

## محاكاة لاقط القطع المكافئ المركب الشمسي ذو مستقبل أنبوبي (CPC) باستخدام تقنية تتبع الشعاع

الدكتور رامي جورج\*

رامي جبل\*\*

(تاريخ الإيداع 21 / 10 / 2015. قُبل للنشر في 14 / 1 / 2016)

### □ ملخص □

يهدف هذا البحث إلى تطوير النموذج الرياضي الذي صممه Rabi للاقطع المكافئ المركب الشمسي عن طريق استخدام مستقبل اسطواني بدلاً من المستقبل المسطح، حيث تم محاكاة انعكاس الإشعاع الشمسي المباشر وغير المباشر على لاقط القطع المكافئ المركب الشمسي. تم من خلال البحث إيجاد المعادلات باستخدام الهندسة التحليلية لحساب الإحداثيات الديكارتية للسطح العاكس، ثم تم حساب الأشعة الساقطة والمنعكسة على اللاقط. حيث تم تطوير برنامج MATLAB لتوليد البيانات وطباعة الأشعة المنعكسة من خلال استخدام 10000 شعاع بصورة عشوائية وفقاً لمحاكاة مونت كارلو العشوائية لكل زاوية للشعاع. من خلال البحث وجدنا أن اللاقط ذو زاوية نصف القبول  $\theta_c = 35^\circ$  هي الأفضل من حيث مساحة فتحة اللاقط وكمية الإشعاع الشمسي الوارد. أظهر البحث أن مردود لاقط القطع المكافئ ذو المستقبل الأنبوبي ينخفض بزيادة نصف قطر المستقبل وبزيادة طولها عند نفس درجة حرارة الدخول للوسيط الناقل. كما أظهر أن مردود لاقط القطع المكافئ ذو المستقبل الأنبوبي أعلى من مردود اللاقط ذو المستقبل المسطح عند نفس الشروط.

**الكلمات المفتاحية:** لاقط قطع مكافئ مركب، الطاقة الشمسية، محاكاة مونت كارلو.

\* أستاذ - قسم هندسة القوى الميكانيكية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية  
\*\*طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم هندسة القوى الميكانيكية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

## Simulation of Solar Compound Parabolic Collector (CPC) Without solar tracking system

Dr. Rami George\*  
Rami Jabal\*\*

(Received 21 / 10 / 2015. Accepted 14 / 1 / 2016)

### □ ABSTRACT □

The aim of current work is to develop a mathematical model designed by Rabl for compound parabolic collector (CPC) using tubular receiver instead of the flat receiver. The simulation was carried out for reflection of direct and indirect solar radiation incident on the compound parabolic collector.

The equations were evaluated using analytical geometry for calculating the Cartesian coordinates of the reflecting surface, then the falling and reflected rays on the detector were calculated. A MATLAB program was developed to generate the data and print the reflected rays through the use of 10000 rays at random position according to the random Monte Carlo simulation for each angle of the rays. We found that the optimum value of half acceptance angle is  $35^\circ$ .

This investigation showed that the efficiency of compound parabolic collector decreases with increasing the radius and length of receiver at the same inlet temperature of working fluid. Also showed that the efficiency of compound parabolic collector with tubular receiver is higher than collector with flat receiver at the same conditions.

**Key words:** Compound Parabolic Collector (CPC), Solar Energy, Monte Carlo Simulation.

---

\* Professor, Mechanical Power Engineering Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\* Postgraduate student, Mechanical Power Engineering Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**مقدمة:**

إن المركبات الشمسية الخطية هي طريقة لتركيز الإشعاع الشمسي لتسخين الوسيط المستخدم، هي عادة مرايا مشكلة (بشكل وعاء) والذي يركز الحرارة من الشمس على الأنبوب الذي يحمل الوسيط الخاص حيث تتزايد درجة حرارة السائل أثناء مروره عبر الأنبوب على طول اللاقط الشمسي، حيث يمتد الأنبوب على كامل طول المرايا. من الصفات المرغوبة في المركبات الشمسية العمل لفترات طويلة دون الحاجة إلى تتبع الشمس وذلك للتعبيدات التي تضفيها أنظمة تتبع الشمس. المركبات التي سنتعرض لها في هذا البحث لها القدرة أن تعكس إلى المستقبل جميع الأشعة الساقطة على فتحة الدخول بزوايا مختلفة ولكن في حدود معينة، هذه الحدود تعرف زوايا القبول للمركز، ولما كانت جميع الأشعة في حدود زوايا القبول تتعكس إلى المستقبل، فيكون الإشعاع المشتت في حدود زوايا القبول مفيداً أيضاً.

أجريت عدة أبحاث نظرية وتجريبية عن اللواقط الشمسية لتحويل الإشعاع الشمسي إلى حرارة بواسطة سائل كوسيط عامل، اعتمدت معظم الدراسات على دراسة التأثير الحراري [1,2,3,4,5]. قام بعض الباحثين بإجراء دراسات تتبع للإشعاع الشمسي وفق نماذج مختلفة للاقط القطع المكافئ المركب فمثلاً قام [6] James Marston Andrew بإجراء تتبع للإشعاع الشمسي للاقط تم تصميمه اعتماداً على معادلات بيزيه الرياضية التي تقوم بخلق منحنى يمس المستقيمات الواصلة بين عدة نقاط والتي هي النقاط المحددة للاقط.

قام [7] Rabl.Ari بإجراء دراسة لتأمين قاعدة منطقية لتحديد أي أنواع المركبات هو الأكثر مناسبة للتطبيقات العملية، تمت مقارنة مركبات شمسية متعددة بدلالة أهم الخصائص العامة لها وهي: التركيز الاسمي وزاوية القبول والحساسية لخطأ المرآة وقياس مساحة العاكس والرقم الوسطي للانعكاسات، حيث تم تحليل العلاقة بين التركيز وزاوية القبول ودرجة حرارة التشغيل للاقط الشمسي وفق صيغ حسية تقود لإجراء بسيط لتصميم اللواقط مع تركيز أعظمي (يجب ألا يسمح للإشعاع المشع من قبل اللاقط بالمغادرة خارج زاوية القبول للمركز)، وتم اقتراح بعض المركبات الجديدة المتضمنة استخدام المجمعات ذات القطع المكافئ المركبة كواقط مرحلة ثانية للواقط القطع المكافئ التقليدية أو مرايا فريسل.

