

## التصميم الأمثل للبرك الشمسية

د. جابر سعيد ديبه\*  
د. علي محمد كرنو\*\*  
غاليه محمد سعيد بيلوني\*\*\*

(تاريخ الإيداع 28 / 7 / 2011. قُبِلَ للنشر في 4 / 10 / 2011)

### □ ملخص □

إن البرك الشمسية من الأنظمة الجديدة المبتكرة التي ينصح بها لتخزين الطاقة الشمسية الحرارية في فترة الصيف، والاستفادة منها في الشتاء وفي فترة انخفاض الإشعاع الشمسي. تم في هذا البحث دراسة تأثير بعض العوامل على التصميم والبناء لبركة شمسية في مدينة اللاذقية، وحساب كمية الحرارة المستخرجة من البركة، ومدى تأثير هذه العوامل على كفاءة البركة الشمسية خلال أشهر الصيف (حزيران- تموز- آب- أيلول- تشرين الأول). وقد قمنا بإعداد نموذج برمجي باستخدام البرنامج الحاسوبي *EES* (برنامج حل المعادلات الرياضية الحرارية) حيث تم استخدام هذا النموذج لحساب سماكة الطبقة السطحية ( $d_0$ )، وسماكة طبقة اللاحمل ( $d$ )، وكمية الحرارة المستخرجة من البركة ( $q_s$ )، والمردود الحراري للبركة الشمسية؛ ونتيجة لذلك تم إيجاد السماكات المثلى لهذه الطبقات التي تحقق أعلى كفاءة ممكنة.

**الكلمات المفتاحية:** البرك الشمسية، الطبقة السطحية، طبقة اللاحمل، كمية الحرارة المستخرجة.

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

## The Optimum Design of Solar Ponds

Dr. Jaber Saaid Dibah<sup>\*</sup>  
Dr. Ali Mohamad Karno<sup>\*\*</sup>  
Ghalia Mohamad Saed Bailony<sup>\*\*\*</sup>

(Received 28 / 7 / 2011. Accepted 4 / 10 / 2011)

### □ ABSTRACT □

Solar ponds are one of the innovative brand-new systems recommended for storing solar heat power over the summer for winter use and in periods of solar ray decrease.

In this research, we study the effects of some factors on designing and constructing solar ponds in Lattakia, measuring the amount of heat obtained from the ponds. This study also examines the effects of these factors on the quality of the solar pond during the summer months (June, July, August, September, and October). We have also prepared a programming pattern by using the computing program EES (a program for solving thermal math equations) for measuring the thickness of the Surface Zone ( $d_0$ ), the thickness of the Insulation Zone ( $d$ ), the amount of heat obtained from the pond ( $q_s$ ), and the thermal ability of the solar pond. Consequently, the optimum thickness of these zones provides the highest quality possible.

**Keywords:** Solar ponds, Surface zone, insulation zone, the amount of heat obtained from the pond.

---

<sup>\*</sup> Associate Professor, Department of the Mechanical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

<sup>\*\*</sup> Assistant Professor, Department of Mechanical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

<sup>\*\*\*</sup> Postgraduate Student, Department of the Mechanical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**مقدمة:**

إن عمليات الإنتاج واستهلاك الطاقة المتزايد في العالم يجعلها عرضةً للضوب، ومن ناحية أخرى فإن حرق الوقود الأحفوري يؤدي إلى انبعاث الغازات الضارة المؤذية لصحة الإنسان والبيئة، ومن هنا فإن التحول إلى استخدام الطاقات المتجددة سوف يضمن إنتاج الطاقة بطريقة مستدامة، حيث إن ضمان الطاقة وتأمينها أصبحا مسألة ذات أهمية كبيرة مع تزايد الطلب والحاجة لمصادر الطاقة والكهرباء، وسوف يؤدي الاعتماد والاستخدام المتوازن لكل من المصادر المتجددة والتقليدية للطاقة إلى إطالة أمد الوقود الأحفوري من أجل أجيال المستقبل إضافة إلى الفوائد البيئية [1-2].

لقد برزت أهمية الطاقة الشمسية كمصدر رئيس للطاقة المتجددة. وتختلف طرق تجميع الطاقة الشمسية وتخزينها تبعاً للغرض الذي تستعمل فيه الطاقة المجمعة. وأحد الأمثلة التقليدية لتجميع الطاقة الشمسية هو استخدام المجمعات المسطحة التي تتكون من قاعدة معدنية، ولوح امتصاص، وغطاء زجاجي، وعازل. ولا تزيد مساحة الوحدة من هذه المجمعات عن عدة أمتار مربعة.

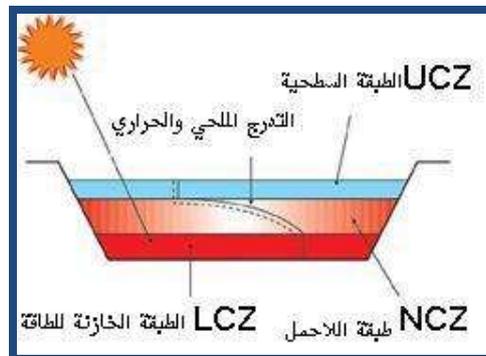
إن هذه النظم تستخدم لتعويض النقص في الطاقة الشمسية خلال أيام قليلة معدودة إضافة إلى ارتفاع كلفتها وهي لا تصلح لتخزين الطاقة الشمسية للاستعمال الفصلي؛ لذلك قد تكون مجموعة البرك الشمسية هي أحد الحلول المثلى للتجميع والتخزين طويل المدى للطاقة الشمسية والاستفادة من هذه الطاقة في أي تطبيق حراري نذكر منها (إنتاج الطاقة الكهربائية، التدفئة والتكييف المركزي، إنتاج الحرارة لبعض المحلات الترفيهية، تدفئة برك السباحة، تجفيف الحبوب والفواكه والخضار، وإنتاج الملح).

