مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (35) العدد (8) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (35) No. (8) 2013

# طـرائق حديثة للاستخدام الأمثل لأنظمة الطاقة المتجددة
# أنظمة الطاقة الشمسية

**سـمر محمود***

**(تاريخ الإيداع 8 / 7 / 2013. قُبِل للنشر في 13/ 11 / 2013)**

## ∇ ملخّص ∇

تأتي أهمية الطاقة الشمسية من كونها طاقة هائلة يمكن استغلالها في أي مكان وتشكل مصدراً مجانياً للوقود الذي لا ينضب

كما تعتبر طاقة نظيفة وتعمل على الحد من إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون الضار بالبيئة، ويمكن استخدامها في العديد من المجالات مثل تسخين وتبريد الماء وتحليته وتوليد الكهرباء أيضاً.

في ظل تزايد استهلاك الطاقة في العالم بشكل كبير، فإنه يجب الاهتمام بتطوير مصادر الطاقة المتجددة والتي من أهمها الطاقة الشمسية و تطوير الأنظمة و التجهيزات الخاصة بها مثل: المبادلات الحرارية واللواقط الشمسية [1], أنظمة تخزين الطاقة (الخزان الحراري) [2] , أنظمة التحكم ( الصمامات , جهاز قياس درجة الحرارة , جهاز قياس التدفق ) [11],[6],[2] ,[1] وذلك للاستفادة المثلى من هذه الطاقة المتجددة بكافة الأوقات .

**الكلمات المفتاحية:** الطاقة الشمسية _ الصمامات _ أنظمة التحكم _ الخزان الحراري _ لواقط شمسية المفرغة _ أنظمة اللواقط المسطحة _الجريان _ التسخين_ التدفئة.

* مشرفة أعمال – قسم هندسة القوى الميكانيكية– كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية –جامعة تشرين– سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (35) العدد (8) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (35) No. (8) 2013

# Modern Methods for the Optimal Use of Renewable Energy Systems Solar Energy Systems

**Samar Mahmod***

**(Received 8 / 7 / 2013. Accepted 13 / 11 / 2013)**

## ∇ ABSTRACT ∇

Importance of solar energy coming from being a tremendous energy can be tapped at any place and a free source of inexhaustible fuel.

It is also a clean energy and is working to reduce the release of carbon dioxide gas Harmful to the environment; it also can be used in many fields, such as heating and cooling water, sweeten and electricity generation, as well.

In light of the dramatic increasing energy consumption in the world, attention should be paid to the development of renewable energy sources and the most important of which is solar energy, the development of systems and special equipment, such as heat exchangers and solar collectors systems [1], energy storage (storage tank) [2], and control (valves, a device for measuring temperature, flow measuring device) [1], [2], [6], [11] for the optimal use of these renewable energy all the time.

**Keywords:** Solar Energy _ valves _ controllers' _ storage tank _ Evacuated solar collectors _ Flat-plate solar collectors _ flow _ heating

* **Supervisor Work in the Department of Mechanical Power Engineering - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, University of November, Syrian Arab Republic.**

## مقدمة :

ما يزال التقدم في تكنولوجيا الطاقة الشمسية مستمرا لجعلها أكثر فاعلية من الناحية الاقتصادية، كما أن الانخفاض في تكلفة تركيب مستلزماتها، سيجعل تكلفة الطاقة الشمسية تستمر في الانخفاض لتصبح قريبة من تكلفة الكهرباء التقليدية أو المنتجة من الوقود الاحفوري. وهي أيضا متجددة أي أنها طاقة لا تنفذ، فهي مصدر طاقة طبيعي ويمكن استخدامه في توليد أشكال أخرى من الطاقة، فيمكننا استخدامها كوقود للسيارات كما يمكن استخدامها لتسخين الماء الصحي أو للتدفئة أو لتوليد الطاقة الكهربائية.

إن الحصول على الطاقة الشمسية لن يتطلب لاحقا الكثير من أعمال الصيانة، حيث سيتم تركيب الألواح أو الأحواض الشمسية مرة واحدة، وبعدها ستعمل بأقصى كفاءة ممكنة، ويبقى لدينا القليل فقط لنفعله للمحافظة على انتظام عملها.

