

دراسة تأثير توزيع حمل الماء الساخن على الأداء الحراري لنظام التسخين الشمسي

الدكتور رامي جورج*

(قبل للنشر في 2004/12/27)

□ الملخص □

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير التغير في توزيع حمل الماء الساخن المنزلي على الأداء الحراري لنظام التسخين الشمسي وذلك من أجل فترات زمنية مختلفة لتوزيع الماء الساخن (ساعة) $h = 6, 12, 24$. وقد تم تحليل الحمل الحراري الساعي لنظام التسخين الشمسي باستخدام برنامج على الحاسوب، تحت تأثير التغيرات الساعية لحمل الماء الساخن وشدة الإشعاع الشمسي لتحديد كمية الحمل الحراري اليومية، الشهرية والسنوية التي يتم تزويدها بنظام الطاقة الشمسية المدروس وذلك بالنسبة لمساحات مختلفة للمجمع الشمسي، كما تم دراسة نسبة التغطية الشمسية في هذه الحالات أيضاً. ويلاحظ من هذه الدراسة أن تأثير التغير في توزيع الحمل الحراري للماء الساخن ليس ذا أهمية على كل من كمية الحمل الحراري للماء الساخن ونسبة التغطية الشمسية المزودة من النظام الشمسي.

* مدرس في قسم هندسة القوى الميكانيكية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا.

A Study of the Influence of Hot Water Load Distribution on the Thermal Performance of Solar Water Heating System

Dr. Rami George*

(Accepted 27/12/2004)

□ ABSTRACT □

The main aim of this research is to study the effect of variation in the hot water load distribution on the thermal performance of the solar water heating system for several patterns of hot water load distribution ($h = 6, 12, 24$ hours). The hourly thermal load of solar water heating system was analyzed by a computer simulation program using hourly changes of hot water loads and hourly solar radiation intensity to determine the daily, monthly and yearly quantity of hot water load and solar fraction supplied by suggested solar energy system for different areas of the solar collector. We notice from this work that hot water load distribution has no significant effect on the quantity of hot water load and solar fraction supplied by solar system.

* Lecturer, Mechanical Power Engineering Department, Faculty Of Mechanical And Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

يعتبر تأمين الماء الساخن للاستخدامات المنزلية من الاستخدامات الأكثر شيوعاً لأنظمة الطاقة الشمسية في الوقت الحاضر، ويعود هذا إلى الطلب اليومي المنتظم للماء الساخن عند درجات حرارة متوسطة. وتستخدم الأنظمة الشمسية لتسخين الماء المنزلي على مدار السنة، وهي تختلف عن أنظمة تدفئة أو تبريد المكان المستخدمة فقط في فصل الشتاء أو الصيف على الترتيب.

توضح هذه الدراسة التحليل الحراري لنظام الطاقة الشمسية من أجل تأمين الماء الساخن لبناء سكني مؤلف من ثلاثة طوابق في كل طابق شقتان ومجموع عدد القاطنين فيه هو 24 شخصاً، ويقع هذا البناء في مدينة اللاذقية حيث خط العرض هو 35.5° . وقد تم كتابة المعادلات الرياضية لكل مركبات نظام الطاقة الشمسية المختار ثم تم ربطها للحصول على نموذج النظام. وسوف يستخدم هذا النموذج من أجل الحسابات الساعية، اليومية، الشهرية والسنوية لكمية الطاقة التي سيتم تأمينها من قبل هذا النظام لتغطية الحمل اللازم للماء الساخن لبناء سكني واقع في مدينة اللاذقية.

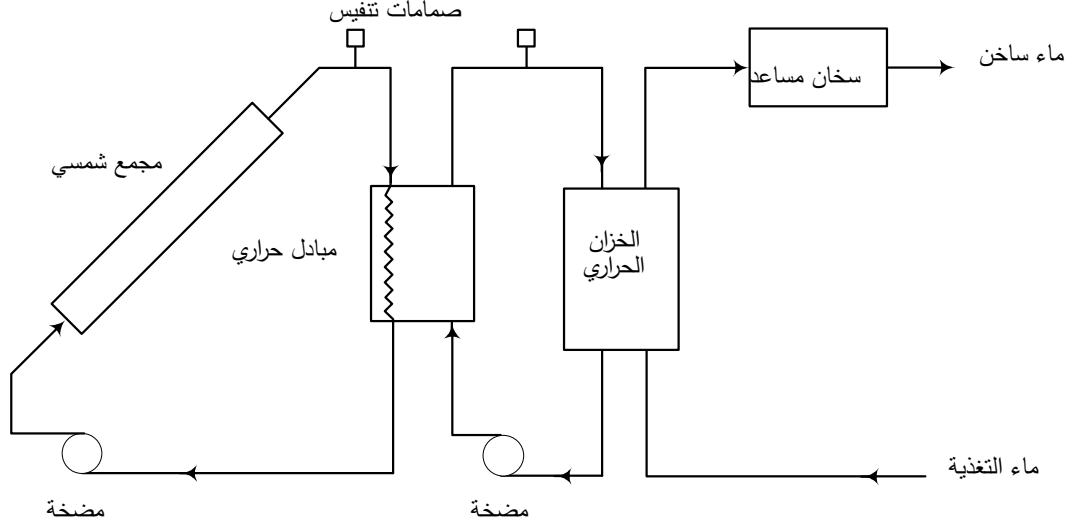
إن السمة الجديدة لهذه الدراسة هي أن التحليل الحراري الساعي لكل أيام السنة سوف ينجز على نظام الطاقة الشمسية لتأمين ماء الخدمة الساخن تحت تأثير الشروط المناخية الساعية للموقع الجغرافي المحدد، حيث هذا التحليل يعطي الاستخدام الأفضل للإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض من خلال تغيرات شدتها على مدار العام.