من هنا تأتي أهمية هذا البحث التي تتمثل بصورة أساسية في البحث عن الحلول المثلى لتصميم وبناء البرك الشمسية، بغية التقليل من خسارة كمية الحرارة المستخرجة من البرك الشمسية، والذي يشكل بدوره علاقة وثيقة ومتبادلة مع مردود البرك الشمسية وتحقيق الوفرة الاقتصادي. [3]

هناك العديد من العوامل التي تؤثر على التصميم التكنولوجي للبرك الشمسية إلا أن العاملين الجديرين بالاهتمام هما: إيجاد السماكة المثلى للطبقة السطحية للبركة الشمسية حيث تؤثر هذه السماكة سلباً على عملية تجميع الطاقة الشمسية في هذه الطبقة، وإيجاد السماكة المثلى لطبقة اللاحمل لأن زيادة سمك هذه الطبقة يؤدي إلى نقص الحرارة المفقودة بواسطة التوصيل ويؤدي أيضاً إلى نقص كمية الإشعاع الشمسي الواصل إلى قاع البركة نتيجة امتصاصه في هذه الطبقة.

تتكون البرك الشمسية من مسطح من الماء والملح كبير نسبياً يمكن تقسيمه إلى الطبقات الآتية كما هو مبين

بالشكل (1): [4-5]



الشكل (1) طبقات البركة الشمسية

**الطبقة السطحية (Upper Convective Zone):** يرمز لها بالرمز (*UCZ*) وهي طبقة قليلة الملوحة تتعرض للرياح وتيارات الهواء وتتأثر نتيجة لهذا بالحمل الحراري، ويمكن أن نطلق عليها اسم طبقة الحمل السطحية. **الطبقة الوسطى (Non-Convective Zone):** يرمز لها بالرمز (*NCZ*) تتدرج الملوحة في هذه الطبقة من ملوحة منخفضة عند سطحها العلوي الملاصق لطبقة الحمل السطحية إلى ملوحة عالية عند القاع. ونتيجة تدرج الملوحة في هذه الطبقة بهذه الصورة فإنها تميل إلى وأد تيارات الحمل الناتجة من تدرج درجة الحرارة نحو الزيادة في الاتجاه للأسفل، وتسمى هذه الطبقة طبقة اللاحمل أو طبقة تدرج الملوحة. **الطبقة السفلية (Lower Convective Zone):** يرمز لها بالرمز (*LCZ*) وتبدأ عند نهاية طبقة اللاحمل التي تنتهي بنهاية تدرج الملوحة، وتتعرض هذه الطبقة للحمل. ويتم فيها تخزين الطاقة الشمسية المجمعة، ويطلق عليها اسم طبقة الحمل السفلية أو الطبقة الخازنة للطاقة.

### أهمية البحث وأهدافه:

يتلخص الهدف من البحث بما يلي: تحديد السماكة المثلى للطبقة السطحية ولطبقة اللاحمل من أجل بناء وتصميم أمثل للبركة الشمسية في مدينة اللاذقية. تكمن أهمية البحث في الحصول على أكبر معدل لكمية الحرارة المستخرجة من البركة ودورها في تحسين المردود الحراري لبركة شمسية في مدينة اللاذقية خلال أشهر (حزيران - تموز - آب - أيلول - تشرين الأول).

### طرائق البحث ومواده:

في بداية البحث تم اختيار الموقع والمكان الذي ستنتم دراسة البحث عليه، وقد اختيرت مدينة اللاذقية لأن ذلك يؤدي دوراً مهماً في تحديد الشروط العملية لبناء بركة شمسية وتصميمها. ولأن الدراسة تهدف إلى تجميع الطاقة الشمسية لفترة طويلة من الزمن لذا سنعمل على تحسين معدل كمية الحرارة المستخرجة من البركة وكفاءة هذه البركة عند التوصل إلى التصميم الأمثل لبناء البركة الشمسية عن طريق النمذجة الحاسوبية. فقد تم وضع نموذج لبركة شمسية يراد بناؤها في مدينة اللاذقية ودراسة عدد من العوامل لتحقيق التصميم الأمثل.

حيث قمنا بدراسة تحليلية لكمية الإشعاع الشمسي الساقط على سطح البركة الأفقي، وإعداد نموذج برمجي باستخدام البرنامج الحاسوبي \ *EES* \ (Engineering Equation Solver) (برنامج حل المعادلات الرياضية الحرارية) النسخة التعليمية، لإجراء الدراسة على أشهر (حزيران - تموز - آب - أيلول - تشرين الأول) ومن ثم ربط هذه الدراسة مع معادلات الحالة المستقرة لانتقال الحرارة في البركة ونمذجتها عن طريق إعداد نموذج برمجي باستخدام البرنامج الحاسوبي (*EES*)، واستخدام هذا النموذج لدراسة تأثير سماكات مختلفة للطبقة السطحية وطبقة اللاحمل، وتحديد السماكة المثلى لتصميم البركة في مدينة اللاذقية للحصول على أكبر معدل كمية من الحرارة المستخرجة، ومدى تأثير ذلك على كفاءة البركة الشمسية. أجري البحث في جامعة تشرين خلال مدة زمنية تقارب العام.

يستخدم البرنامج الحاسوبي *EES* للنمذجة الرياضية في المسائل الحرارية؛ حيث يقوم البرنامج بحل المعادلات الرياضية الخطية وغير الخطية، ورسم المخططات البيانية. كما يحتوي البرنامج على قاعدة بيانات تتضمن الخواص الحرارية والفيزيائية لمعظم المواد والموائع المستخدمة في الآلات الحرارية وآلات التبريد وهو من أهم البرامج المستخدمة

كوسيلة للبحث العلمي ولإنجاز رسائل الماجستير والدكتوراه. إن أوامر البرنامج موزعة على عشرة قوائم رئيسية، وشريط الأدوات يقع تحت القوائم الرئيسية ويحتوي على أزرار صغيرة مهمتها الوصول السريع إلى أمر ما مهم [6].