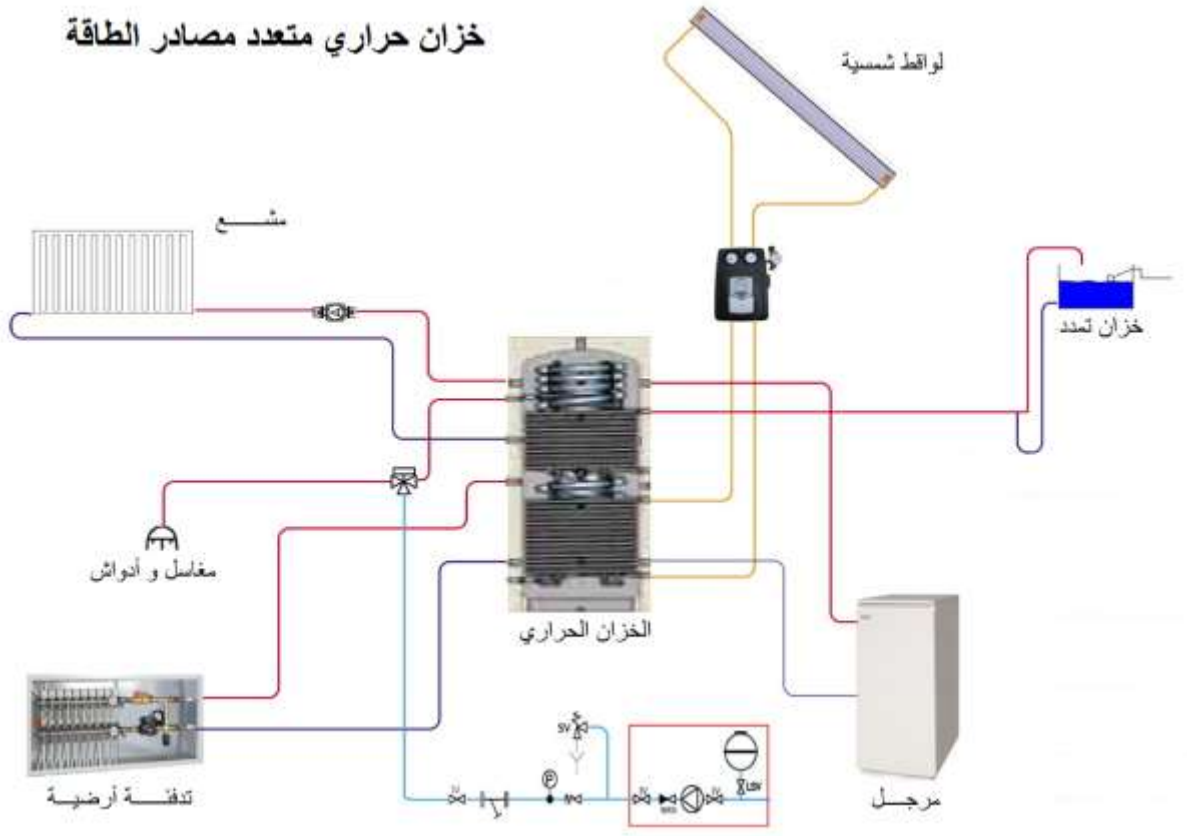
لهذا يجب السعي بجدية للاستفادة من هذه الطاقة الهائلة وبذل الجهود التكنولوجية والمالية على أبحاث الطاقة الشمسية وعلى تطوير منشآتها وخاصة في منطقتنا العربية التي تتمتع بأعلى فيض إشعاع شمسي في العالم حيث تصل كثافة الإشعاع الشمسي ($1000\ W/m^2$) في منتصف النهار وبمتوسط ( $250 - 300\ W/m^2$ ) خلال ساعات النهار أي ما يعادل تقريباً ( $6\ kwh/m^2$ ) في اليوم [1].

## أهمية البحث وأهدافه :

إن النظام المدروس يعتمد على الجمع بين عناصر مختلفة وذلك عن طريق ربط هذه العناصر بعضها مع بعض كي تعمل بشكل مجمع للوصول إلى حل أكثر تقنية و اقتصادية لتسخين الماء الصحي و دعم التدفئة على مدار اليوم و تكمن أهمية البحث بتصميم الخزان الحراري و عزله بشكل جيد وربطه مع اللواقط الشمسية والتي صممت بطريقة تقنية لامتصاص أمثل لأشعة الشمس و تكون هذه اللواقط معزولة بشكل جيد أيضا" [8], [9], [10], [11]. كما هو موضح بالشكل رقم \ 1 \ :

**شكل \1\: العناصر والتجهيزات المستخدمة في نظام الطاقة الشمسية المستخدم لتسخين الماء الصحي وللتدفئة**

كما يمكن الاستفادة القصوى من الطاقة الشمسية عن طريق ربط التجهيزات المستخدمة في أنظمة الطاقة الشمسية وأجهزة التحكم و نظام خزان تجميع الطاقة (المتعددة المصادر) مع أجهزة التدفئة والتسخين التقليدية ,[7] ,[8] كما هو موضح بالشكل رقم \ 2 \ :




**شكل \2\: مخطط ربط العناصر والتجهيزات المستخدمة في أنظمة الطاقة الشمسية وأجهزة التحكم ونظام خزان تجميع الطاقة مع أجهزة التدفئة والتسخين التقليدية.**

## طرائق البحث ومواده:

طريقة البحث المعتمدة في الدراسة ,[7] ,[8] ,[9] ,[10] ,[11] :