**أهمية البحث وأهدافه:**

تكمن أهمية البحث من خلال إمكانية الاستفادة من الإشعاع الشمسي دون الحاجة لنظام تتبع شمسي، حيث أن كل جانب من مجمع القطع المكافئ المركب من جزء من قطع مكافئ بحيث تقع بؤرة القطع الأيمن على سطح القطع الأيسر وكذلك بؤرة القطع الأيسر على سطح القطع الأيمن ويمتد المستقبل بين البؤرتين، ويمتد كل جانب حتى يتوازي سطح القطع مع محور المجمع المركب.

إن الهدف من هذه الدراسة الوصول لنموذج رياضي للاقط القطع المكافئ المركب الشمسي ذو مستقبل أنبوبي يمكن تصنيعه عملياً، ويحقق الغاية المطلوبة من حيث وصول الأشعة للمستقبل خلال معظم ساعات الإشعاع الشمسي ودون الحاجة لنظام تتبع شمسي.

**طرائق البحث ومواده:**

تم في هذا البحث الاعتماد على المحاكاة وفق بيئة MATLAB باستخدام محاكاة مونتّي كارلو العشوائية للحصول على نتائج أقرب للقيم الفعلية للاقط القطع المكافئ المركب الشمسي ذو المستقبل الأنبوبي، حيث تمت محاكاة الشكل الهندسي لعاكس اللاقط من خلال تقسيمه إلى جزأين:

- الأول هو الجزء الشاقولي من العاكس والذي أخذناه من نموذج Rabl والذي يعبر عنه الشكل (1).
- الثاني هو الجزء الملامس للمستقبل أخذنا معادلته من المعادلات الرياضية للاقط خزان مدمج والذي يعبر عنه الشكل (2).

بعد رسمهما تم مطابقة الجزأين من خلال مطابقة المماس لنهاية الجزء الأول من المماس للجزء الثاني وبالتالي حصلنا على اللاقط المدمج.

**النموذج الرياضي للاقط القطع المكافئ المركب الشمسي:**

تم دمج العلاقات الرياضية للاقط القطع المكافئ ذو المستقبل المسطح مع العلاقات الرياضية للاقط الخزان المدمج للحصول على النموذج الرياضي للاقط القطع المكافئ ذو المستقبل الأنبوبي، والذي عبر عنه بالعلاقات التالية:

**الجزء الأول:**

بشكل عملي معظم لواقط CPC تصنع بحيث يكون  $h > \bar{h}$  كما هو موضح في الشكل (1).  
بمناقشة خصائص العاكس فإنه من المفيد استخدام نظام الإحداثيات لرابل كما هو مبين في الشكل (1)، والذي يعتبر جزء من متطلبات الـ CPC [7]:

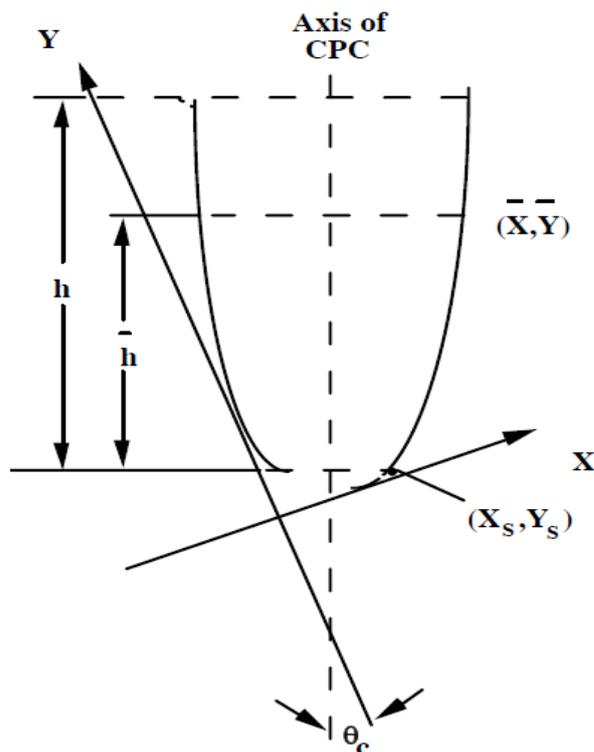
$$y = \frac{x^2}{2s(1 + \sin \theta_c)} \quad (1)$$

وإحداثيات X من نهايتها هو:

$$x_s = s \cos \theta_c \quad (2)$$

و

$$\bar{x} = s \left[ \frac{1 + \sin \theta_c}{\cos \theta_c} \right] \left[ -\sin \theta_c + \left( 1 + \frac{\bar{h}}{h} \cot^2 \theta_c \right)^{1/2} \right] \quad (3)$$



الشكل (1) لاقط القطع المكافئ المركب وفق نموذج رابل.

### الجزء الثاني:

- بالنسبة لجزء العاكس الذي يربط الجزء الأول مع أنبوب المستقبل والذي يعكس الأشعة المحيطة مباشرة بالمستقبل، يتم إعداد النموذج اعتماداً على الشكل (2) الذي يمثل لاقط الخزان المدمج. يعطى طول المماس من المستقبل إلى العاكس وفق المعادلتين التاليتين لجزئي المنحنيين [8,9]:

$$\rho(\theta) = R\theta, |\theta| \leq \theta_c + \pi/2 \quad (3)$$

$$\rho(\theta) = R \left\{ \frac{[\theta + \theta_c + \pi/2 - \cos(\theta - \theta_c)]}{1 + \sin(\theta - \theta_c)} \right\}, \theta_c + \pi/2 \leq \theta \leq 3\pi/2 - \theta_c \quad (4)$$

حيث:

$R$ : نصف قطر المستقبل الأسطواني.

$\theta_c$ : نصف زاوية القبول.