وصف نظام تسخين الماء المنزلي الشمسي:

ظهرت أنواع مختلفة للأنظمة الشمسية لتسخين الماء المنزلي خلال السنوات القليلة الماضية، لكن النوع الأكثر شيوعاً بين هذه الأنواع هو النظام الذي يستخدم الماء مع سائل مانع التجمد لنقل الحرارة من المجمع الشمسي كما هو مبين في الشكل (1) حيث يتكون هذا النظام من العناصر التالية (المجمع الشمسي، المبادل الحراري، الخزان الحراري، السخان الإضافي، مضخات التسريع، صمامات تنفيس ونظام التحكم الأوتوماتيكي).

وعندما يزداد فرق درجات الحرارة بين الماء الخارج من المجمع الشمسي والماء الموجود في أسفل الخزان الحراري عن قيمة محددة فإن الترموستات ينشط المضخات اللازمة لتدوير محلول مانع التجمد والماء في المجمع والخزان الحراري. حيث يمتص الماء الحرارة ويعود إلى الخزان الحراري عبر مبادل حراري وبعدئذ يسحب الماء الساخن من الخزان لتغطية الحمل الحراري.

ومن أجل تأمين تدفق حمل حراري مناسب وثابت للماء الساخن يتم تزويد النظام بسخان إضافي لمساعدة مصدر الطاقة الشمسية عندما تكون درجة الحرارة في الخزان أقل من درجة الحرارة الدنيا المطلوبة حيث يرفع من درجة حرارة الماء إلى الدرجة المطلوبة. ويمكن وضع السخان الإضافي ضمن الخزان أو خارجه على خط الماء الخارج من الخزان رغم أن تركه ضمن الخزان هو أبسط وأقل كلفة، لكن له أثر سلبي حيث يؤدي إلى رفع درجة حرارة المحلول الداخل إلى المجمع وبالتالي يزيد من الضياعات الحرارية من المجمع الشمسي وهذا يؤدي بدوره إلى خفض المردود الحراري للمجمع الشمسي.



الشكل (1) النظام المقترح لتسخين الماء بالطاقة الشمسية

حساب شدة الإشعاع الشمسي الساقط على المجمع الشمسي:

من أجل التحليل الفعال لنظام الطاقة الشمسية لا بد من المعرفة الدقيقة لقيم شدة الإشعاع الشمسي في المنطقة المدروسة. فالطريقة المستخدمة لحساب شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح مائل تحت ظروف واقعية هي بشكل أساسي تلك الطريقة المقترحة من قبل ASHRAE (المجمع الأمريكي لمهندسي التدفئة، التبريد وتكييف الهواء).

شدة الإشعاع الشمسي الكلي الساعي الساقط على المجمع الشمسي المائل تعطى بالعلاقة التالية [1,2]:

$$[W/m^2] \quad (1) \quad H_t = H_B R_B + H_d \left(\frac{\rho_g}{\rho} + \cos \theta \right) \frac{\rho_g}{\rho} + (H_B + H_d) \rho_g \frac{\rho_g - \cos \theta}{2 \rho}$$

حيث:

H_B : الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على سطح أفقي ويحسب من العلاقة التالية [3,4]:

$$[W/m^2] \quad H_B = H_{Bn} \sin \alpha = A e^{-B/\sin \alpha} \sin \alpha \quad (2)$$

H_d : الإشعاع الشمسي المبدد الساقط على سطح أفقي ويحسب من العلاقة التالية [5,6]:

$$[W/m^2] \quad H_d = C H_{Bn} = C A e^{-B/\sin \alpha} \quad (3)$$

$$R_B = \frac{\cos i}{\sin a} \quad [1] \quad \text{معامل ميل الإشعاع المباشر ويعطى بالعلاقة [1]}$$

A, B, C : ثوابت خاصة بكل شهر من أشهر السنة وتؤخذ من [1].

i : زاوية سقوط الإشعاع الشمسي على المجمع.

a : زاوية ارتفاع الشمس.

s : زاوية ميل المجمع الشمسي.

r_g : معامل انعكاس الأرض للإشعاع الشمسي.

وفي السنوات الأخيرة أولى كثير من الاهتمام لدراسة الأداء الحراري لأنظمة الطاقة الشمسية بهدف إيجاد نموذج رياضي ملائم لتشغيل النظام تحت الظروف المناخية المتغيرة. يعتمد هذا النموذج لتقييم السلوك الحراري المستقبلي للنظام على المعلومات المتوفرة والمتعلقة بالسلوك الحراري السابق للنظام وقيم البارامترات المختلفة للنظام. إن نموذج النظام هو عبارة عن تمثيل رياضي للسلوك الحراري أو الفيزيائي لعناصر هذا النظام ويتم ذلك بربط المعادلات الرياضية المناسبة لهذه العناصر. يستلزم إنجاز هذا التحليل للنظام الشمسي حلاً أنياً لمجموعة معادلات رياضية خلال فترة زمنية محددة. غالباً ما يتم هذا التحليل عددياً بواسطة الحاسب باستخدام معطيات المناخ والأحمال الحرارية كمعطيات أولية من أجل الحصول على المعلومات المطلوبة عن الأداء الحراري لنظام الطاقة الشمسية [7].

إن هذا التحليل يمكن من حساب كمية الطاقة التي تم تزويدها من قبل نظام الطاقة الشمسية لتغطية أحمال الماء الساخن وأيضاً كمية الطاقة الإضافية المطلوبة من المصدر الحراري المساعد.

النموذج الرياضي للمجمع الشمسي:

يمثل المجمع الشمسي العنصر الأساسي لالتقاط الطاقة الحرارية في نظام الطاقة الشمسية. وغالباً تستخدم المجمعات الشمسية المسطحة في أنظمة تأمين الماء الساخن للاستخدامات المنزلية والتي تعمل حتى درجة الحرارة $95[^\circ\text{C}]$. وتتميز المجمعات المسطحة بأنها سهلة التركيب وذات كلفة منخفضة نسبياً، وهي لا تحتوي على أجزاء متحركة وهي سهلة الصيانة وموثوق بها.