اعتمدت الطرق التجريبية في البحث وقياس درجات الحرارة لتحديد كمية الماء الساخن على مدار العام وذلك بعد تجميع و ربط الأجهزة و التجهيزات بعضها مع بعض حيث إن الأجهزة و التجهيزات المستخدمة في نظام الطاقة الشمسية المدروس هي :

1. اللواقط الشمسية ( المجمعات ) Collectors:

●**اللواقط الشمسية المسطحة** Flat Plate Collectors

النموذج FPC 10 يتألف من غلاف خارجي من الألمنيوم مع لوح زجاجي وأنابيب نحاسية عددها (10) ، قطر الأنبوب (12 mm) و من مجمعين من النحاس طول (96 cm) و قطر المجمع (20 mm) مع سطح ماص مدهون بطلاء أسود خاص باللواقط الشمسية وعازل من مادة الفيبركلاس.

أبعاد اللاقط ( طول 195 cm و بعرض 90 cm ) المساحة الإجمالية $1.85\ m^2$ .

●**اللواقط الشمسية ذات الأنابيب المفرغة** Evacuated Tubes Collectors

فالنموذج ETC 10 يتألف من:

مجمع الأنابيب المفرغة عدد الأنابيب / 10 / أنابيب، السطح الإجمالي: $1.8\ m^2$

كما يوجد النموذج ETC 20 و يتألف:

مجمع الأنابيب المفرغة عدد الأنابيب / 20 / أنبوب، السطح الإجمالي: $3.25\ m^2$

2. الخزان الحراري للماء الساخن (تخزين) :

لا تتوافر الطاقة الشمسية دائماً في الوقت المطلوب (وقت الحاجة). لذلك فإن الخزان الحراري يعتبر عنصراً مهماً في نظام الطاقة الشمسية حيث يتم تخزين الحرارة (الماء الساخن) به.

إن حجم الخزان الحراري يعتمد على نوعية النظام وعلى مساحة سطح المجمع.

حيث يبلغ حجم الخزان المستخدم في نظام الطاقة الشمسية لتسخين الماء 50 لتر للمتر المربع من مساحة سطح المجمع.

أما حجم الخزان المستخدم في نظام الطاقة الشمسية لتسخين الماء ودعم نظام التدفئة يبلغ100 لتر للمتر المربع من مساحة سطح المجمع.

كما يعتمد التصميم على شكل الخزان الحراري المستخدم و طريقة التخزين والاستخدام كما هو موضح بالشكل رقم \ 3 \ نموذج ( a ) و( b ) :

نموذج( a ): خزان حراري ثنائي التسخين

الحسنات:

-سعر منخفض

-هي عنصر من حزمة النظام المعيارية.

السيئات:

-زمن تحميل طويل جداً للأسطوانة.

-حوالي 40 % من حجم الماء يعاد تسخينه بوساطة المرجل.

-لهذا السبب، تكون قدرة التسخين بوساطة الطاقة الشمسية منخفضة نسبياً.

-كمية كبيرة من ماء الصالح للاستخدام الصحي

-زيادة خطر نمو(البكتيريا) التي تسبب الأمراض المعدية.

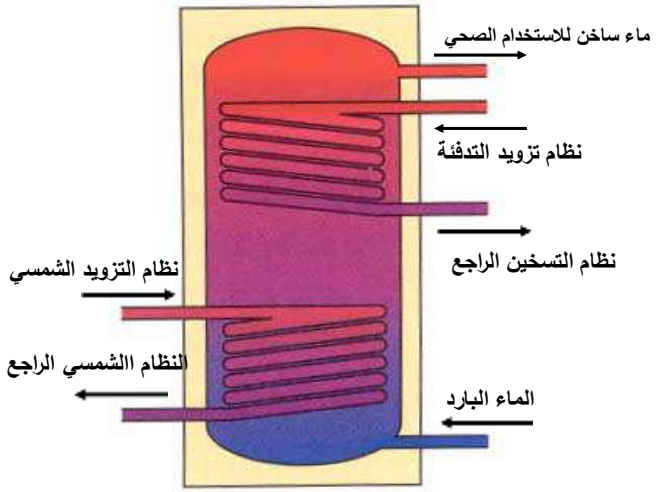
نموذج ( b ) : خزان حراري مدمج مع مرجل ماء ساخن

الحسنات:

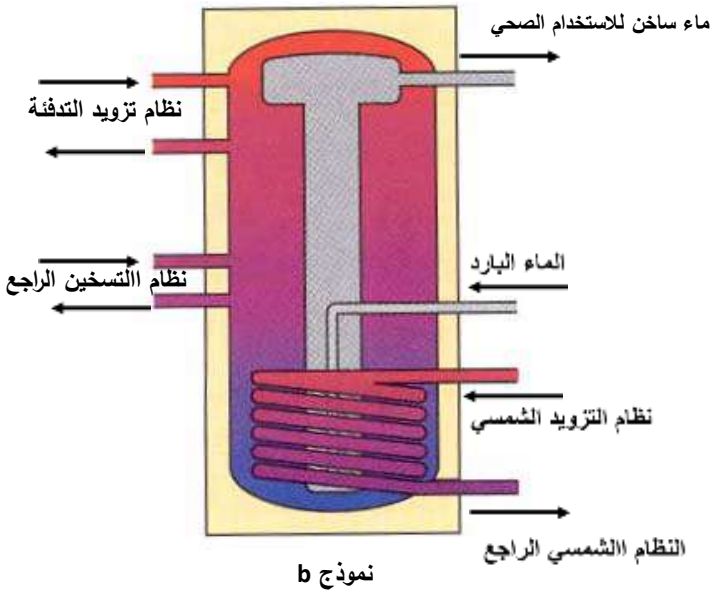
-كمية قليلة من الماء الصالح للاستخدام الصحي مع سعة تخزين عالية.

-لا يوجد نمو (البكتيريا) التي تسبب الأمراض المعدية.

-تسخين سريع للأسطوانة بالطاقة الشمسية.




نموذج a




نموذج b

**شكل ١ 3ا: نماذج للخزانات الحرارية المستخدمة.**

3. مراجل أو مسخنات كهربائية لدعم نظام التدفئة.
4. أنابيب التوصيل.
5. مجموعة صمامات وأجهزة تحكم بدرجات الحرارة والتدفق:

وهي مجموعة متكاملة تضم مجموعة الضخ ( Regusol ) كما هو موضح بالشكل رقم \ 4 \ :

الشكل ( a ) يمثل مجموعة الضخ :

المواصفات :

- ارتفاع محدود.
- ترمومتر (ميزان حرارة مدمج في مقبض الصمام الكروي)
- مجموعة أمان مدمجة.
- إمكانية وصل خزان اضافي.
- عزل مغلق (مضخة داخل العزل).

النماذج :

- مضخة 130 mm، ارتفاع= 425 mm (متضمنة العزل)
- مضخة 180 mm، ارتفاع= 375 mm (متضمنة العزل)

الشكل ( b ) يمثل مقياس درجات الحرارة (الترمومتر) وصمامات كروية :

المواصفات :

- مقاييس درجات الحرارة (إحداها متوضع على الخط الذاهب والآخر على الخط الراجع ) وهي مفيدة للتحكم الوظيفي للنظام.
- إن كمية الحرارة العائدة (الراجع) يمكن تحديدها بالربط مع جهاز قياس التدفق.

الصمام الكروي في الراجع هو صمام كروي ثلاثي المسالك. عند عزل الأنبوب، الوصلة من المجمع إلى الخزان الإضافي و إلى صمام الأمان تبقى مفتوحة.

الشكل ( c ) يمثل صمامات الضبط :

المواصفات :

- صمامات الضبط تتجنب دوران الثقل النوعي في النظام عندما تكون المضخة متوقفة .
- نظام مجهز بصمام ضبط واحد في كل من التزويد والراجع.
- إن مقاييس درجات الحرارة ، الصمامات الكروية، و صمامات الضبط تشكل وحدة متكاملة.

الشكل ( d ) يمثل جهاز قياس التدفق :

المواصفات

- يفيد جهاز قياس التدفق في التحكم الوظيفي، العزل، التنظيم.
- يعتمد معدل التدفق على تصميم نظام الطاقة الشمسية.

مجموعة الضخ

شكل ( a )

الترمومتر/ صمامات كروية

شكل ( b )

صمامات الضبط أو الكبح

شكل ( c )

جهاز قياس التدفق

شكل ( d )

**شكل ١5١: مجموعة ضخ متكاملة من صمامات وأجهزة التحكم بدرجات الحرارة والتدفق**

**النتائج والمناقشة:**

تمت دراسة نموذجين من اللواقط ذات الأنابيب المفرغة نموذج ETC 10 ونموذج ETC 20 مع خزان حراري لتسخين الماء الصحي بشكل أساسي ولدعم التدفئة بشكل ثانوي ومجموعة ضخ ( الموقع الجغرافي شمال سوريا ).