$\rho$ : طول المماس من المستقبل إلى العاكس، والذي يتعلق بالزاوية  $\theta$  بين نصف القطر المتعلق بأسفل المستقبل

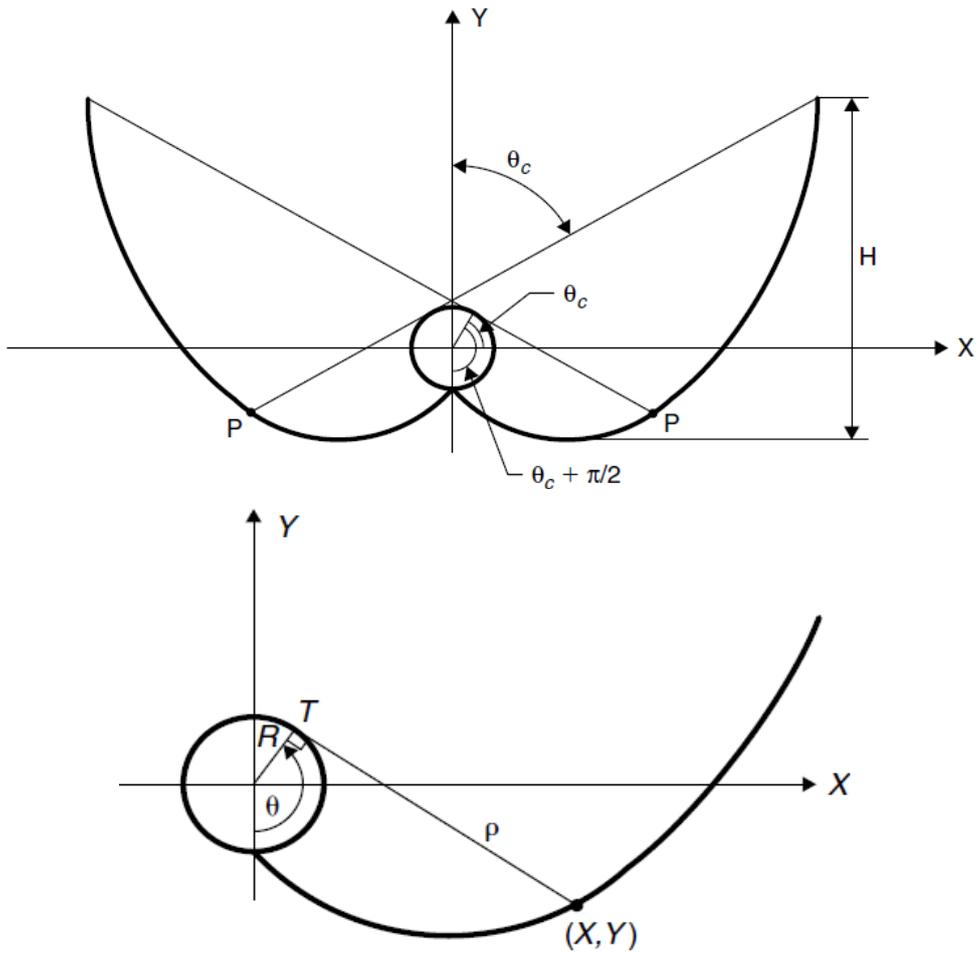
ونصف القطر المرتبط بالمماس عن هذه النقطة T كما في الشكل (2).

المعادلتان السابقتان تعبران عن النقطة P حيث  $\theta = \theta_c + \pi/2$ ، وبالتالي نحصل على المنحني من خلال

زيادة  $\theta$  بالراديان وحساب  $\rho$  بعدها نوجد الإحداثيات X, Y:

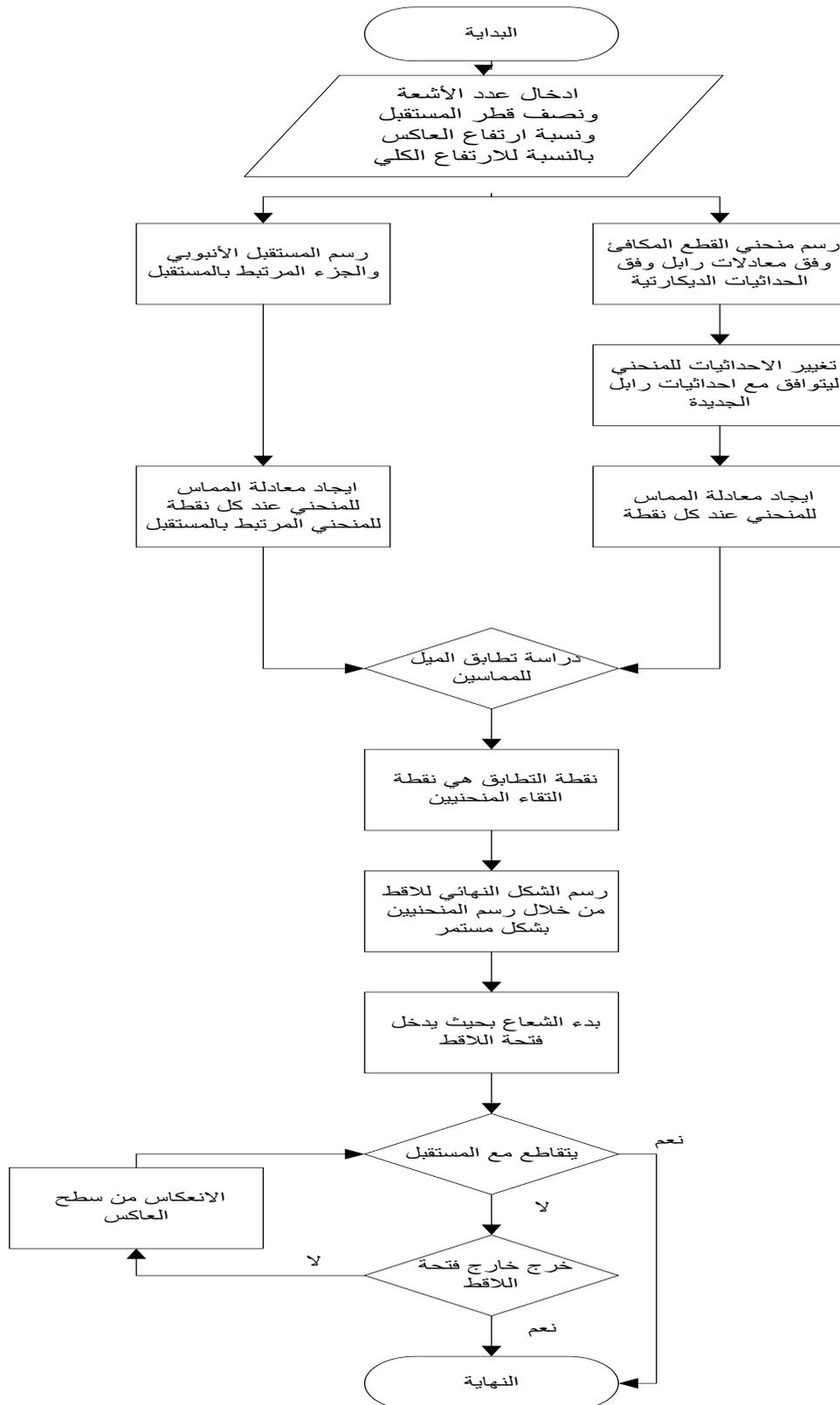
$$X = R \cdot \sin(\theta) - \rho \cdot \cos(\theta) \quad (5)$$

$$Y = -R \cdot \cos(\theta) - \rho \cdot \sin(\theta) \quad (6)$$



الشكل (2) الشكل الهندسي للاقط الخزان المدمج

يبين الشكل (3) المخطط الخوارزمي لبرنامج المحاكاة المستخدم في البحث:



الشكل (3) المخطط الخوارزمي لبرنامج المحاكاة

## الدراسة الحرارية لأداء اللاقط المركب الشمسي:

عند دراسة لاقط مركب شمسي ما فإننا نهتم بكمية الحرارة المفيدة التي يقدمها ومردوده، ويتم إجراء الحسابات

وفق التالي:

• عامل تصحيح الإشعاع المنتشر:

$$\gamma = 1 - \left[ 1 - \frac{1}{c} \right] \frac{G_D}{G_t} \quad (7)$$

حيث:  $C$ : عامل التركيز الهندسي:

$$C = \frac{1}{\sin \theta_c} \quad (8)$$

$G_D$ : الإشعاع المنتشر.

$G_t$ : الإشعاع الكلي.

• الإشعاع الشمسي الممتص من قبل المستقبل:

$$S = G_t \tau_{cover} \tau_{cpc} \alpha_r \gamma \quad (9)$$

$\alpha_r$ : امتصاصية المستقبل..

$\tau_{cover}$ : نفاذية الغطاء الزجاجي للإشعاع الشمسي.

$\tau_{cpc}$ : النفاذية الفعالة للاقط المركب للإشعاع الشمسي ويعبر عنها كالتالي:

$$\tau_{cpc} = \rho_r^n \quad (10)$$

حيث:

$\rho_r$ : معامل انعكاسية عواكس اللاقط المركب.

$n$ : متوسط عدد الانعكاسات.

• يعطى عامل إزالة الحرارة وفق العلاقة:

$$F_R = \frac{\dot{m} c_p}{A_c U_L} \left[ 1 - \exp \left( \frac{-U_L F' A_c}{\dot{m} c_p} \right) \right] \quad (11)$$

$A_c$ : مساحة الغطاء الزجاجي المحيط بالمستقبل.

$F'$ : عامل أداء اللاقط:

$$F' = \frac{1/U_L}{\frac{1}{U_L} + \frac{D_o}{h_{fi} D_i} + \left[ \frac{D_o}{2k} \ln \frac{D_o}{D_i} \right]} \quad (12)$$

$h_{fi}$ : معامل انتقال الحرارة بالحمل داخل أنبوب المستقبل.

وحيث أن الفراغ بين المستقبل والغطاء الزجاجي مفرغ فليس هناك انتقال للحرارة بالحمل وبالتالي اعتماداً على

مساحة المستقبل فإن عامل ضياع الحرارة الكلي للاقط يعطى بالعلاقة:

$$U_L = \left[ \frac{A_r}{(h_w + h_{r,c-a}) A_c} + \frac{1}{h_{r,r-c}} \right]^{-1} \quad (13)$$

$h_{r,c-a}$ : معامل انتقال الحرارة بالإشعاع بين الغطاء الزجاجي والوسط المحيط:

$$h_{r,c-a} = \sigma \varepsilon_g (T_g^2 + T_a^2)(T_g + T_a) \quad (14)$$

$h_{r,r-c}$ : معامل انتقال الحرارة بالإشعاع بين الأنبوب المستقبل والغطاء الزجاجي:

$$h_{r,r-c} = \frac{\sigma (T_r^2 + T_g^2)(T_r + T_g)}{\frac{1}{\varepsilon_r} + \frac{A_r}{A_g} \left( \frac{1}{\varepsilon_g} - 1 \right)} \quad (15)$$

$h_w$ : معامل انتقال الحرارة بالحمل بين الغطاء الزجاجي والوسط المحيط:

$$h_w = N_u k_{tube} / D_g \quad (16)$$

يحسب رقم نوسلت وفق العلاقات التالية من خلال رقم رينولدز  $Re$  كما يلي:

$$Re = \rho V D_g / \mu \quad (17)$$

$$0.1 < Re < 100 \Rightarrow N_u = 0.4 + 0.54(Re)^{0.52} \quad (18)$$

$$1000 < Re < 50000 \Rightarrow N_u = 0.3(Re)^{0.6} \quad (19)$$

• تعطى كمية الحرارة المفيدة للاقط بالعلاقة التالية:

$$Q_u = F_R (S A_a - A_r U_L (T_i - T_a)) \quad (20)$$

• يعطى مردود اللاقط بالعلاقة التالية:

$$\eta = \frac{Q_u}{A_a G_t} \quad (21)$$

يبين الجدول (1) قيم الثوابت المستخدمة في محاكاة اللاقط الشمسي المركب

الجدول (1) قيم الثوابت المستخدمة في محاكاة اللاقط الشمسي المركب

الوصف	البارامتر	القيمة	الوحدة
درجة حرارة الجو المحيط	$T_a$	25	$^{\circ}C$
طول اللاقط	$L_{cpc}$	3	m
متوسط عدد الانعكاسات	$n$	0.77	-
معامل انعكاسية عاكس اللاقط المركب	$\rho_r$	0.9	-
النفاذية الفعالة للاقط المركب	$\tau_{cpc}$	$(\rho_{cpc})^n$	-
نفاذية الغطاء الزجاجي للإشعاع الشمسي	$\tau_{cover}$	0.9	-
التدفق الكتلي للسائل العامل	$\dot{m}$	0.015	Kg/sec
السعة الحرارية للسائل العامل	$C_p$	4180	$J \cdot kg^{-1}$
امتصاصية المستقبل	$\alpha_r$	0.87	-
معامل انتقال الحرارة بالحمل داخل أنبوب المستقبل	$h_{ff}$	330	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
موصولية السائل العامل	$k$	0.651	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
موصولية الأنبوب	$k_{tube}$	15	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