ويمكن كتابة كمية الطاقة الساعية المفيدة التي يتم الحصول عليها من المجمع الشمسي المسطح من معادلة التوازن الحراري للمجمع الشمسي، حيث أن معدل الكسب الحراري المفيد هو الفرق بين الطاقة الشمسية الممتصة وكمية الحرارة الضائعة من المجمع إلى الجو المحيط. إن كمية الطاقة المفيدة المزودة من قبل المجمع الشمسي إلى الخزان الحراري تحسب من العلاقة التالية [2,1]:

$$[W] \quad Q_u = A_c F_R' [(\tau \alpha) H_t - U_c (T_s - T_a)] \quad (4)$$

حيث:

F_R' : معامل المبادل الحراري والمجمع ويحسب من العلاقة [6,8]:

$$(5) \quad F_R' = F_R \frac{\dot{e}}{\hat{e}} + \frac{A_c F_R U_c}{(mc_p)_c} \frac{\alpha}{\epsilon_c} \frac{(mc_p)_c}{(mc_p)_{\min}} - 1 \frac{\dot{u}}{\hat{u}}$$

A_c : مساحة المجمع الشمسي $[m^2]$.

T_s : درجة حرارة خزان التخزين $[^\circ\text{C}]$.

T_a : درجة حرارة الوسط الخارجي $[^\circ\text{C}]$.

U_c : معامل الفقد الحراري للمجمع الشمسي $[W/m^2\text{ }^\circ\text{C}]$.

$\tau\alpha$: حاصل جداء نفاذية غطاء المجمع وامتصاصية الصفيحة الماصة.

F_R : معامل انتقال حرارة المجمع.

ϵ_c : فعالية المبادل الحراري بين المجمع والخزان الحراري.

$(mc_p)_{\min}$: تساوي القيمة الأقل بين $(mc_p)_s$ و $(mc_p)_c$ $[W/^\circ\text{C}]$.

$(mc_p)_c$: حاصل جداء معدل التدفق والحرارة النوعية في دارة المجمع $[W/°C]$.

$(mc_p)_s$: حاصل جداء معدل التدفق والحرارة النوعية في دارة الخزان $[W/°C]$.

يجب الملاحظة أن المعادلة (4) تستخدم عند ضخ المائع خلال المبادل الحراري للمجمع وخلال دورة الخزان الحراري والمبادل الحراري بحيث يتم الحصول على كمية الطاقة الحرارية المفيدة وهذا يعني أن الجزء الموجود بين الأفراس في المعادلة (4) له قيمة موجبة.

النموذج الرياضي للخزان الحراري:

الطاقة الشمسية هي طاقة تابعة للزمن، وإن حمل الماء الساخن تابع للزمن أيضاً ولكن بشكل مختلف عن تزويد الطاقة الشمسية. وبالنتيجة فإن تخزين الطاقة الحرارية المزودة من قبل المجمع الشمسي يكون ضرورياً عندما يراد تغطية القسم الأكبر من الحمل الحراري من قبل الطاقة الشمسية.

تخزن الطاقة في الخزان الحراري على شكل حرارة محسوسة في الماء، وسوف نفترض عند كتابة النموذج الرياضي للخزان الحراري أنه لا توجد طبقات في مائع الخزان (ممزوج كلياً) بحيث تكون درجة الحرارة الخارجة من الخزان مساوية لدرجة الحرارة الوسطية في الخزان. لذلك نستطيع إيجاد معدل تغير الطاقة الداخلية للماء المخزن بكتابة معادلة التوازن الحراري اللحظي للخزان الحراري. إن معدل الحرارة المخزنة في الخزان هو الفرق بين الحرارة المعطاة بواسطة المجمع ومجموع الحرارة المعطاة للحمل وفقد الحرارة من الخزان كما يلي [2,7]:

$$(6) \quad M_s c_p \frac{dT_s}{dt} = Q_u - Q_{w,s} - Q_{TL}$$

حيث:

M_s : كتلة الماء في الخزان الحراري $[L]$.

c_p : السعة الحرارية للماء $[J/kg°C]$.

dT_s/dt : معدل تغير درجة حرارة الماء مع الزمن $[J/s]$.

Q_u : كمية الطاقة الشمسية المزودة إلى الخزان الحراري $[W]$.

$Q_{w,s}$: حمل الماء الساخن المنزلي المزود بواسطة نظام الطاقة الشمسية عن طريق المبادل الحراري $[W]$.

Q_{TL} : الفقد الحراري من الخزان الحراري $[W]$.

الضياع الحراري من الخزان الحراري

يتوقف الضياع الحراري Q_{TL} من الخزان الحراري على شكل الخزان وطريقة عزله ومواد العزل المستخدمة

ويعطى بالعلاقة التالية:

$$(7) \quad [W] \quad Q_{TL} = (UA)_s (T_s - T_a)$$

حيث:

$(UA)_s$: حاصل جداء معامل الفقد الحراري للخزان مع مساحته $[W/°C]$.

حمل الماء الساخن المزود من النظام الشمسي

إن حمل الماء الساخن الساعي وفقاً لعدد ساعات توزيعه اليومي h يعطى بالعلاقة التالية:

$$[W] \quad Q_{w,l} = \frac{1}{h' \cdot 3600} N_p V_p \rho c_p (T_w - T_m) \quad (8)$$

حيث:

N_p : عدد الأشخاص القاطنين في المبنى.

V_p : حجم الماء الساخن الذي يحتاجه كل شخص في اليوم [شخص. يوم/L].

r : كثافة الماء [kg/L].

$(mc_p)_w$: حاصل جداء معدل التدفق الكتلي لماء الخدمة مع الحرارة النوعية [W/°C].