## 1- حساب كمية الحرارة اللازمة لتسخين الماء في اللاقط وعدد اللواقط :

بفرض أن عدد أفراد العائلة خمسة أشخاص وأن استهلاك كل فرد منهم ( 30 ) لتراً يومياً من الماء الساخن بدرجة حرارة تتراوح بين $^{\circ}C$ ( 50 – 60 ) فإن كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الماء من درجة حرارة $T_1$ $^{\circ}C$ عند مدخل المجمع إلى درجة حرارة $T_2$ $C^{\circ}$ عند مخرج المجمع حيث يمكن اعتبار $\Delta T = T_2-T_1 = 35$ $^{\circ}C$ هي :

$$Q = m*C*\Delta T \quad (W) \qquad [4]$$

حيث :

m ( L/day ) كمية الماء اللازم لكافة أفراد العائلة في اليوم $m = 150$ L/day

عدد ساعات عمل النظام في اليوم : 9 hours

C ( J/kg $^{\circ}C$) الحرارة النوعية للماء و تساوي : $C = 4180$ J/kg.$^{\circ}C$ [3]،[6]

$$Q = (150 *1000/ 9*3600*1000)*4180 *35 = 700 \text{ W} = 600 \text{ kcal/h}$$

وبالتالي يمكن تحديد سطح المجمع اللازم وفق العلاقة التالية :

$$F=Q / \eta *I \ (m^2)$$

F سطح المجمع اللازم ( $m^2$)

Q الاستطاعة الحرارية اللازمة ( W )

$\eta$ مردود المجمع

I شدة الإشعاع الساقط على سطح المجمع الشمسي ($W/ m^2$)

وبالتالي يمكن تحديد سطح اللاقط اللازم

في وسط النهار حيث تكون شدة الإشعاع تساوي ($w/ m^2$) 1000 ومردود اللاقط $\eta=0.7$

$$F_1=700/0.7*1000 = 1 \ m^2$$

أما خلال اليوم يكون متوسط شدة الإشعاع الشمسي يساوي ($w/ m^2$) 300 و باعتبار مردود اللاقط $\eta=0.5$

$$F_2=700/0.5*300 = 4.6 \ m^2$$

### حساب عدد اللواقط باعتماد النموذجين ETC 10 , ETC 20

عدد اللواقط $n=F/f$

f سطح اللاقط الواحد للنموذج ETC 10 و يساوي $1.8 \ m^2$ وبالتالي :

$$n_1=4.6/1.8=2.55$$

يمكن استخدام ثلاثة لواقط

f سطح اللاقط الواحد للنموذج ETC 20 و يساوي $3.25 \ m^2$ و بالتالي :

$$n_2=4.6/3.25=1.42$$

يمكن استخدام لاقطين

## 2- حساب التدفق:

### 2-1 نظام ذو تدفق منخفض:

يعمل هذا النظام بكمية تدفق منخفضة وفروقات كبيرة في درجات الحرارة أي حوالي $\Delta T=30^{\circ}C$ وبهذه الطريقة يتم الوصول إلى درجة حرارة عالية كافية في القسم العلوي من الخزان الحراري بالسرعة الممكنة مثال ˚C ( 55– 50 )

حساب التدفق المنخفض:

$$V=Q/(C*\Delta T)$$

حيث :

Q ( W ) كمية الحرارة اللازمة لتسخين الماء في اللواقط $Q=700\ W$

$\Delta T$ (˚C ) فروقات درجة الحرارة في اللاقط $\Delta T=30^{\circ}C$

C (J/kg˚C ) السعة الحرارية للماء $C = 4180\ J/kg^{\circ}C = 4180\ Ws/kg\ ^{\circ}C$

$$V = 700/(4180*30) = 5.58x10^{-3}\ kg/s$$

ρ ( $kg/m^3$) الكتلة النوعية للماء $\rho = 0.988x10^3\ kg/m^3$ عند درجة حرارة 50 ˚C

$$V = 5.58x10^{-3} / 0.988x10^3 = 21\ l/h$$

### 2-2 نظام ذو تدفق عالٍ :

يعمل هذا النظام بكمية تدفق مرتفعة وفروقات منخفضة في درجات الحرارة أي حوالي $\Delta T=13^{\circ}C$

حيث يتم تسخين كمية أكبر من الماء في الخزان الحراري ولكن درجة الحرارة تزداد ببطء (تأثير إيجابي على فعالية النظام بسبب الفقد القليل)

حساب التدفق العالي:

$$V=Q/(C*\Delta T)$$

حيث :

Q ( W ) كمية الحرارة اللازمة لتسخين الماء في اللواقط $Q=700\ W$

$\Delta T$ (˚C ) فروقات درجة الحرارة في اللاقط $\Delta T=13^{\circ}C$

C (J/kg˚C ) السعة الحرارية للماء $C = 4180\ J/kg^{\circ}C = 4180\ Ws/kg\ ^{\circ}C$