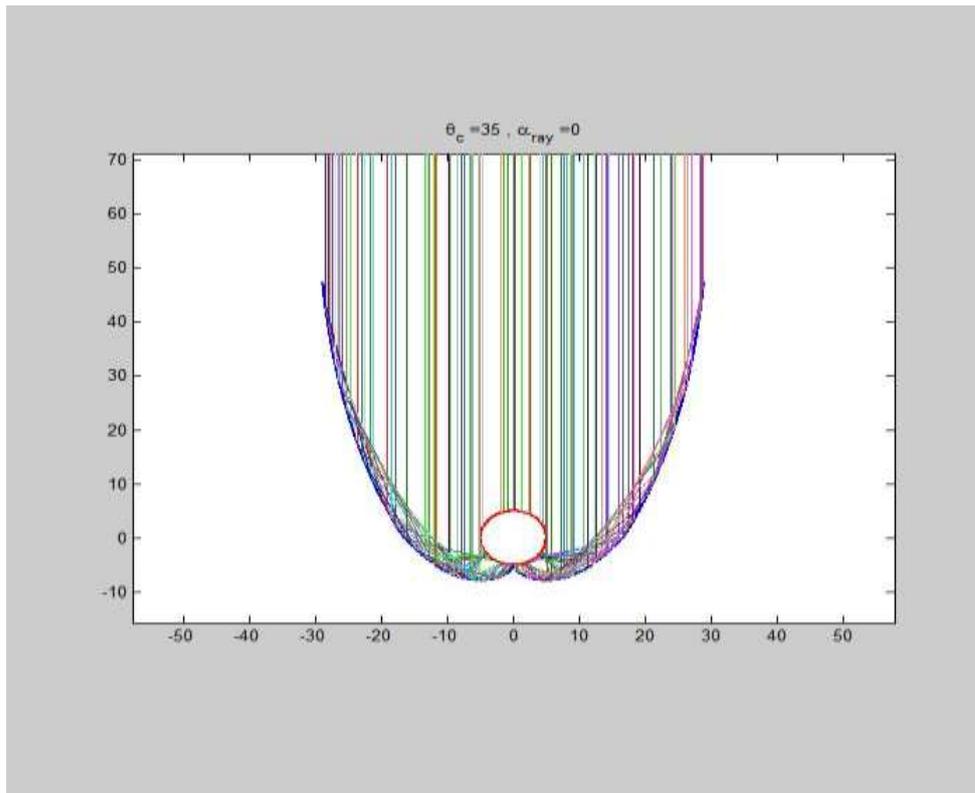
انبعاثية الغطاء الزجاجي	$\epsilon_g$	0.87	$J \cdot kg^{-1}K^{-1}$
انبعاثية المستقبل	$\epsilon_r$	0.92	$J \cdot kg^{-1}K^{-1}$
نصف القطر الداخلي لأنبوب المستقبل	$D_i$	0.04	m
نصف القطر الخارجي لأنبوب المستقبل	$D_o$	0.05	m
نصف القطر للغلاف الزجاجي لأنبوب المستقبل	$D_g$	0.09	m
لزوجة الهواء	$\mu$	$2.02 \times 10^{-5}$	$Kg \cdot m^{-1} \cdot sec^{-1}$
الكثافة النسبية للهواء	$\rho$	1.11	$Kg/m^3$
سرعة الهواء	$V$	5	m/sec
ثابت بلانك	$\sigma$	$5.67 \times 10^{-8}$	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$
الإشعاع الكلي	$G_t$	1000	$W/m^2$
الإشعاع المنتشر	$G_D$	157	$W/m^2$

### النتائج والمناقشة:

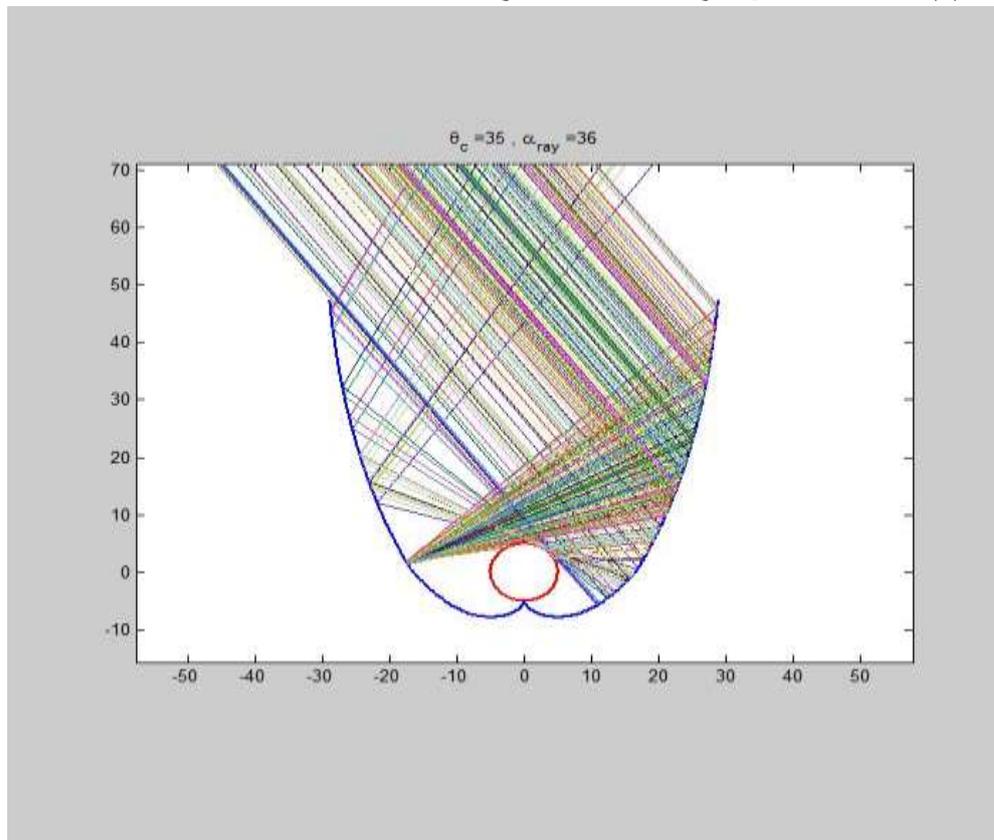
#### دراسة انعكاس الأشعة الشمسية عن سطح العاكس:

عند دخول الشعاع الشمسي ضمن فتحة اللاقط فإنه يستمر بالانعكاس حتى يصل لأنبوب المستقبل أو ينعكس خارج اللاقط كما في الشكلين (4) و(5).