الدراسة التحليلية والنمذجة الحاسوبية:

إن معدل الإشعاع الشمسي اليومي الوسطي الكلي الساقط على سطح البركة الأفقي هو مجموع مركبتي الإشعاع المباشر والمبعثر [7] ويعطى بالعلاقة الآتية:

$$(1) \quad hI = H_B + H_d$$

حيث:  $H_B$  [W/m<sup>2</sup>] هي شدة الإشعاع الشمسي المباشر ويعطى بالعلاقة:

$$H_B = H_{Bn} \cdot \sin \alpha \quad (2)$$

أما شدة الإشعاع الشمسي المبعثر  $H_d$  [W/m<sup>2</sup>] فيعطى بالعلاقة:

$$H_d = CH_{Bn} \cdot F_{ss} \quad (3)$$

$F_{ss}$ : وهو المعامل الزاوي بين السطح والماء يحسب من العلاقة [7]:

$$(4) \quad F_{ss} = 0.5 \cdot (1 + \cos(s))$$

أما  $H_{Bn}$  [W/m<sup>2</sup>] هي شدة الإشعاع الشمسي المباشر عند سقوط حرّ فيحسب من العلاقة:

$$H_{Bn} = A e^{-\frac{B}{\sin \alpha}} \quad (5)$$

$A$  [W/m<sup>2</sup>]: الإشعاع الشمسي النظري عند كثافة هواء تساوي الصفر معطى في الجدول (1).

$B$ : معامل توهين الغلاف الجوي معطى في الجدول (1).

جدول (1) يبين قيم A-B-C لكل شهر من أشهر السنة

الشهر	A W/m <sup>2</sup>	B لا بعدي	C لا بعدي
Janb	1230	0.142	0.058
Feb	1215	0.144	0.060
Mar	1185	0.156	0.071
April	1136	0.180	0.097
May	1104	0.196	0.121
June	1088	0.205	0.134
July	1085	0.207	0.136
Aug	1107	0.201	0.122
Sept	1152	0.177	0.092
Oct	1193	0.160	0.073
Nov	1221	0.149	0.063
Dec	1234	0.142	0.057

$\alpha$ : زاوية ارتفاع الشمس وتحسب من المعادلة التالية [8]:

$$\cos Z = \sin \alpha = \sin L \cdot \sin G + \cos L \cdot \cos G \cdot \cos \omega \quad (6)$$

$G$ : زاوية الانحراف الشمسي وتحسب من المعادلة التالية:

$$G = 23.45 \sin \left[ \frac{360}{365} (284 + n) \right] \quad (7)$$

$L$ : زاوية خط العرض.

$\omega$ : هي الزاوية الساعية وتعطى بالعلاقة:

$$\omega[t] = 15(12 - t) \quad (8)$$

$t$ : الزمن مقاساً بالساعة.

أما بالنسبة إلى النموذج الرياضي لانتقال الحرارة المستقر في بركة شمسية فتستخدم المعادلة التفاضلية التالية [9]:

$$\frac{d}{dz} \left( -k_w \frac{dT}{dz} \right) + \frac{dI}{dz} = 0 \quad (9)$$

حيث:  $I$  هو معدل الإشعاع الشمسي الواصل إلى الطبقة ( $z$ ) من البركة ويحسب من المعادلة الآتية [9]:

$k_w$ : عامل الموصلية الحرارية لمحلول ملح كلوريد الصوديوم.  $[W/m^{\circ}C]$

$$I = \tau h_1 b \ln \left[ \frac{y_0}{z + d_0} \frac{1}{\cos \theta_r} \right] \quad (10)$$

حيث تعبر النسبة  $\left( \frac{z + d_0}{\cos \theta_r} \right)$  عن المسافة التي تقطعها أشعة الشمس.

$b$ : رقم لابيدي [9] ويساوي (0.08).

$\theta_r$ : وهي زاوية انكسار الإشعاع الشمسي وتحسب هذه الزاوية باستخدام المعادلات الآتية:

$\theta_i$ : وهي زاوية سقوط الإشعاع الشمسي (زاوية سمت الشمسي).

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = 1.33 \quad (11)$$

$$\cos z = \cos \theta_r = \sin G \sin L + \cos G \cos L \cos \omega \quad (12)$$

$$\left( -k_w \frac{dT}{dz} \right) + I = C_1 \quad (13)$$

بمكاملة المعادلة (9) نجد:

وبتعريف ( $\theta$ ) الفرق بين درجة حرارة المحلول الملحي و متوسط درجة حرارة الهواء [9] وتعطى بالمعادلة:

$$\theta = T - T_a \quad (14)$$

$$\left( -k_w \frac{d\theta}{dz} \right) + I = C_1 \quad (15)$$

بتعويض ( $I$ ) في المعادلة السابقة وإهمال تأثير التغير في الايصالية الحرارية للماء على الحل واعتبار  $(-k_w)$  ثابتة

تنتج المعادلة التالية:

$$-k_w \frac{d\theta}{dz} + \tau h_1 b \ln \left[ \frac{y_0}{z + d_0} \frac{1}{\cos \theta_r} \right] = C_1 \quad (16)$$

$$-k_w \theta + \tau h_1 b \ln \left[ \frac{(y_0 \cos \theta_r)^z}{(z + d_0)^{z+d_0}} + z \right] = C_1 z + C_2$$

بالمكاملة مرة أخرى نجد:

نلاحظ أن المعادلة (9) تحتاج إلى شرطين حديين هما:

$$; T = T_a; \theta = 0 \quad (18) \quad Z = 0$$

وعندما  $Z = d$  فإن:

$$-k_w \frac{d\theta}{dz} + \tau h_1 b \ln \left[ \frac{y_0 \cos \theta_r}{z + d_0} \right] = q_s + \frac{\theta_d}{\frac{d_i}{k_i} + \frac{d_g}{k_g}} \quad (19)$$

ويمكن الحصول على الثابت  $C_2$  بتعويض المعادلة (18) بـ المعادلة (17) ينتج:

$$C_2 = -\tau h_1 d_0 b \ln(d_0) \quad (20)$$

وباستخدام المعادلة (19) و المعادلة (17) يمكن إثبات أن:

$$C_1 = q_s + \frac{\theta_d}{\frac{d_i}{k_i} + \frac{d_g}{k_g}} \quad (21)$$

بتعويض كلاً من (20) و (21) في المعادلة (17) نحصل على توزيع درجة الحرارة في البركة الشمسية كما هو موضح بالعلاقة الآتية:

$$\theta = \frac{1}{k_w} \left[ - \left( q_s + \frac{\theta_d}{\frac{d_i}{k_i} + \frac{d_g}{k_g}} \right) z + \tau h_1 d_0 b \ln(d_0) + \tau h_1 b \left( \ln \frac{(y_0 \cos \theta_r)^z}{(z + d_0)^{z+d_0}} + z \right) \right] \quad (22)$$