T_w : أدنى درجة حرارة مقبولة للماء الساخن [°C].

T_m : درجة حرارة ماء التغذية الرئيسي [°C].

h : عدد الساعات التي يتم وفقاً لتوزيع حمل الماء الساخن.

إن الحمل الأعظمي للماء الساخن المزود من نظام الطاقة الشمسية يعطى بالعلاقة التالية:

$$[W] \quad Q_{wm} = (mc_p)_w (T_s - T_m) \quad (9)$$

وبالتالي فإن الكمية الفعلية لحمل الماء الساخن المزودة من قبل نظام الطاقة الشمسية عبر المبادل الحراري يمكن التعبير عنها كما يلي:

$$[W] \quad Q_{w,s} = \min(Q_{w,m}, Q_{w,l}) \quad (10)$$

وبالتالي عندما تكون درجة الحرارة في الخزان أقل من أدنى درجة حرارة مقبولة للماء الساخن عندها يتم التزويد بالطاقة الحرارية من السخان المساعد لتغطية الحمل اللازم لتسخين ماء الخدمة، ويمكن صياغة كمية الحرارة اللازمة من المصدر المساعد كما يلي:

$$[W] \quad Q_{Aux,w} = (mc_p)_w (T_w - T_s) \quad (11)$$

بتعويض المعادلات (4)، (7)، (10)، في المعادلة (6) ينتج:

$$M_s c_p \frac{dT_s}{dt} = A_c F_R' [(t \alpha) H_t - U_c (T_s - T_a)] - \min(Q_{w,m}, Q_{w,l}) - (UA)_s (T_s - T_a) \quad (12)$$

هناك طرق عديدة كثيرة لتكامل هذه المعادلة، ولكن أكثر هذه الطرق شيوعاً هو تكامل Euler البسيط بحيث أن المعادلة التفاضلية الأساسية المعطاة بالعلاقة (12) يمكن التعبير عنها على شكل فروق محدودة يمكن حلها من أجل درجة حرارة ماء الخزان في نهاية الفترة الزمنية المحددة. بفرض أن (T_s) خلال ساعة تكون ثابتة وهي مساوية للقيمة عند نهاية الفترة (أي بعد مرور ساعة) فيصبح تكامل المعادلة السابقة كما يلي [2, 7]:

$$T_s = T_{sb} + \frac{\Delta t}{(M_s c_p)_s} \{ A_c F_R' [(\tau \alpha) H_t - U_c (T_{sb} - T_a)] - \min(Q_{w,m}, Q_{w,l}) - (UA)_s (T_{sb} - T_a) \} \quad (13)$$

حيث:

T_{sb}, T_s : هما درجتا حرارة التجميع في بداية ونهاية الفترة الزمنية [°C].

بهذا التقريب فإن درجة الحرارة بعد مرور الساعة تكون محسوبة كتابع للزمن من درجة الحرارة في بداية الساعة لأجل معطيات إدخال وإخراج معلومة، مع فرض ثبات كل من درجة الحرارة الخارجية T_a ، وعامل الضياع الحراري خلال الفترة الزمنية (عادة ما تساوي هذه الفترة الزمنية ساعة واحدة). يتم تكرار المعادلة السابقة خلال فترة زمنية ضمن مجال (يوم، شهر وسنة). يفترض هذا التحليل بأن نظام الطاقة الشمسية يعمل بالحالة المستقرة خلال فترة زمنية واحدة.

نسبة التغطية الشمسية

من الملائم في كل من التحليل الحراري والتحليل الاقتصادي لأداء نظام الطاقة الشمسية إظهار مساهمة الطاقة الشمسية من الحمل الكلي لمعرفة كمية الطاقة التقليدية الواجب شراؤها. يمكن التعبير عن مساهمة نظام الطاقة الشمسية بنسبة التغطية f ، أي الجزء من متطلبات أحمال الماء الساخن للبناء التي تزود من قبل نظام الطاقة الشمسية والذي يعطى بالعلاقة التالية [1,7]:

$$f = \frac{Q_{w,s}}{Q_{w,L}} \quad (14) \quad [\%]$$

حيث:

$Q_{w,s}$: حمل الماء الساخن المزود من نظام الطاقة الشمسية [W].

$Q_{w,L}$: حمل الماء الساخن للبناء السكني [W].

بناءً على المناقشة السابقة لتحليلنا الحراري لنظام الطاقة الشمسي سوف يتم حساب تغير كمية الحمل الحراري للماء الساخن المزود من النظام الشمسي بالإضافة إلى حساب نسبة التغطية الشمسية اليومية والشهرية والسنوية بالعلاقة مع تغير توزع الحمل الحراري للماء الساخن.

الجدول (1) القيم العددية للبارامترات المعتمدة في حسابات نظام التسخين الشمسي

البارامترات	القيم	الوحدة
A_c	5 و 20	m^2
s	35.5°	-
$F_R'(ta)$	0.73	-
$F_R'U_c$	5.96	$W/m^2^\circ C$
c_{pc}	3.35	$kJ/kg^\circ C$
ϵ_c	0.7	-
m_c	0.015	kg/m^2s
m_s	0.015	kg/m^2s
c_{ps}	4.19	$kJ/kg^\circ C$
V_s	75	L/m^2
T_w	60	$^\circ C$
T_m	11	$^\circ C$
V_p	50	$L /$ شخص. يوم
N_p	24	شخص

وصف البرنامج واستعراض النتائج والمناقشة:

تم وضع برنامج حسابي باستخدام اللغة C++ للتحليل الرياضي السابق. يبين الشكل (7) المخطط الصندوقي للبرنامج الحسابي بحيث يعمل هذا البرنامج كما يلي:

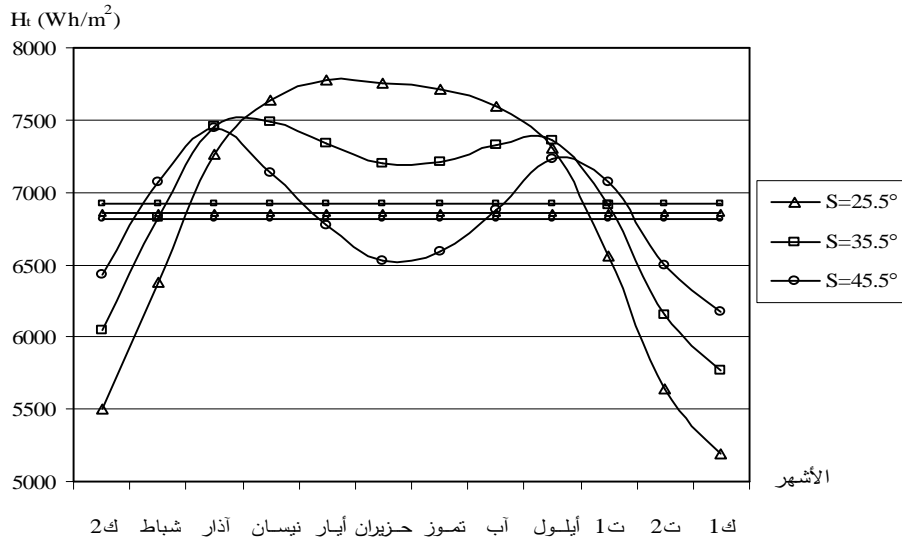
- يقوم بحساب شدة الإشعاع الشمسي المباشر والمبدد والكلبي الساعي وذلك بعد إدخال المعطيات الخاصة بالموقع المدروس بالإضافة إلى الثوابت الخاصة بكل شهر من أشهر السنة، ويتم تخزين النتائج في قاعدة بيانات.
- باستخدام النتائج السابقة وبالاعتماد على قيم درجات الحرارة المناخية الساعية للموقع [9] يقوم البرنامج بالحساب الحراري لنظام التسخين الشمسي أي تحديد الأحمال الحرارية المزودة، ونسبة التغطية الساعية واليومية والشهرية ثم السنوية ويقوم بتخزين هذه النتائج في قاعدة بيانات.

إن المعلومات التي استخدمت عند تطبيق هذا البرنامج تخص مدينة اللاذقية من ناحية الموقع ودرجات الحرارة، أما المعلومات المتعلقة بالنظام فهي مبينة في الجدول (1)، ولكن يعتبر هذا البرنامج عام بحيث يمكن تطبيقه على أي موقع جغرافي ومن أجل معطيات مختلفة متعلقة بنظام التسخين الشمسي ومكوناته.

يمكن استعراض النتائج ومناقشتها ضمن النقاط التالية:

تأثير زاوية ميل المجمع الشمسي على شدة الإشعاع الشمسي

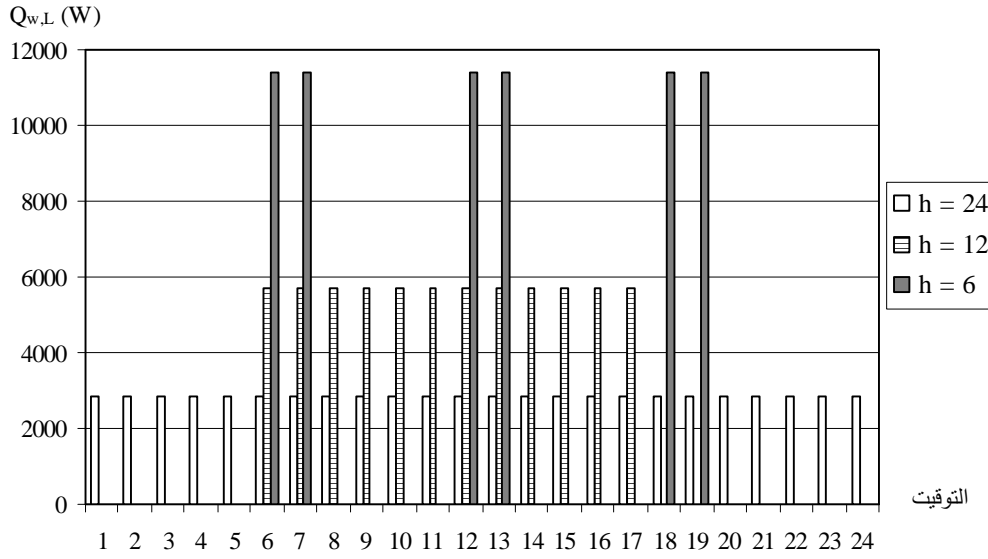
تمت هذه الدراسة على نظام تسخين شمسي يستخدم المجمع المسطح حيث مواصفاته مبينة في الجدول (1)، ويميل بزاوية ميل معينة لالتقاط أعظم كمية من الإشعاع الشمسي، ويبين الشكل (2) تأثير زاوية ميل المجمع الشمسي على القيم الوسطية الشهرية والسنوية لشدة الإشعاع الشمسي الكلي اليومي الساقط على وحدة المساحة لمجمع مائل بزوايا مختلفة. ومن الواضح في الشكل (2) أن أفضل ميل للمجمع الذي يتم عنده التقاط أكبر كمية من الإشعاع هو يساوي زاوية خط العرض للموقع المدروس أي 35.5° .



