفية في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا الى الماء الحار. ويمكن صنعه بسهولة وكلفة قليلة باستخدام المواد والأدوات والمهارات المتوافرة محلياً.

والجهاز المذكور مؤلف من جزئين متصلين، هما: خزان الماء الحار الموضوع ضمن اللاقطة الشمسية، وخزان الماء البارد الذي ينبغي وضعه على مستوى

أعلى. واذا صُنعت اللاقطة من الخشب، أصبحت جهازاً يدوم سنوات طويلة مع القليل من الصيانة، حتى في أسوأ الأحوال الجوية.

ويمكن صنع اللاقطة من علبة كرتون اذا قُصّت كما هو مبيّن في الشكل ١٠.

وهذا الجهاز يؤدي أفضل عمل ممكن اذا تسنى وضع جانبي العلبة على زاوية تعرّض اللاقطة لأكبر مقدار ممكن من أشعة الشمس، خصوصاً شمس الصباح وأول العصر.

● المواد اللازمة

- ألواح خشب.

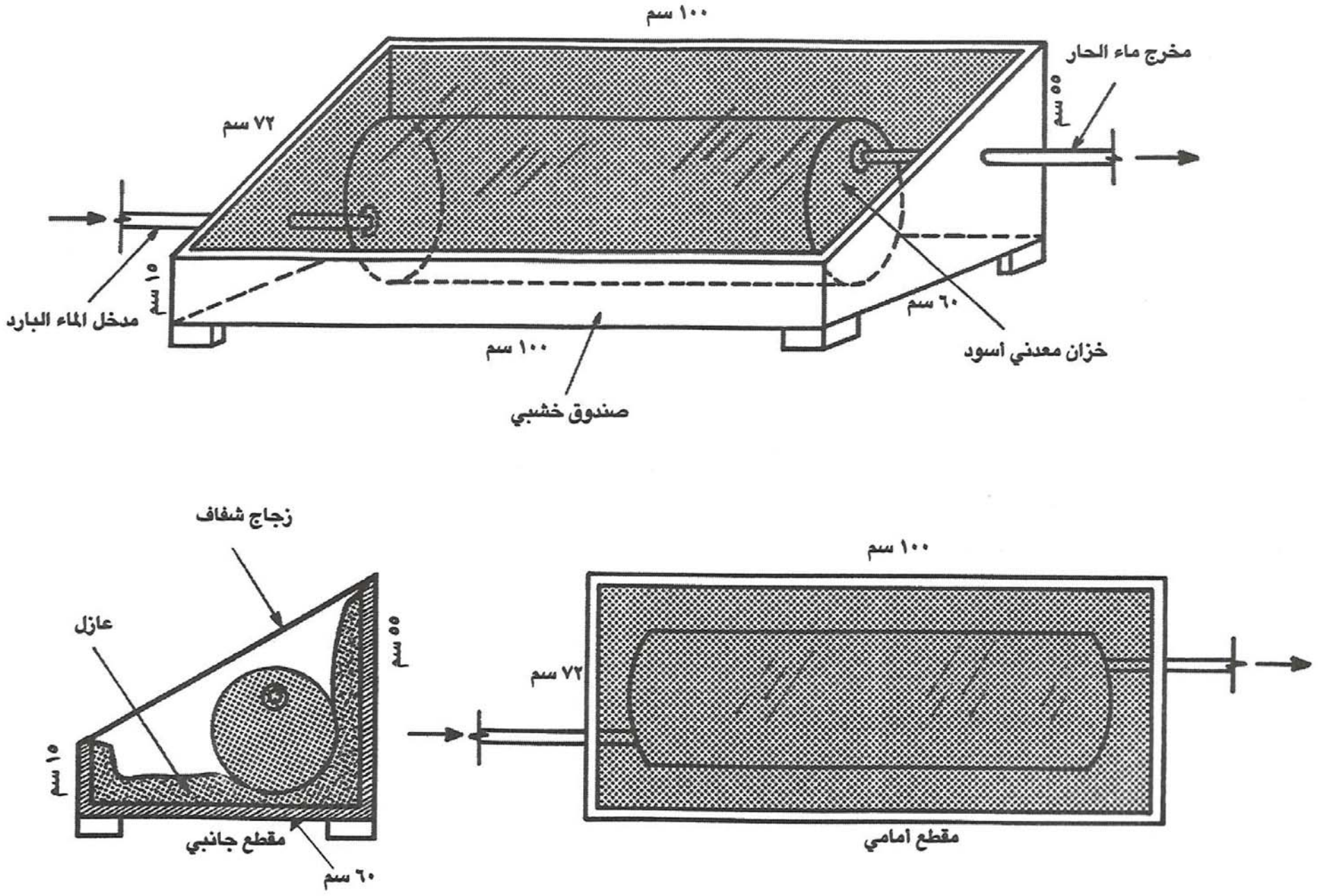
القياس	الكمية
* ١٠٠ سم × ٦٠ سم	لوح واحد
* ١٠٠ سم × ٥٥ سم	١
* ١٠٠ سم × ١٥ سم	١
* ٦٠ سم × ٧٠ سم	١