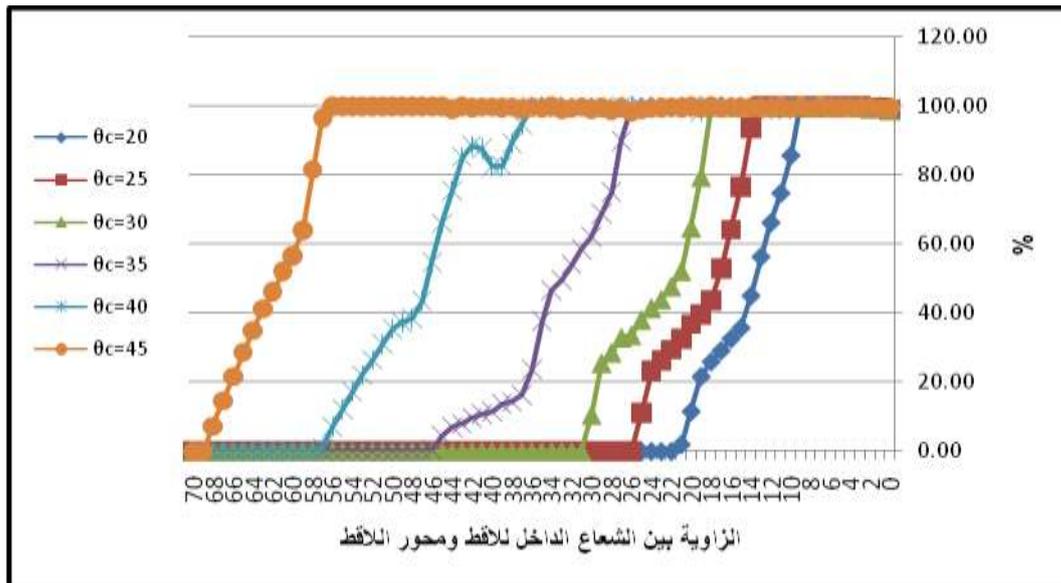
يبين الشكل (6) أن الأشعة التي تدخل للاقط ضمن زاوية نصف القبول تصل بمعظمها للمستقبل وبعد هذه الزاوية تنخفض القيمة تدريجياً. وبما أن زاوية ارتفاع الشمس في مدينة دمشق تتغير ضمن المجال  $(1.7^\circ \div 80^\circ)$  فإنه عند اختيار زاوية نصف قبول للاقط  $35^\circ$  أو  $40^\circ$  فإننا سنحصل على معظم الإشعاع الشمسي على مدار السنة دون الحاجة إلى نظام تتبع شمسي.



الشكل (4) انعكاس الأشعة على سطح لاقط عند ورود الشعاع بزاوية  $0^\circ$  عن محور اللاقط وعند زاوية نصف قبول  $35^\circ$ .



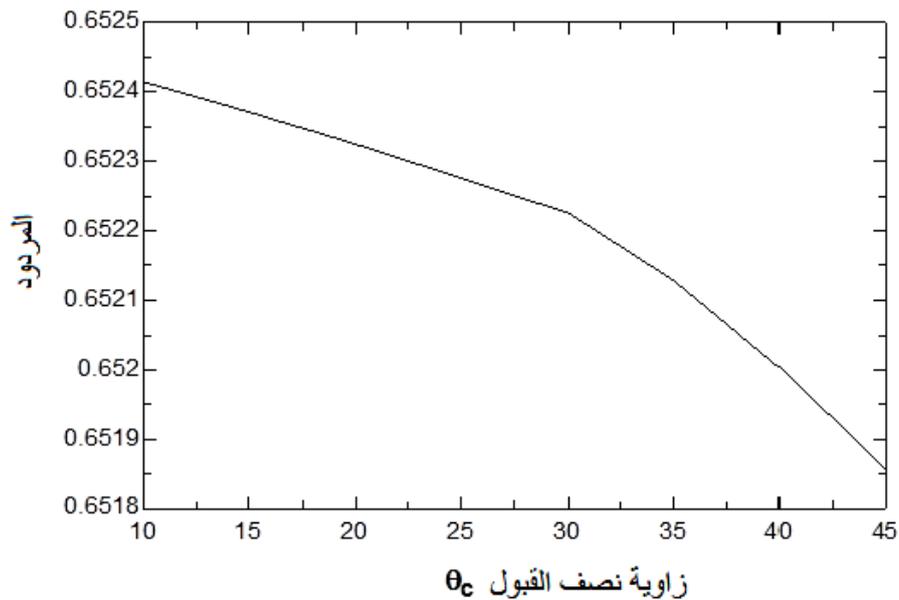
الشكل (5) انعكاس الأشعة على سطح لاقط عند ورود الشعاع بزاوية  $36^\circ$  عن محور اللاقط وعند زاوية نصف قبول  $35^\circ$ .



الشكل (6) نسبة الأشعة التي تصل اللاقط من الأشعة الكلية عند قيم متعددة لزاوية نصف قبول للاقط.

#### تأثير زاوية نصف القبول على مردود اللاقط:

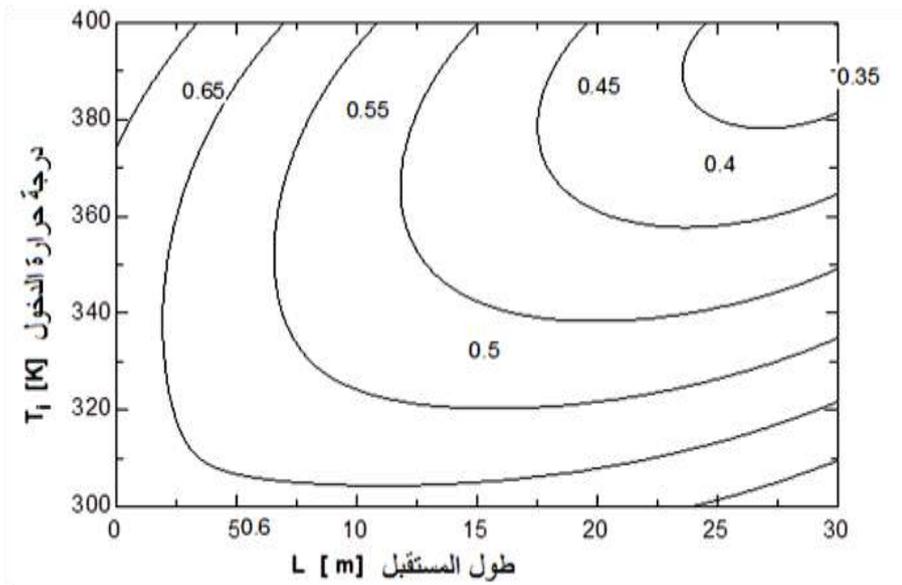
تم دراسة تأثير تغيير زاوية نصف القبول على المردود بتثبيت درجة حرارة الدخول عند  $300 \text{ [K]}$  وعند نفس القطر لأنبوب المستقبل. يبين الشكل (7) تغير المردود بتغيير زاوية نصف القبول. نلاحظ من الشكل (7) أنه بزيادة زاوية نصف القبول ينخفض المردود بسبب تناقص مساحة فتحة اللاقط وبالتالي تتخفص كمية الإشعاع الشمسي الداخل للاقط وهذا يؤدي إلى انخفاض قيمة الطاقة المفيدة التي يتلقاها المستقبل.