وإذا تم تعويض ( $z$  بـ  $d$ ) نحصل على درجة الحرارة المطلوبة في البركة الشمسية ( $\theta_d$ ) كما يأتي:

$$\frac{q_s}{h_1} + \left( \frac{1}{\frac{d_i}{k_i} + \frac{d_g}{k_g}} + \frac{1}{d} \right) \frac{\theta_d}{h_1} - \frac{\tau b}{d} \left( \ln \frac{d_0^{d_0} (y_0 \cos \theta_r)^d}{(d + d_0)^{d+d_0}} \right) - \tau b = 0 \quad (23)$$

وبالتالي يحسب معدل كمية الحرارة المستخرجة من البركة من المعادلة الآتية:

$$q_s = h_1 \tau b + \frac{\tau b h_1}{d} \left( \ln \frac{d_0^{d_0} (y_0 \cos \theta_r)^d}{(d + d_0)^{d+d_0}} \right) - \left( \frac{1}{\frac{d_i}{k_i} + \frac{d_g}{k_g}} + \frac{1}{d} \right) \theta_d \quad (24)$$

وتحسب كفاءة البركة الشمسية من النسبة بين معدل كمية الحرارة المستخرجة من البركة الشمسية على معدل الإشعاع الشمسي اليومي الوسطي الساقط على سطح البركة وتعطى بالعلاقة:

$$\mu = \frac{q_s}{h_1} \quad (25)$$

ولحل جملة المعادلات السابقة تم وضع نموذج حاسوبي يتضمن كافة البارامترات اللازمة بمساعدة البرنامج *EES* (برنامج حل المعادلات الرياضية الحرارية) حيث نستطيع بواسطة هذا النموذج تحقيق دراسة مثلى فنية اقتصادية للبركة الشمسية و النموذج موضح بالشكل (2):



الشكل (2) النموذج البرمجي للبركة الشمسية

## النتائج والمناقشة:

نختار بركة شمسية ذات مواصفات وشروط حدية لبعض العوامل المبينة بالجدول (2):

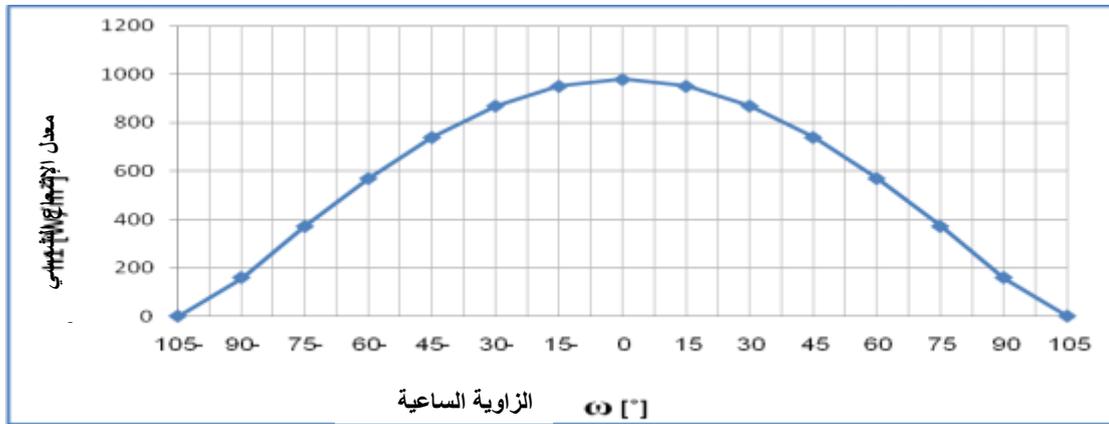
جدول (2) المواصفات والشروط الحدية لبركة شمسية في مدينة اللاذقية

نموذج لبركة شمسية تقع في مدينة اللاذقية عند خط عرض $L = 35.5^\circ$	
$A = 1000 [m^2]$	مساحة البركة المدروسة
$\theta_d = 90^\circ C$	درجة الحرارة المطلوب الحصول عليها
ملح كلوريد الصوديوم	نوع الملح المستخدم لملء البركة
$S = 260 [kg/m^3]$	تركيز الملح في قمة الطبقة الخازنة للحرارة

الستيروفوم ( البوليستيرين الرغوي )	نوع المادة العازلة أسفل البركة
$d_i = 0.1 [m]$	سماكة المادة العازلة في قاع البركة
$k_i = 0.036 [W/m^{\circ}c]$	عامل التوصيل الحراري للمادة العازلة
الطمي الجاف	نوع التربة في قاع البركة
$d_g = 5 [m]$	سماكة التربة في قاع البركة
$k_g = 1.28 [W/m^{\circ}c]$	عامل التوصيل الحراري للتربة

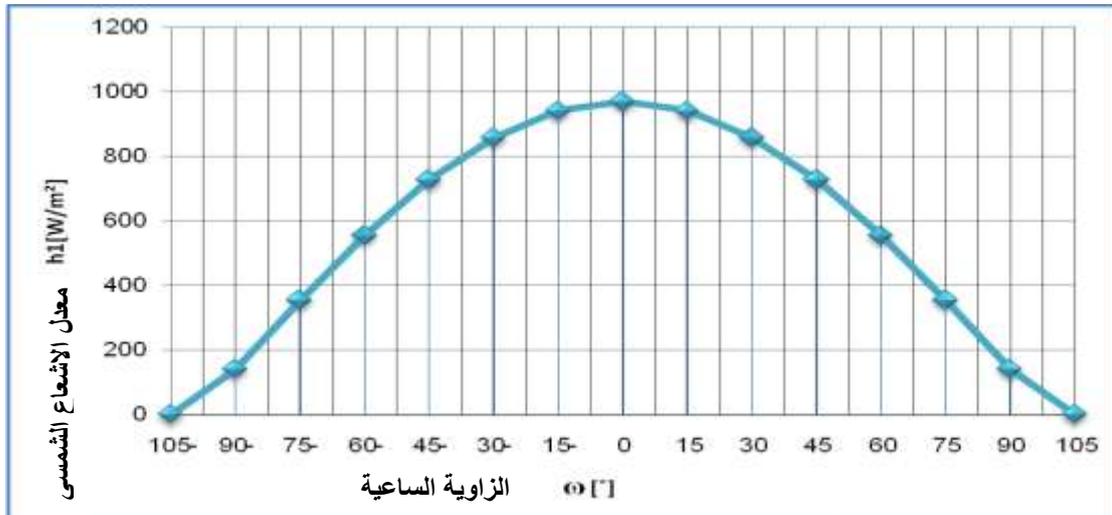
معدل الإشعاع الشمسي اليومي الوسطي الساقط على سطح البركة الأفقي:

1- شهر حزيران: تمت دراسة اليوم الحادي عشر منه الساعة الخامسة صباحاً إلى الساعة التاسعة عشر وقد بلغت ذروة الإشعاع الشمسي وقت الظهيرة حوالي  $h_1 = 979.6 [W/m^2]$  ليبدأ بعدها بالتناقص، ويكون معدل الإشعاع الشمسي اليومي الوسطي لشهر حزيران  $h_1 = 8305.858 [W/m^2]$  كما هو موضح بالشكل (3).



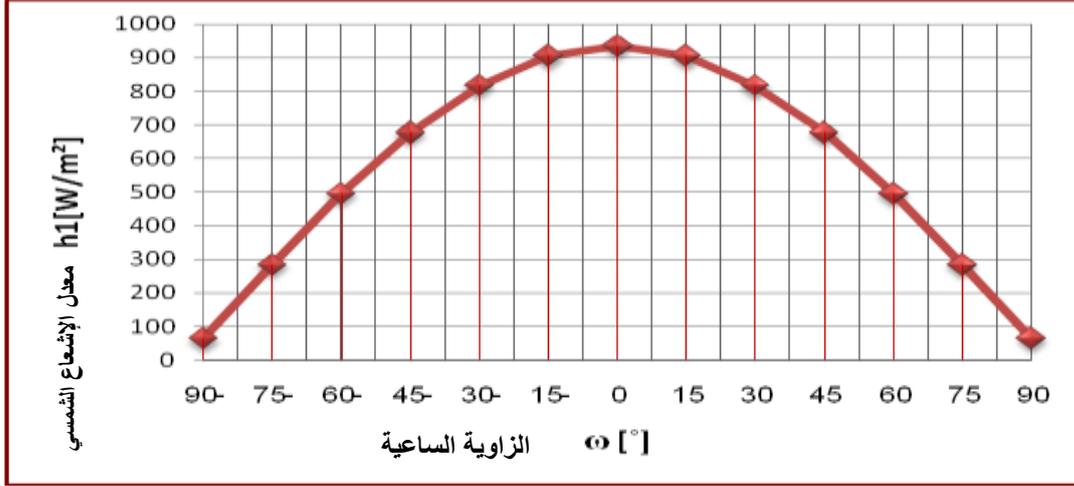
الشكل (3) الإشعاع الشمسي اليومي لشهر حزيران

2- شهر تموز: تمت الدراسة في اليوم (17) من الساعة الخامسة صباحاً إلى الساعة التاسعة عشر، وقد بلغت ذروة الإشعاع الشمسي وقت الظهيرة حوالي  $h_1 = 968.3 [W/m^2]$  ليبدأ بعدها بالتناقص، ويكون معدل الإشعاع الشمسي اليومي الوسطي لشهر تموز  $h_1 = 8109.7 [W/m^2]$  كما هو موضح بالشكل (4).



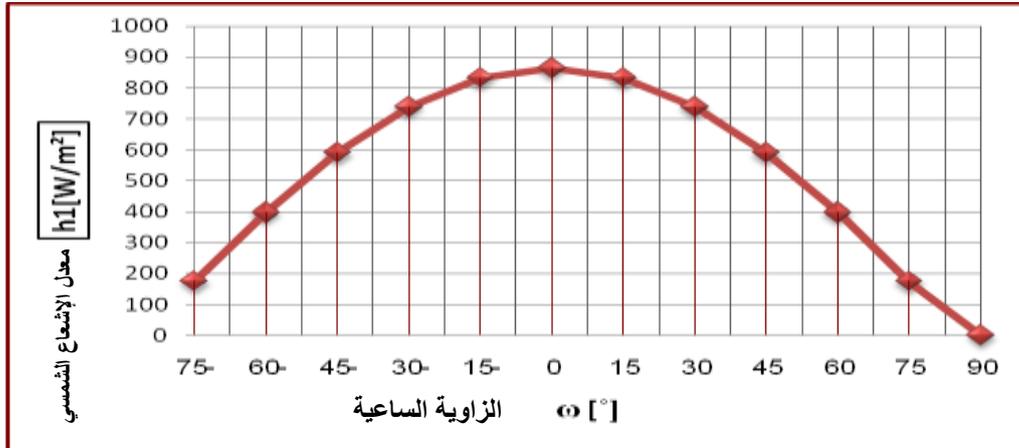
الشكل (4) الإشعاع الشمسي اليومي لشهر تموز

3- شهر آب يوم: تمت الدراسة في اليوم (16) من الساعة السادسة صباحاً إلى الساعة الثامنة عشر، وقد بلغت ذروة الإشعاع الشمسي وقت الظهيرة حوالي  $h_1=934.8 \text{ [W/m}^2]$  ليبدأ بعدها بالتناقص، ويكون معدل الإشعاع الشمسي اليومي لوسطي لشهر آب  $h_1=7418.2 \text{ [W/m}^2]$  كما هو موضح بالشكل (5).