يقص هذا اللوح (٦٠ سم × ٧٠ سم) الى قسمين على شكل شبه المنحرف لاستعمالهما كجانبين للسخان.

- أعمدة خشب للقوائم.
- لوح زجاج للنوافذ أو صفحة من النايلون الشفاف بمساحة
١٠٠سم × ٧٢ سم = ٠,٧٢ م٢. (يؤخذ القياس بعد صنع الهيكل).
- حوض معدني أسطواني أو مستطيل، سعة ٥٠ ـ ٦٠ ليتراً.
- طلاء أسود غير لمّاع.
- مواد عازلة. (في حال اعتماد طبقات الصوف المصنوع من ألياف الزجاج، يجب أن يكون قياس الطبقة ٢٠٠ سم × ١٠٠ سم).
- لفافة من ورق الألمنيوم.
- أنبوبان للماء بطول ٥٠ سم وقطر نصف بوصة.
- حنفية، صمام.
- أدوات لحام.
- مثقاب، مطرقة، مسامير، صمغ، منشار، وسواها من الأدوات المنزلية.

● طريقة الصنع

- صل ألواح الخشب بعضها ببعض بالمسامير، مستخدماً اللوح البالغ ١٠٠سم × ٦٠ سم كقاعدة، واللوح البالغ ١٠٠ × ١٥ سم كجدار أمامي، واللوح البالغ ١٠٠ سم × ٥٥ سم كجدار خلفي، مع وضع اللوحين اللذين على شكل شبه المنحرف على كلا الجانبين.
- احفر ثقباً بقطر نصف بوصة في كل جانب من خزان الماء المعدني، على أن يكون الثقبان متواجهين على القطر العمودي ويبعد كل منهما ٣ سم عن الحافة. ووظيفة الثقبين دخول الماء من أحدهما وخروجه من الآخر.
- احفر ثقباً في كلا جانبي اللوحين اللذين على شكل شبه المنحرف ليواجه أحدهما مدخل الماء والآخر مخرجه في الخزان، على ان يتسع الثقب لأنبوب بقطر نصف بوصة.
- ادهن الخزان بطلاء أسود غير لماع ودعه يجفّ.
- ادهن داخل الخزان المعدني بطلاء مقاوم للصدأ. وهذا يمكن فعله بصب محلول الدهان من الفتحة وتحريك الخزان ببطء لتكون طبقة الطلاء متساوية من كل الجوانب. وبعد ذلك تخلّص من الدهان الزائد.
- ثبّت الطبقة العازلة على جدران الصندوق الداخلية، وضع فوقها ورق



الشكل ١٠ – سخانة ماء شمسية في صندوق خشبي

الألمنيوم. وهذا من شأنه تركيز أشعة الشمس على الوعاء الأسود.

– ضع الخزان المعدني الأسود في صندوق الخشب وصل به الأنبوبين، ثم عالج الوصلتين باللحم أو الربط حرصاً على عدم تسرب الماء الى الخارج.

– ثبّت فوق ذلك كله لوح الزجاج وأحكم ربطه وسدّه من جميع نواحيه. وفي حال استخدام صفحة نايلون، ثبّت جوانبها بشريط لاصق.

– لرفع الجهاز عن الأرض، ثبّت قاعدته بالمسامير على أربع قوائم، طول الواحدة منها ١٠ سم.

– ضع اللاقطة في مكان مشمس ودعها تواجه الجنوب، أي خط الاستواء.

– صل اللاقطة عند المدخل بخزان الماء البارد. انتظر بضع ساعات، فتحصل على ماء ساخن للاستعمال من حنفية المخرج.

– تظهر الصورة رقم ٣ خزاناً صغيراً جداً داخل لاقطة مصنوعة من علبة كرتون.