$$V = 700/(4180*13) = 0.013\ kg/s$$

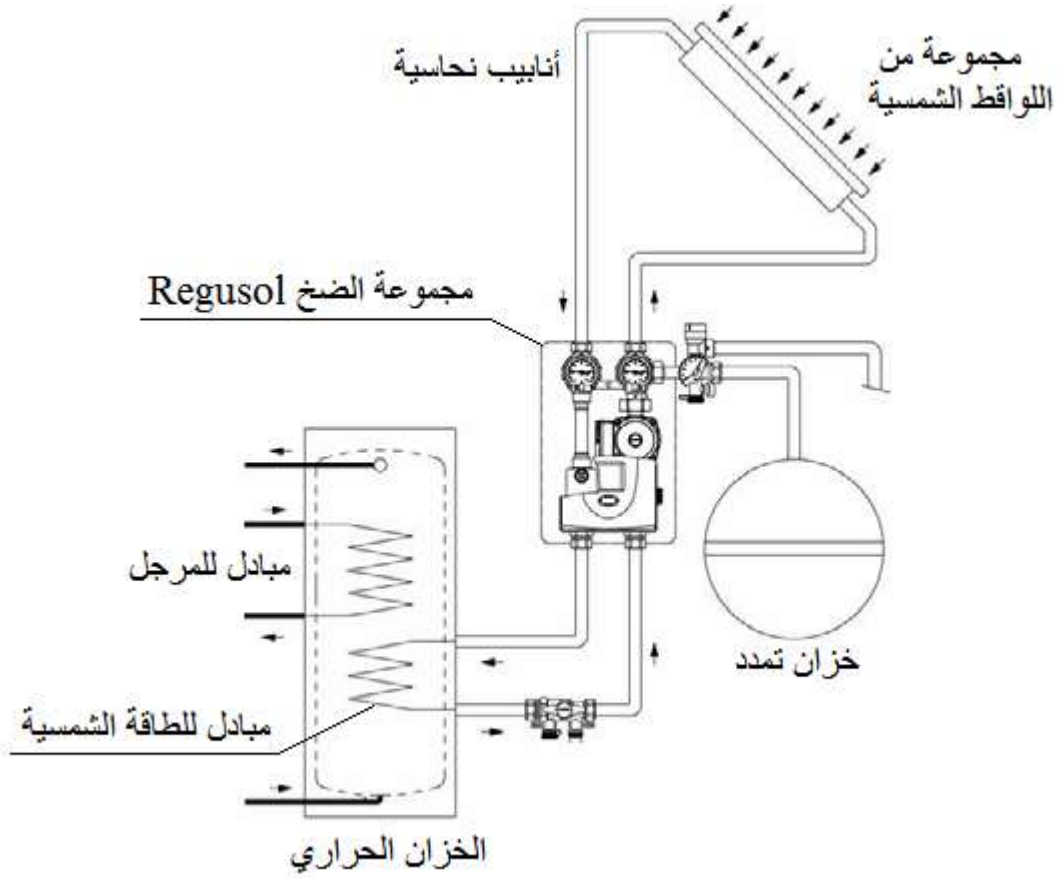
ρ ( $kg/m^3$) الكتلة النوعية للماء $\rho = 0.988x10^3\ kg/m^3$ عند درجة حرارة 50 ˚C

$$V = 0.013 / 0.988x10^3 = 48\ l/h$$

## 3- تصميم مجموعة الضخ "Regusol" :

تم في دراسة تصميم مجموعة الضخ اعتماد نظام التدفق العالي مع أحد نماذج اللواقط الشمسية المذكورة سابقا .

الدارة المدروسة مؤلفة من مجموعة من اللواقط الشمسية مع مجموعة الضخ المطلوب تصميمها و خزان حراري و مبادل حراري بالإضافة إلى أنابيب نحاسية . كما هو مبين بالشكل \ 6 \ :




**الشكل \ 6\ : الدارة المدروسة المؤلفة من مجموعة من اللواقط الشمسية مع مجموعة الضخ وخزان حراري ومبادل حراري بالإضافة إلى الأنابيب النحاسية**

**المجموعة المعتمدة:**تم اختيار مجموعتين من اللواقط المفرغة ذات النموذج (ETC 20) بمساحة إجمالية 6.5 $m^2$

**وقت الدراسة :** وسط النهار حيث تكون شدة الإشعاع تساوي (1000 ($W/m^2$ ومردود اللاقط $\eta=0.7$ وبالتالي مساحة اللاقط الشمسي اللازمة لكل 700 W تحسب من العلاقة التالية : $F=700/0.7*1000 = 1\ m^2$

الاستطاعة : $Q=6.5\ m^2*700\ W/m^2 =4550\ W$

معدل التدفق للمتر المربع من مساحة سطح المجمع =48 l/(h*m²)