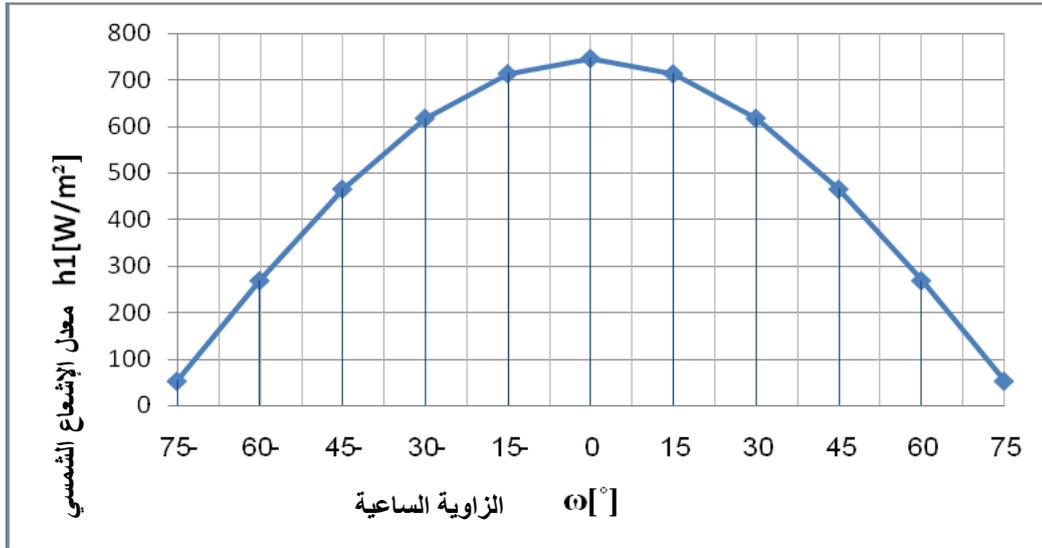
الشكل (5) الإشعاع الشمسي اليومي لشهر آب

4- شهر أيلول: تمت الدراسة في اليوم (15) منه، من الساعة السادسة صباحاً إلى الساعة السابعة عشر وقد بلغت ذروة الإشعاع الشمسي وقت الظهيرة حوالي  $h_1=865 \text{ [W/m}^2]$  ليبدأ بعدها بالتناقص، ويكون معدل الإشعاع الشمسي اليومي لوسطي لشهر أيلول  $h_1=6337.65 \text{ [W/m}^2]$  كما هو موضح بالشكل (6).



الشكل (6) الإشعاع الشمسي اليومي لشهر أيلول

5- شهر تشرين الأول: تمت الدراسة في اليوم (15) من الساعة السابعة صباحاً إلى الساعة السابعة عشر وقد بلغت ذروة الإشعاع الشمسي وقت الظهيرة حوالي  $h_1=745.44 \text{ [W/m}^2]$  ليبدأ بعدها بالتناقص، ويكون معدل الإشعاع الشمسي اليومي لوسطي لشهر تشرين الأول  $h_1=4980.96 \text{ [W/m}^2]$  كما هو موضح بالشكل (7).

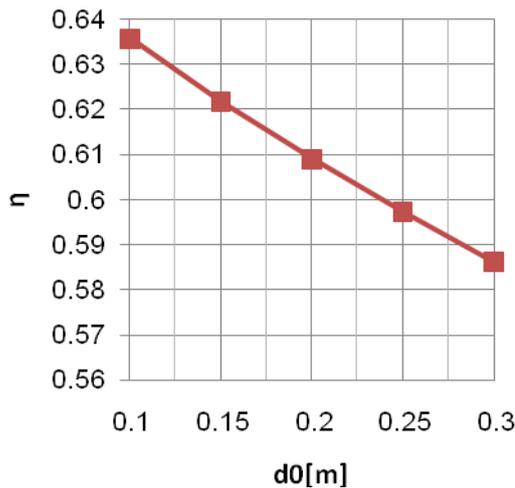


الشكل (7) الإشعاع الشمسي اليومي لشهر تشرين الأول

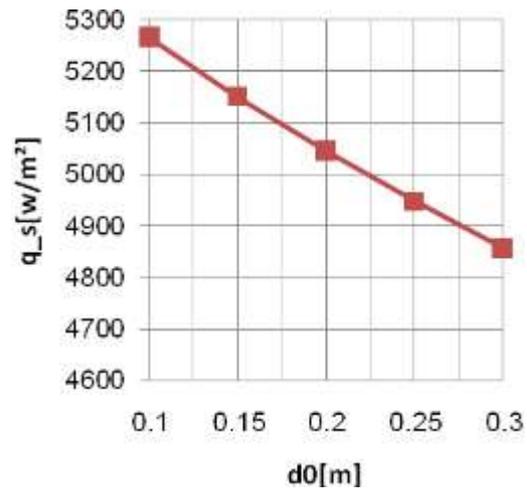
### تأثير سماكة الطبقة السطحية ( $d_0$ ):

إن طبقة الحمل السطحية (UCZ) هي طبقة قليلة الملوحة وتؤثر سلباً على تجميع الطاقة الشمسية لأنها تعكس جزءاً من الطاقة الشمسية الساقطة على السطح الأفقي للبركة الشمسية نتيجة حدوث تموجات بها [10] ولتجنب هذا العامل السلبى في تصميم البركة الشمسية وبنائها تمت دراسة تأثير سماكة هذه الطبقة ضمن الشروط التي ذكرت في الجدول (2) على معدل كمية الحرارة المستخرجة من البركة، ومدى تأثير ذلك على المردود الحرارى للبركة؛ لذا فقد قمنا باختبار سماكات مختلفة لهذه الطبقة باستخدام البرنامج الحاسوبي وقد أجري الاختبار على أشهر (حزيران - تموز - آب - أيلول - تشرين الأول). ونتائج هذه الدراسة موضحة في الأشكال (8-17).

#### 1- شهر حزيران:

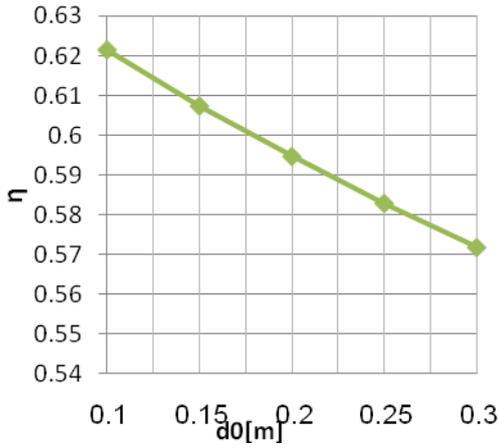


شكل (9) تأثير سماكة الطبقة السطحية  $d_0$  على المردود الحرارى للبركة  $\eta$

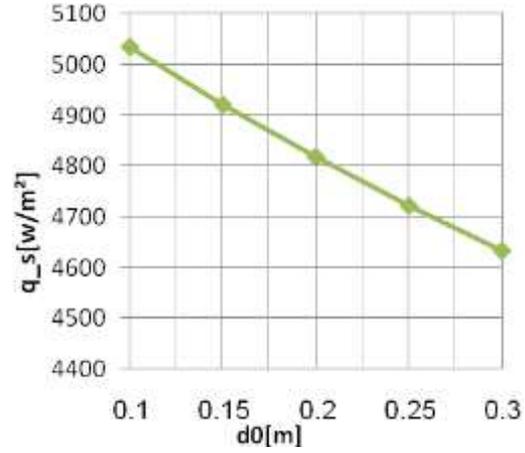


شكل (8) تأثير سماكة الطبقة السطحية  $d_0$  على معدل كمية الحرارة المستخرجة  $q_s$