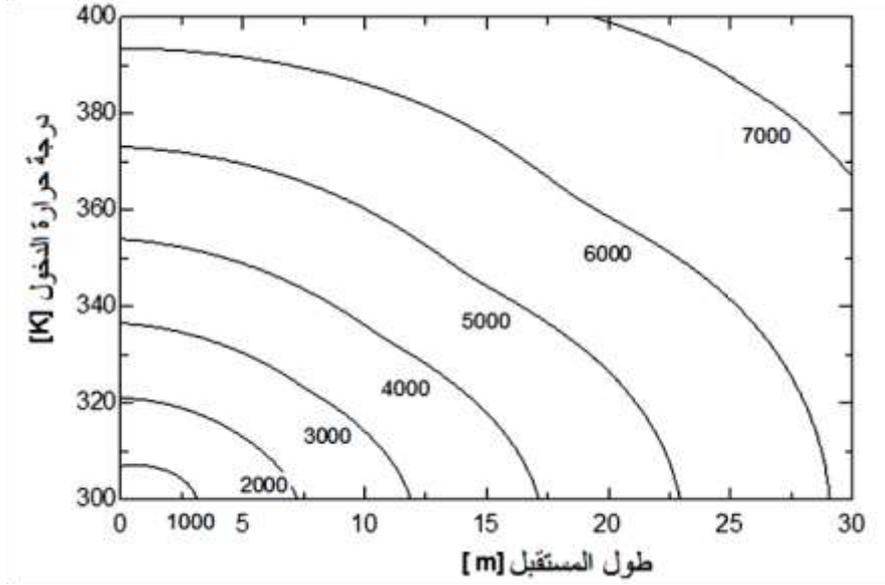
الشكل (7) تغير المردود مع تغيير زاوية نصف القبول.

### تأثير طول اللاقط ودرجة حرارة الدخول على المردود والطاقة المفيدة:

تم إجراء دراسة تغير المردود والطاقة المفيدة للاقط المركب مع تغير طول اللاقط ودرجة حرارة الدخول، حيث تم تغيير درجة الحرارة ضمن المجال [K] (300-400) وتم تغيير طول أنبوب المستقبل حتى [m] 30 .  
 يبين الشكل (8) تغير مردود اللاقط المركب مع تغير طول اللاقط ودرجة حرارة الدخول. نلاحظ من الشكل ( 8 ) أنه عند ثبات درجة حرارة الدخول ينخفض المردود بزيادة طول أنبوب المستقبل ويرجع ذلك بسبب زيادة الضياع الحراري حيث أن قيمة الطاقة المفيدة لا تتزايد بشكل واضح كزيادة كمية الإشعاع الشمسي الداخل للاقط حيث أن المردود يتناسب طردياً مع الطاقة المفيدة وعكساً مع الإشعاع الشمسي الكلي.  
 يبين الشكل (9) تغير الطاقة المفيدة  $Q_u$  مع تغير طول اللاقط ودرجة حرارة الدخول حيث تزداد الطاقة المفيدة بازدياد كل من طول اللاقط ودرجة حرارة الدخول.



الشكل (8) تغير مردود اللاقط المركب مع تغير طول اللاقط ودرجة حرارة الدخول

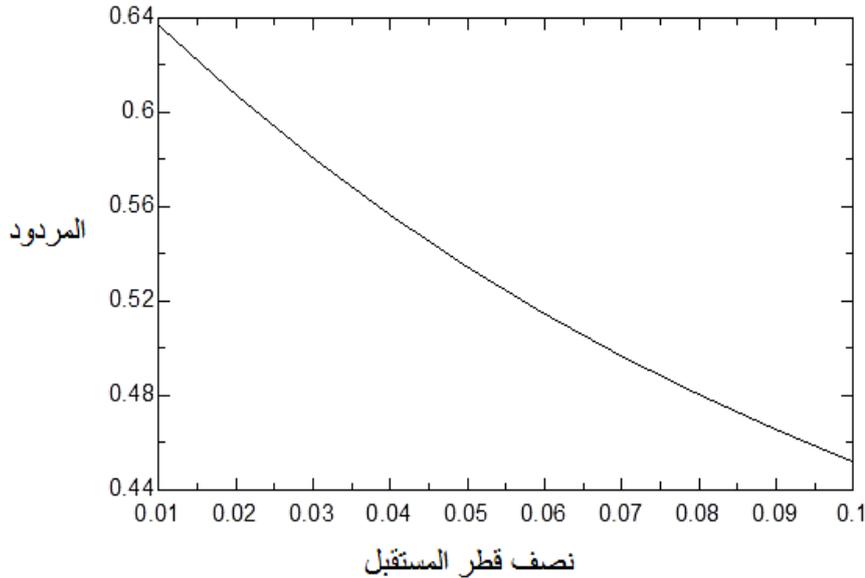


الشكل (9) تغير الطاقة المفيدة  $Q_u$  [W] مع تغير طول اللاقط ودرجة حرارة الدخول

#### تأثير نصف قطر المستقبل على مردود اللاقط:

تم دراسة تأثير تغير نصف قطر أنبوب المستقبل على المردود من خلال تغيير قطر أنبوب المستقبل ضمن المجال  $(0.01-0.1)$  [m] مع تثبيت بقية بارامترات اللاقط.