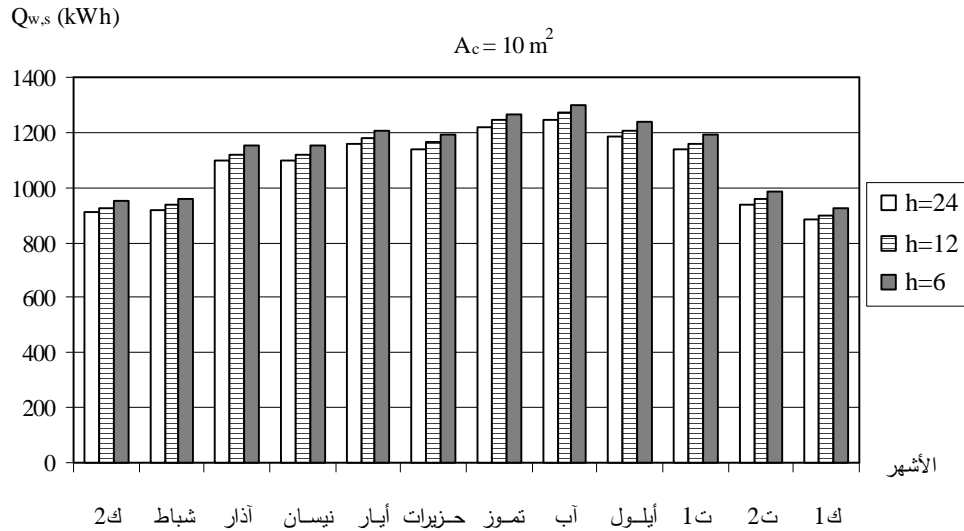
الشكل (2) تأثير زاوية ميل المجمع الشمسي

تأثير تغير توزيع الحمل الحراري للماء الساخن على كمية الحمل المزود من نظام الطاقة الشمسية

يبين الشكل (3) توزيع حمل الماء الساخن لفترات زمنية مختلفة (ساعة) $h = 6, 12, 24$ فقد تم في هذا البحث دراسة تأثير توزيع الأحمال الحرارية للماء الساخن على الكميات اليومية، الشهرية والسنوية لأحمال الماء الساخن المزودة من قبل نظام الطاقة الشمسية. تبين الأشكال (4a)، (4b)، (4c) تغيرات القيم الشهرية لأحمال الماء الساخن المزود من النظام عند تغير توزيع حمل الماء الساخن من أجل مساحات مختلفة للمجمع الشمسي وهي $A_c = 10, 15, 20 \text{ m}^2$. بينما يبين الشكل (5) تغير القيم السنوية لأحمال الماء الساخن عند تغير توزيع حمل الماء الساخن بالنسبة للمساحات التي تم ذكرها أعلاه. حيث نلاحظ من هذا الشكل عند مساحة معينة للمجمع الشمسي أن تغير الكمية السنوية لحمل الماء الساخن من أجل أي توزيع لحمل الماء الساخن يكون صغيراً جداً ويمكن إهماله.



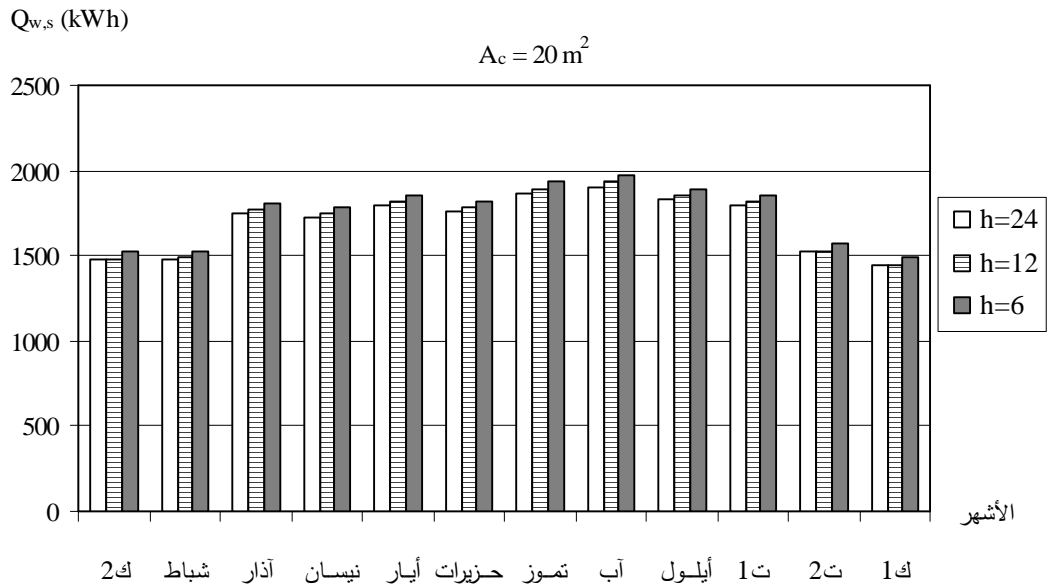
الشكل (3) توزيع حمل الماء الساخن



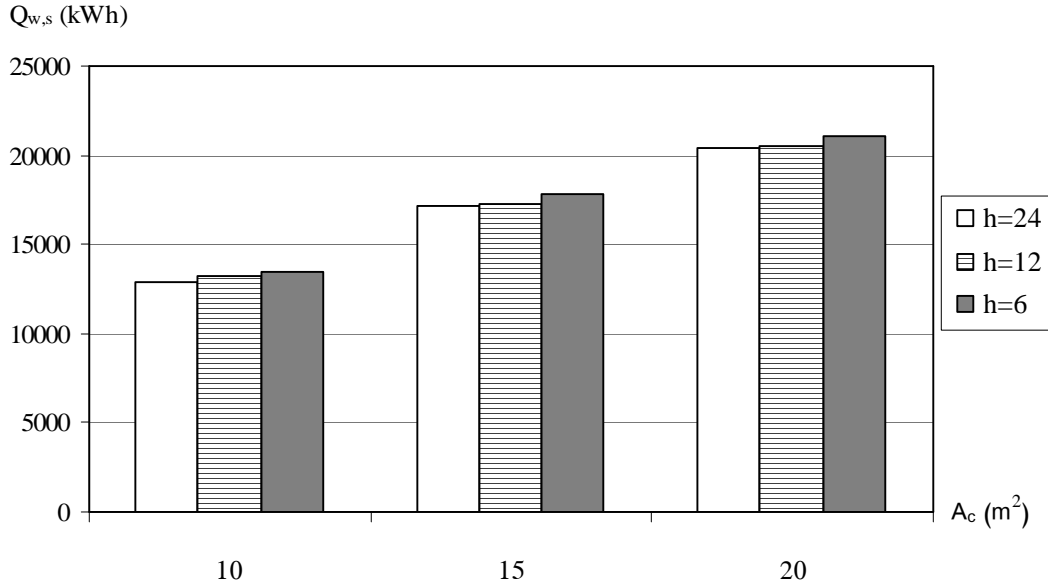
الشكل (4a) تأثير توزيع حمل الماء الساخن على أحمال الماء الساخن الشهرية