معدل التدفق الإجمالي $V = 6.5\ m^2 * 48\ l/(h*m^2) = 312\ l/h$

الطول الإجمالي للأنابيب النحاسية العاملة = 30 m

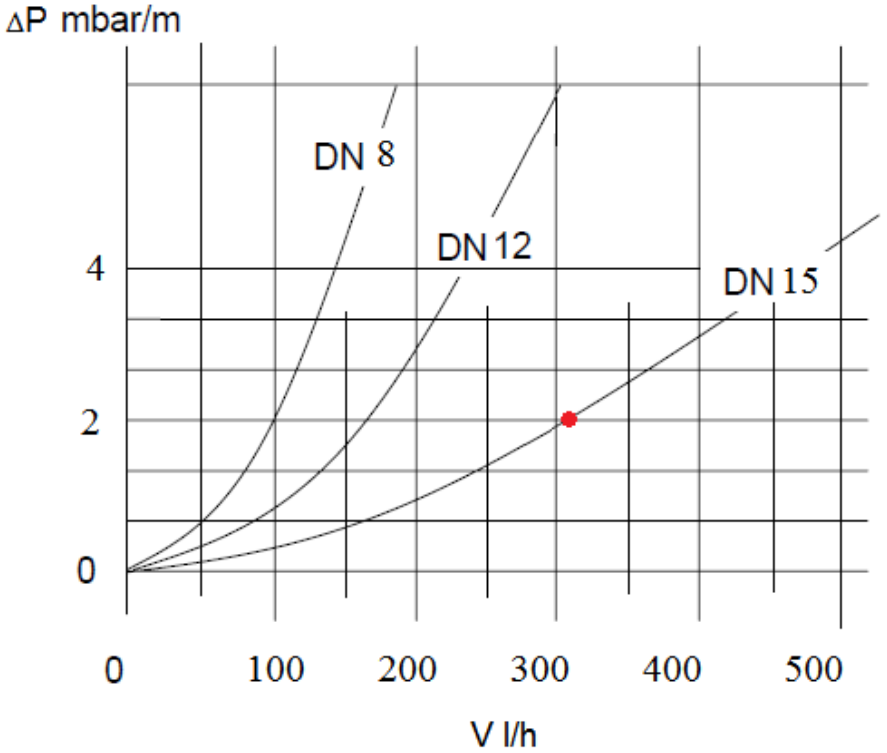
فاقد الضغط في الأنابيب النحاسية DN 15 يحدد من الشكل \ 7 \:

2.0 mbar/m (أنبوب نحاسي 18*1 mm)

و باعتبار أن الفاقد في متممات الأنابيب يعادل 30 % من فاقد الضغط في الأنابيب

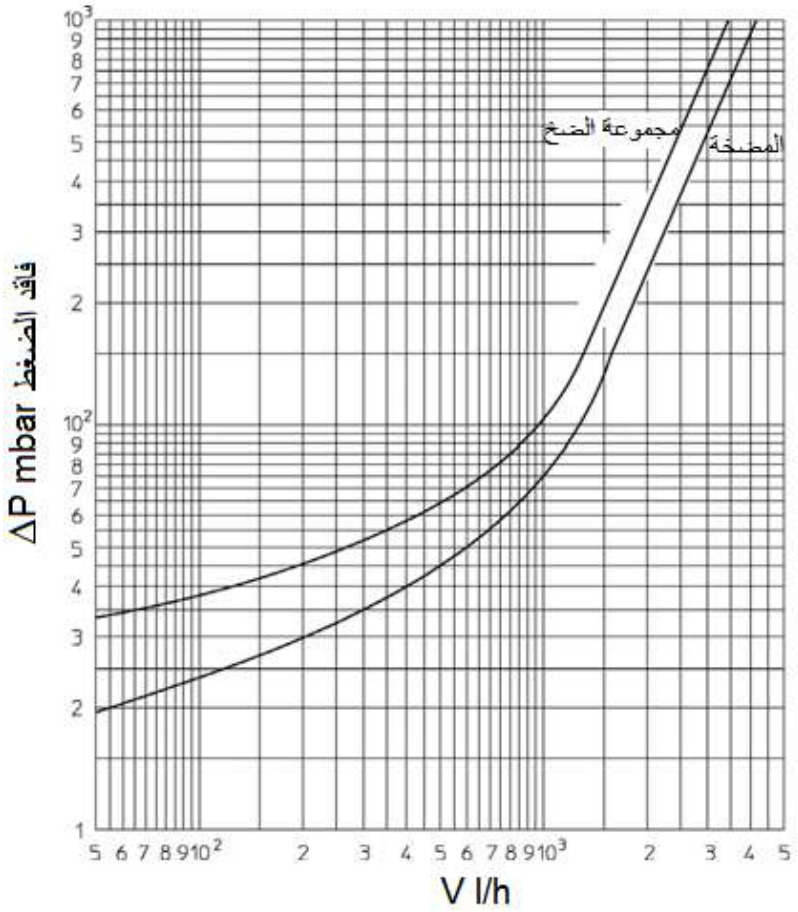
يصبح Δp فاقد الضغط للأنابيب النحاسية:

Δp=30 m * 2.0 mbar /m * 1.3 = 78 mbar




**الشكل \ 7 \ فاقد الضغط في الأنابيب النحاسية**

فاقد الضغط في مجموعة الضخ "Regusol" يحدد من الشكل \ 8 \ :