*** ملاحظة**

– للحصول على المزيد من الماء الساخن، يمكن وصل لاقطتين أو أكثر.

– يفضل استخدام الماء الحار في اليوم نفسه لانه يبرد اذا ترك لليوم التالي. ولكن اذا كان الصندوق جيد العزل ومغطى بطبقتين من الزجاج، أمكن الاحتفاظ بالماء الحار وقتاً أطول.

هذا الكتيب لا يتناول سخانات الماء الشمسية الكبيرة لان تصنيعها وتركيبها محلياً سيكون صعباً.

REFERENCES

- Célaire, Rober. **Le Chauffe-eau Solaire Capteur Stockeur.** GRET. Paris 1987.
- SKAT. **Solar Water Heaters in Nepal: Manufacture and Installation.** Switzerland 1990.
- Streib, J. **How to Construct Your Own Solar Panel.** FAKT 1989.
- Al-Hamadani, N.I. **Proceedings of Third Arab International Solar Energy Conference**. 21 - 24 Februrary 1988, Baghdad.
- Seufert, C. **Survey of Solar Water Heaters.** GATE. Eschborn, West Germay 1978.
- McVeigh, J.C. **Sun Power**. Pergamon Press Inc., Oxford, U.K. 1979.
- Takla, A. **Technological Information Profile on Solar Energy Applications**. UNIDO/IS. 339. September 1982.
- Brace Research Institute. **How to Build a Solar Water Heater.** McGill University. Quebec, Canada 1979.
- Daniels, Farrington. **Direct Use of the Sun's Energy.** Ballantine Books. New York 1977.
- Ametek Inc. **Solar Energy Handbook**. Chilton Book Company. Radnor, Pa. (U.S.A.) 1979.
- Meier, Ueli and Rentsch, Urs. **New and Renewable Energies.** ENDA/SCAT, Dakar, Senegal 1981.
- Vanderhulst, P. **Solar Energy: Small Scale Applications in Developing Countries.** TOOL publication, Amsterdam 1990.

Published in this Series:

Appropriate Technology

HOW-TO SERIES

● Instruction Manuals:

1- Biogas Production
2- Solar Cabinet Dryer
3- Latrines and Domestic Wastewater Management
4- Solar Water Heating
5- Solar Cooking
6- Domestic Greenhouses and Food Processing
7- Tree Planting
8- Wood Conserving Bread Ovens and Mud Stoves
9- Wells Construction with Hand Tools
10- Domestic Gardens and Composting of Organic Residues
11- Alternative Pest Management: An Action Guide
12- Ferrocement Water Storage Tanks
13- Food Drying and Processing

● Audio Visuals / Slides and Text:

1- What Is Appropriate Technology?
2- Latrines and Domestic Wastewater Management
3- Solar Cooking
4- State of Environment in West Asia

صدر في هذه السلسلة:

التكنولوجيا الملائمة

تطبيقات عملية

● كتيّبات:

١ ــ مصنع الغاز الحيوي
٢ ــ المجففة الشمسية
٣ ــ المراحيض الصحية وتصريف المياه
٤ ــ سخانة الماء الشمسية
٥ ــ الطباخ الشمسي
٦ ــ البيوت الزجاجية المنزلية وإنتاج الغذاء
٧ ــ غرس الأشجار
٨ ــ مخابز ومواقد توفّر استهلاك الحطب
٩ ــ انشاء الآبار بمعدات يدوية
١٠ ــ الحدائق المنزلية وتسبيخ الفضلات العضوية
١١ ــ تقنيات بديلة لمكافحة الآفات الزراعية
١٢ ــ بناء خزانات ماء بالاسمنت المسلح
١٣ ــ تجفيف وتعليب المنتجات الزراعية

● صوت وصورة (شرائح / سلايدز مع نص):

١ ــ ما هي التكنولوجيا الملائمة (٦٠ شريحة)
٢ ــ المراحيض الصحية والمياه المستعملة (٦٠ شريحة)
٣ ــ الطباخ الشمسي (٤٠ شريحة)
٤ ــ وضع البيئة في غرب آسيا (٨٠ شريحة)

Middle East Centre for the Transfer of AppropriateTechnology (MECTAT)
Middle East Engineers & Architects Ltd. (MEEA)

مركز الشرق الاوسط للتكنولوجيا الملائمة
المهندسون الاستشاريون للشرق الاوسط