الشكل (4b)



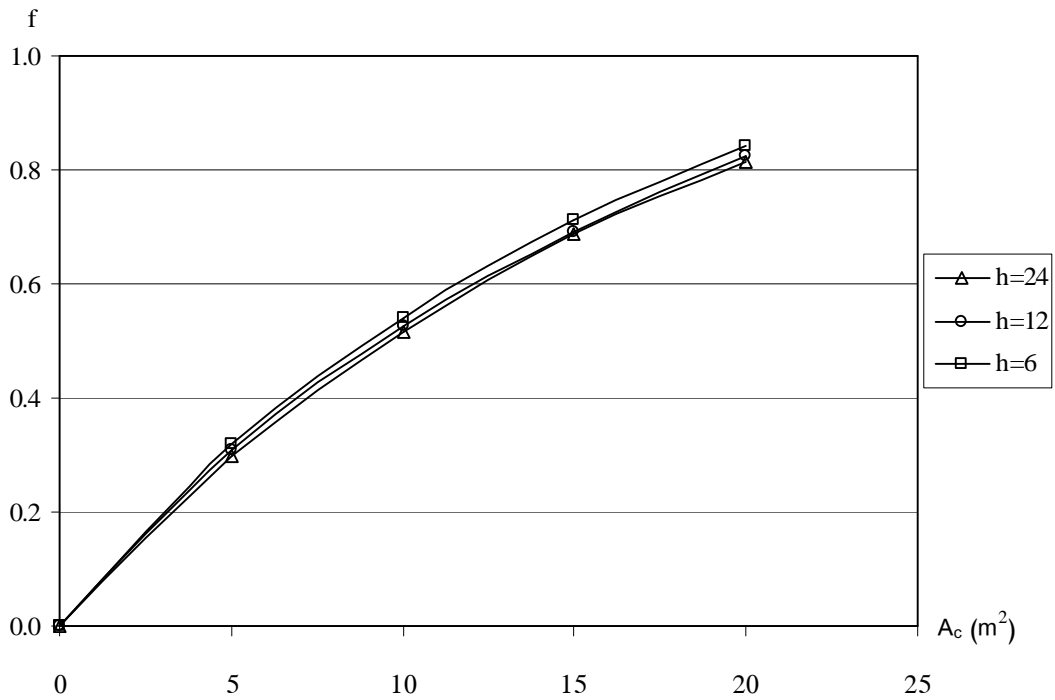
الشكل (4c)



الشكل (5) تأثير توزيع حمل الماء الساخن على الأحمال السنوية المزودة بالنظام الشمسي لأجل مساحات مختلفة للمجمع الشمسي