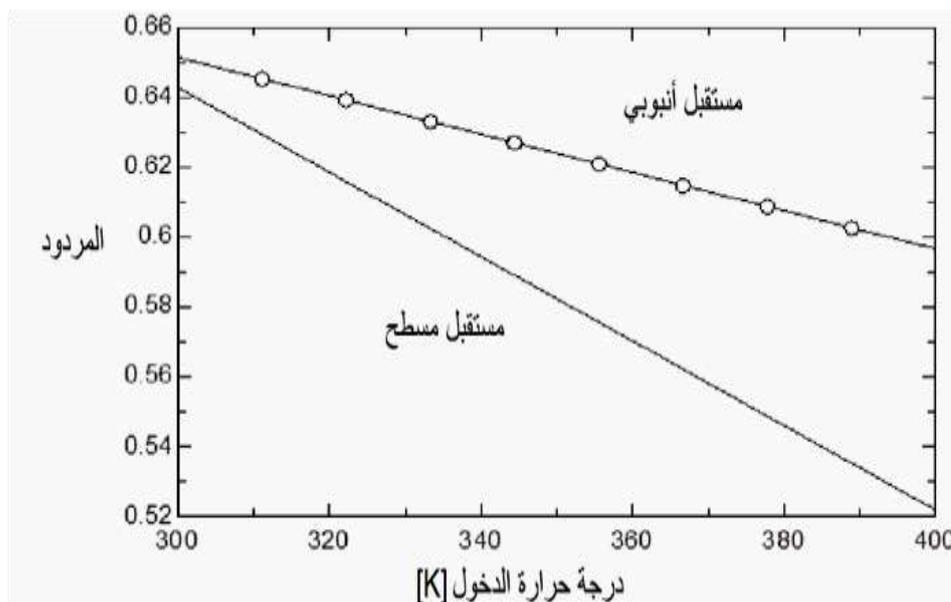
يبين الشكل (10) تغير مردود اللاقط مع تغير نصف قطر المستقبل. نلاحظ من الشكل (10) تناقص المردود مع زيادة نصف قطر المستقبل، ولكن هذه الزيادة ليست خطية بشكل تام لأن تغير نصف قطر المستقبل يؤثر ليس فقط على كمية الأشعة المستقبلية بل على زيادة الضياع الحراري أيضاً.



الشكل (10) تغير المردود مع تغير نصف قطر المستقبل

## تأثير استخدام مستقبل أنبوبي على مردود لاقط القطع المكافئ المركب:

تم إجراء دراسة لمقارنة تغير مردود لاقط القطع المكافئ ذو مستقبل أنبوبي واللاقط ذو مستقبل مسطح مع تغير درجة حرارة الدخول حيث تم تغيير درجة الحرارة ضمن المجال [K] (300-400).  
يبين الشكل (11) تغير مردود اللاقطين بتغير درجة حرارة الدخول. نلاحظ من الشكل ( 11 ) أن مردود اللاقط ذو المستقبل الأنبوبي أعلى من مردود اللاقط ذو المستقبل المسطح عند نفس الشروط، ويرجع ذلك لأن مساحة المستقبل أقل وبالتالي يكون الضياع الحراري في المستقبل الأنبوبي أقل مقارنة بالمستقبل المسطح.



الشكل (11) تغير مردود اللاقط عند استخدام مستقبل أنبوبي مركز أو مستقبل مسطح.

## الاستنتاجات والتوصيات:

- قمنا من خلال هذه الدراسة بإعداد نموذج رياضي يمكن تطبيقه عملياً للاقط القطع المكافئ المركب، حيث حققنا تركيز للأشعة الشمسية ضمن مجال مناسب خلال معظم فترات السنة دون الحاجة لنظام تتبع شمسي.
- عند دراسة النموذج الرياضي وجدنا أن اعتماد اللاقط ذو الارتفاع الكامل غير ذي جدوى بسبب أن العاكس سيصبح شاقولي تقريباً وبالتالي سيزيد من كمية الانعكاس دون زيادة في حجم الفتحة وبالتالي كمية الإشعاع الداخلة ستكون ثابتة، بالتالي تم اعتماد ارتفاع للاقط 70% من الطول الكامل والذي وجدنا أننا عنده تخلصنا من الجزء الشاقولي للعاكس.
- من خلال المحاكاة استنتجنا أن زيادة زاوية نصف القبول ستؤدي لزيادة كمية الأشعة الواصلة للمستقبل خلال السنة بشكل عام ولكن هذا يعني تصغير ارتفاع العاكس وبالتالي تصغير فتحة اللاقط أي انخفاض كمية الإشعاع الشمسي الداخل للاقط بشكل عام.
- من خلال الدراسة وجدنا أن اللاقط ذو زاوية نصف القبول  $\theta_c = 35^\circ$  هي الأنسب من حيث مساحة فتحة اللاقط وكمية الإشعاع الشمسي الوارد.
- يزداد مردود اللاقط بانخفاض زاوية نصف القبول.

- ينخفض المردود عند زيادة طول اللاقط عند نفس درجة حرارة الدخول للوسيط الناقل.
- ينخفض مردود اللاقط بزيادة نصف قطر المستقبل.
- مردود اللاقط ذو المستقبل الأنبوبي أعلى من مردود اللاقط ذو المستقبل المسطح عند نفس الشروط.
- نوصي بإجراء دراسة عملية لهذا النوع من المركبات باستخدام آلة CNC (آلة تصنيع باستخدام الحاسب) وجهاز توليد إشعاع منتظم لدراسة الخواص الفيزيائية لمثل هذا اللاقط.

## المراجع:

- [1]. Tchinda, R; Kaptouom, E; Njomo, D. *Study of the C.P.C. collector thermal behaviour, Energy Convers. Mgmt* Vol. 39, No. 13, pp. 1395-1406, 1998.
- [2]. B. Norton, A. F. Kothdiwala and P. C. Eames. *Effect of Inclination on the Performance of CPC Solar Energy Collectors, Renewable Energy*, Vol.5, Part I, pp. 357-367, 1994.
- [3]. Oommen, R; Jayaraman, S. *Development and performance analysis of compound parabolic solar concentrators with reduced gap losses – oversized reflector, Energy Conversion and Management* 42, 1379-1399, 2001.
- [4]. P. Gata Amaral, E. Ribeiro, R. Brites, F. Gaspar. *SolAgua. a non static compound parabolic concentrator (CPC) for residential and service buildings. International Conference on Renewable Energy and Power Quality, ICREPQ'06, Palma de Mallorca, 5-7 April, 2006. www. Icrepq06/490-gata.pdf (retrieved 1.2. 2011).*
- [5]. Khaled E. Albahloul, Abdullatif, S. Zgalei, Omar M. Mahgjud, *The Feasibility of the Compound Parabolic Concentrator For solar Cooling in Libya.*
- [6]. Andrew James Marston, *Geometric Optimization of Solar Concentrating Collectors using Quasi-Monte Carlo Simulation*, Waterloo, Ontario, Canada, 2010.
- [7]. Rabl, Ari. *Comparison of Solar Concentrators*. Solar Energy Group, Argonne National Laboratory, Argonne, IL 60439, U.S.A. Solar Energy. 1976.
- [8]. Duffie, JA. Beckman, WA. *Solar Engineering of Thermal Processes*. 2<sup>nd</sup>ed. New York; Willy Interscience; 1991.
- [9]. Soteris Kalogirou, *Solar Energy Engineering*. 1st edition, Elsevier Inc, 2009.