**الشكل \ 8 \ فاقد الضغط في مجموعة الضخ**

فاقد الضغط في مجموعة الضخ = (DN 25) 52 mbar

فاقد الضغط في اللاقط ETC 20 (حدد من قبل الشركة المصنعة للواقط) =80 mbar

فاقد الضغط في مبادل الخزان الحراري (حدد من قبل الشركة المصنعة للمبادلات) = 37 mbar

**المجموع الإجمالي لفاقد الضغط من أجل غزارة 312 l/h هو 247 mbar**

## 4- تحديد كمية المياه الساخنة التي تؤمنها اللواقط الشمسية والوفر المادي :

نبين ما توصلنا إليه من خلال دراسة ثلاثة لواقط شمسة نموذج ETC 10 بمساحة ( $1.8\ m^2$ ) :

**الجدول \ 1 \ : كمية المياه التي تؤمنها ثلاثة لواقط شمسة نموذج ETC 10 على مدار العام بدرجة حرارة حوالي $50\ C^\circ$**

| الشهر | ك2 | شباط | آذار | نيسان | أيار | حزيران | تموز | آب | أيلول | ت1 | ت2 | ك1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| لتر | 300 | 405 | 420 | 505 | 570 | 675 | 810 | 876 | 825 | 625 | 450 | 305 |

**الجدول \ 2 \ :الوفر المادي الناتج عن استخدام لاقط شمسي واحد بدلا" من سخان كهربائي باستطاعة 2000 W**

| فترة استرداد قيمة السخان الشمسي ( سنة ) | المصروف السنوي ل. س \ الوفر السنوي \ | الاستهلاك الكهربائي السنوي ( كيلووات ساعي ) | عدد ساعات تشغيل السخان الكهربائي \ يوميا" \ |
|---|---|---|---|
| 6.85 | 8760 | 2200 | 3 |
| 4.11 | 14600 | 3650 | 5 |
| 2.05 | 29200 | 7300 | 10 |
| 1.71 | 35050 | 8760 | 12 |
| 1.37 | 43800 | 10950 | 15 |
| 1.05 | 58400 | 14600 | 20 |

## الاستنتاجات والتوصيات:

إن دراسة أنظمة الطاقة الشمسية وطرق تخزين هذه الطاقة والتحكم بها يمكننا من الاستفادة من هذه الطاقة على مدار العام.

نستنتج مما سبق بأن استخدام جميع الطاقات البديلة وخاصة أنظمة الطاقة الشمسية مهم في حياتنا اليومية من الناحية الاقتصادية والبيئية ويجب علينا استغلال هذه الطاقة المتجددة بشكل جيد ضمانا" للحاضر والمستقبل ، حيث إن دراسة جهاز طاقة شمسية مؤلف من ثلاث لواقط شمسية نموذج ETC 10 بمساحة ( $1.8 \times 3 = 5.4\ m^2$ ) يمكننا من استنتاج ما يلي :

1- يمكن أن يوفر أكثر من طن من أكسيد الكربون في السنة الواحدة.

2- يوفر وقود (احفوري) : 300 L من النفط أو $300\ m^3$ من الغاز في السنة.

3- يكفي لتزويد الماء الساخن لمنزل مؤلف من خمسة أشخاص.

4- التقليل من استهلاك الطاقة، ومن الخسائر الناتجة عن أنظمة تسخين ونقل الماء التقليدية.

5- يمكن توفير حوالي ( 60 – 70 ) % من تكاليف تسخين المياه.

6- إن تشغيل الطاقة الشمسية هو دائم خلال وجود أشعة الشمس وهذا يعطي من الطاقة حوالي عشرين مرة أكثر من المطلوب إنتاجه للاستخدام.

**المراجع:**

*1*- JUI SHENG HSIEH. *Solar Energy Engineering, Prentice*-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey Institute of Technology, 1986,417.

*2*-AGAMI REDDY, T. *The Design and Sizing of Active Solar Thermal Systems*, Oxford: Clarendon Press, 1987,410.

*3- American Society Of Heating , Refrigerating , Air conditioning Engineer,* ASHRAE Guide U.S.A,2009,2500.

*4*-E,Krasnoshchekov,A.S.Sukomel. *Problems in Heat transfer* ,Moscow,1977,400.

*5- Fluid Mechanics*, Dr. AZOUZ Doreid , Aleppo University Publications,1982,596.

*6 -Heat transfer*, Dr. NAHHAS Ahmad , Aleppo University Publications,1987,358.

*7*-<www.crem-ltd.com/renewables_solar.html>

8-<www.tradekorea.com/products/Solar_energy_collector.html>

9-<dnr.mo.gov/energy/renewables/solar6.htm>

10-<www.greenspec.co.uk/thermal-storage.php>

11-<www.solarserver.com>