تأثير تغير توزيع حمل الماء الساخن على نسبة التغطية الشمسية

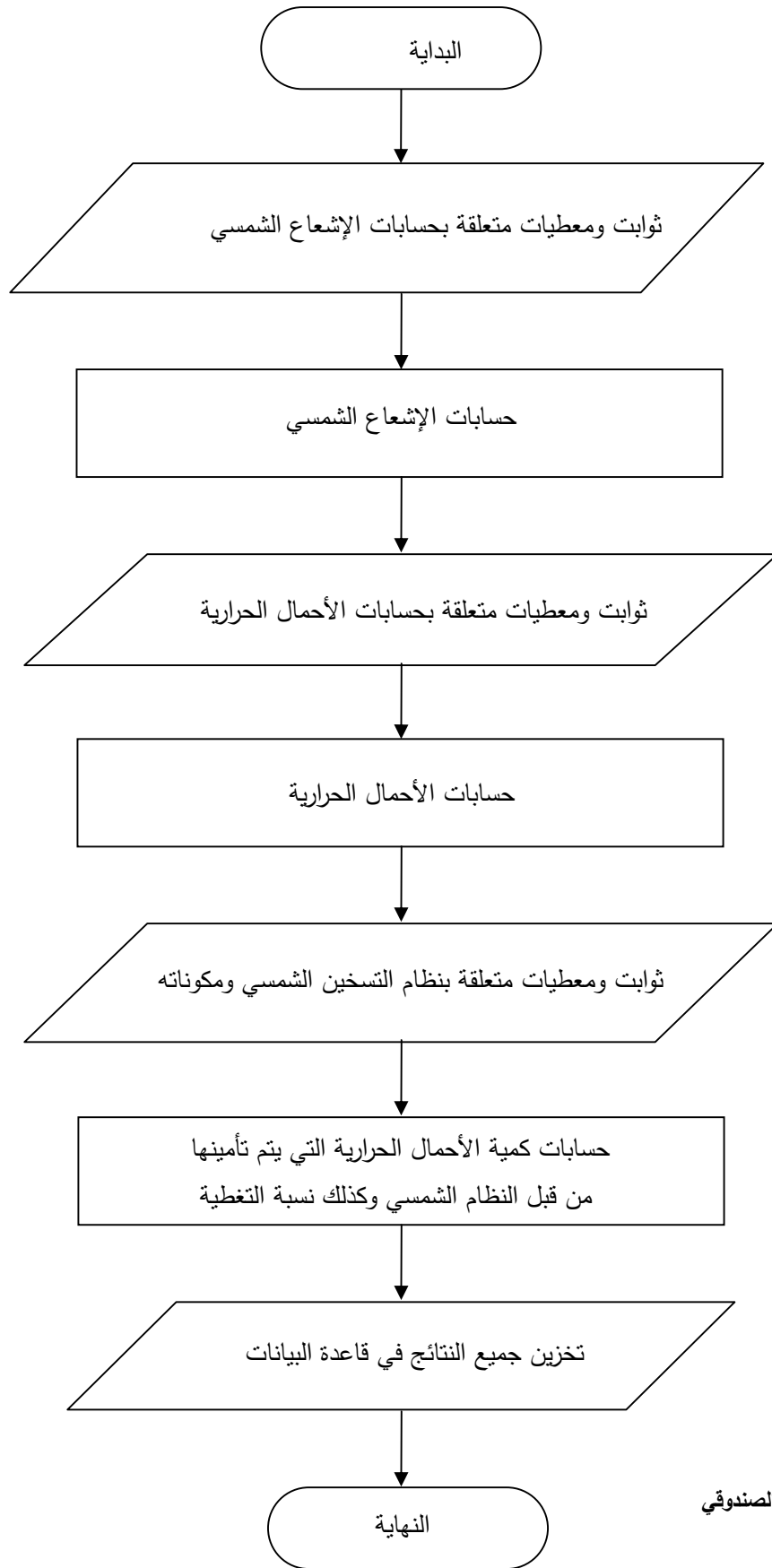
إن تغيرات نسبة التغطية الشمسية اليومية، الشهرية والسنوية قد تم حسابها كتابع لتغير توزيع حمل الماء الساخن. حيث يبين الشكل (6) العلاقة بين توزيع حمل الماء الساخن مع القيم السنوية لنسبة التغطية لأجل مساحات مختلفة للمجمع الشمسي، حيث يلاحظ من الشكل أنه عند مساحة معينة للمجمع الشمسي فإن تأثير تغير توزيع حمل الماء الساخن على نسبة التغطية الشمسية السنوية يكون طفيفاً وغير فعال. بالإضافة إلى ذلك يلاحظ عند أي توزيع للحمل الحراري للماء الساخن إن تأثير مساحة المجمع الشمسي على نسبة التغطية السنوية تتزايد حتى مساحة معينة (حتى $A_c = 20m^2$) حيث يلاحظ أن الخط البياني يميل إلى الثبات بعد ذلك أي لا فائدة من زيادة مساحة المجمع الشمسي بعد قيمة معينة لأنها لن تنعكس على نسبة التغطية بالطاقة الشمسية.



الشكل (6) العلاقة بين توزيع حمل الماء الساخن مع نسبة التغطية الشمسية السنوية لأجل مساحات مختلفة للمجمع الشمسي

الخلاصة:

- بعد تحليل الحمل الحراري الساعي الذي يتم تأمينه من قبل نظام التسخين الشمسي لأجل فترات زمنية مختلفة لتوزيع الحمل الحراري للماء الساخن نستنتج ما يلي:
1. من أجل موقع معين وعند استخدام الطاقة الشمسية لتأمين الحمل الحراري للماء الساخن فإن زاوية ميل المجمع الشمسي المثلى تساوي زاوية خط العرض للموقع المدروس حيث يتم عندها التقاط أعظم كمية للإشعاع الشمسي.
 2. من أجل مساحة معينة للمجمع الشمسي وحمل كلي يومي ثابت فإن تأثير التغير في توزيع الحمل الحراري للماء الساخن على الكمية السنوية لحمل الماء الساخن المزود من قبل نظام الطاقة الشمسية يكون صغيراً جداً ويمكن إهماله.
 3. من أجل مساحة معينة للمجمع الشمسي وحمل كلي يومي ثابت فإن تأثير التغير في توزيع الحمل الحراري للماء الساخن على نسبة التغطية الشمسية يكون طفيفاً وغير فعال.
 4. من أجل توزيع معين للحمل الحراري للماء الساخن فإن نسبة التغطية الشمسية تزداد بزيادة مساحة المجمع الشمسي حتى الوصول إلى قيمة معينة بعدها تكون هذه الزيادة غير فعالة مع زيادة مساحة المجمع الشمسي.



الشكل (7) المخطط الصندوقي
للبرنامج الحاسوبي

المراجع:

.....

- [1]. Jui Sheng Hsieh, P. E., 1986 - Solar Energy Engineering, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey Institute of Technology.
- [2]. Duffie, J. A., and BECKMAN, W. A, 1980 – Solar Engineering of Thermal Processes, Wiley Interscience, New York.
- [3]. ASHRAE,1995 - Heating, Ventilating, and Air - Conditioning, Applications, SI Edition, Atlanta.
- [4]. مصطفى محمد السيد، قدري أحمد فتحي، إبراهيم السعيد مجاهد، 1994 - النماذج الحسابية للنظم الحرارية الشمسية، جامعة الملك عبد العزيز، جدة.
- [5]. John D. Myers,1984 - Solar Applications in Industry and Commerce, Prentice-Hall, INC., Englewood Cliffs, New Jersey.
- [6]. Faye C. McQuiston, and Jerald D. Parker, 1988 - Heating, Ventilating, and Air Conditioning. Analysis and Design, Third Edition John Wiley & Sons, New York.
- [7]. Agami Reddy. T, 1987 - The Design and Sizing of Active Solar Thermal Systems, Oxford: Clarendon Press.
- [8]. ASHRAE,1992 - Heating, Ventilating, and Air - Conditioning, Systems and Equipment, SI Edition, Atlanta.
- [9]. المعلومات المناخية، مديرية الأرصاد الجوية، دمشق .