2- شهر تموز:

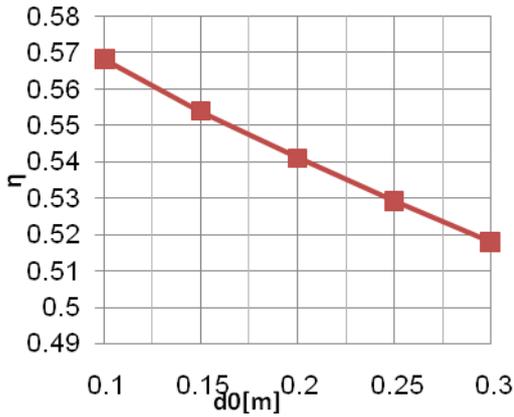


شكل (11) تأثير سماكة الطبقة السطحية  $d_0$  على المردود الحراري للبركة  $\eta$

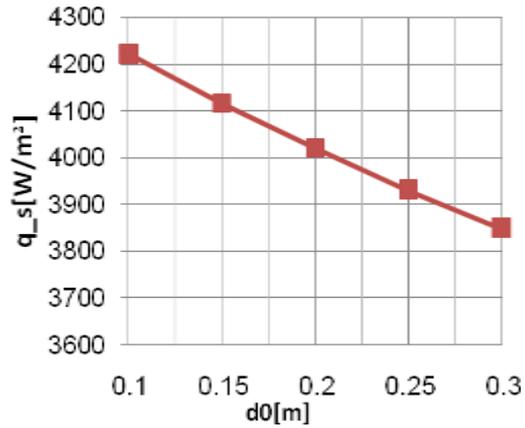


شكل (10) تأثير سماكة الطبقة السطحية  $d_0$  على معدل كمية الحرارة المستخرجة  $q_s$

3- شهر آب:

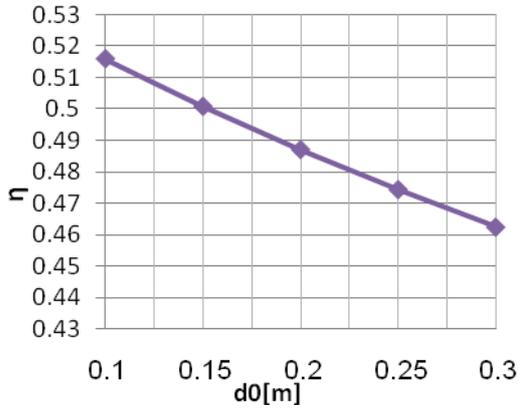


شكل (13) تأثير سماكة الطبقة السطحية  $d_0$  على المردود الحراري للبركة  $\eta$

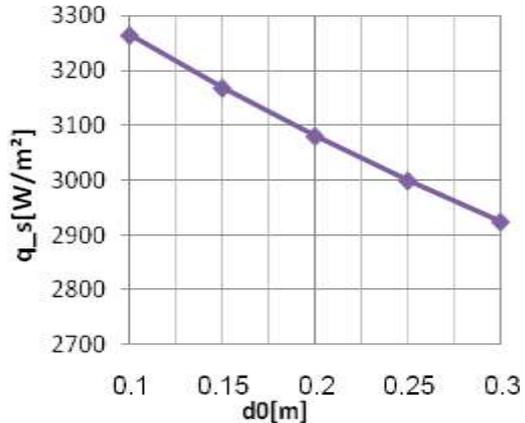


شكل (12) تأثير سماكة الطبقة السطحية  $d_0$  على معدل كمية الحرارة المستخرجة  $q_s$

4- شهر أيلول:

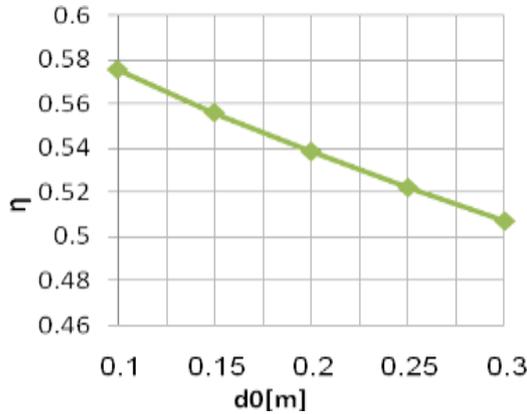


شكل (15) تأثير سماكة الطبقة السطحية  $d_0$  على المردود الحراري للبركة  $\eta$

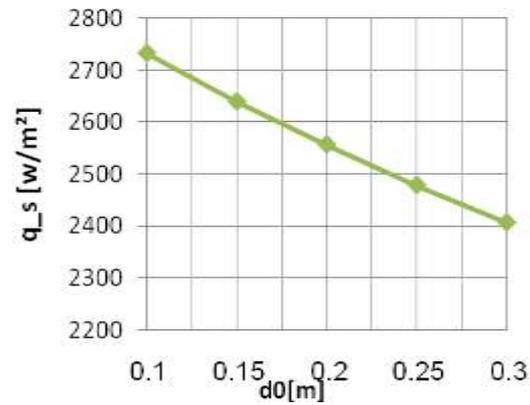


شكل (14) تأثير سماكة الطبقة السطحية  $d_0$  على معدل كمية الحرارة المستخرجة  $q_s$

5- شهر تشرين الأول:



شكل (17) تأثير سماكة الطبقة السطحية  $d_0$  على المردود الحراري للبركة  $\eta$



شكل (16) تأثير سماكة الطبقة السطحية  $d_0$  على معدل كمية الحرارة المستخرجة  $q_{-s}$

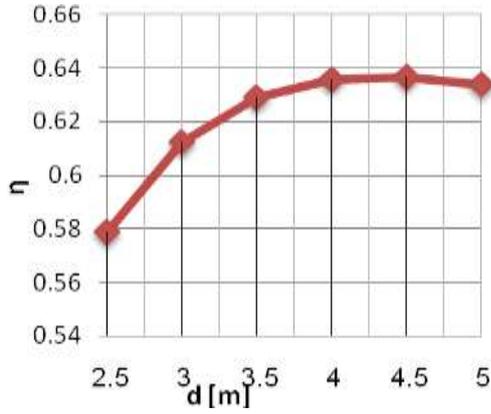
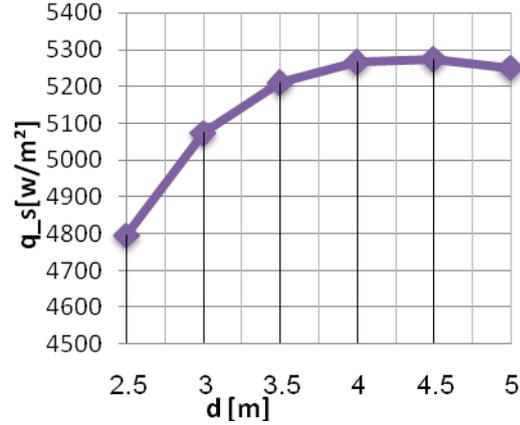
تظهر الأشكال (8-17) أن القيمة العظمى لمعدل كمية الحرارة المستخرجة من البركة الشمسية هي قرب السماكة (0.1m) و(0.15m) وبعدها يلاحظ انخفاض معدل كمية الحرارة مع زيادة سماكة الطبقة السطحية، لذلك أثناء تصميم وبناء البركة الشمسية يجب جعل سماكة الطبقة السطحية للبركة أقل ما يمكن، وذلك للحصول على قيمة عظمى لمعدل كمية الحرارة وبالتالي على مردودٍ أمثلٍ للبركة، فقد بلغت قيمة المردود الحراري كما هو مبين بالأشكال ما بين (0.555—0.62) عند تلك السماكة.

تأثير سماكة طبقة اللاحمل ( $d$ ):

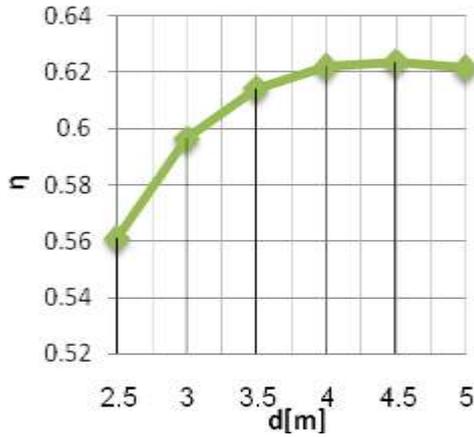
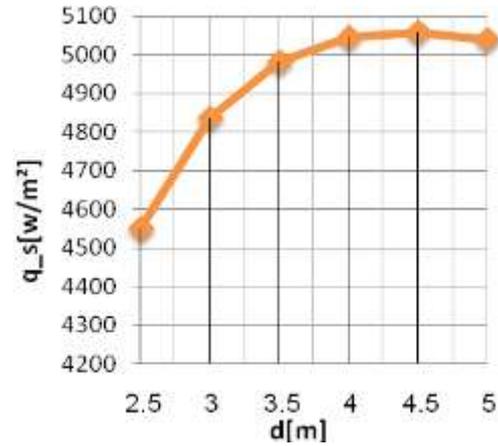
تتميز هذه الطبقة بوجود تدرج في الحرارة والملوحة [11]، لذا فإن سماكة هذه الطبقة تؤدي دوراً مهماً وهو: لكي يستطيع المصمم من تقسيم هذه الطبقة إلى عدد من المناطق وتوزيع المحلول الملحي بشكل مناسب في هذه المناطق؛ وبالتالي كل منطقة من هذه المناطق تختلف عن الأخرى بدرجة تركيز الملح لذا لابد من تحديد السماكة المثلى لهذه الطبقة [12].

فقد تمت دراسة تأثير سماكة هذه الطبقة ضمن الشروط التي ذكرت في الجدول (2) على كل من معدل كمية الحرارة المستخرجة من البركة ومدى تأثير ذلك على المردود الحراري للبركة باختبار سماكات مختلفة لهذه الطبقة باستخدام البرنامج الحاسوبي، وقد أجري الاختبار على أشهر (حزيران - تموز - آب - أيلول - تشرين الأول). ونتائج هذه الدراسة موضحة في الأشكال (18-27).

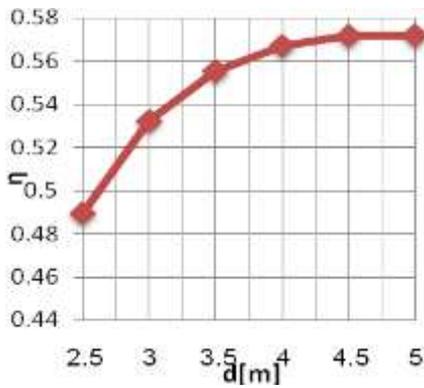
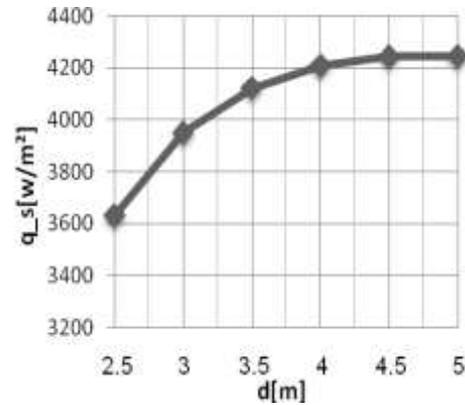
## 1- شهر حزيران:

شكل (19) تأثير سماكة طبقة اللاحمل  $d$  على المردود الحراري للبركة  $\eta$ شكل (18) تأثير سماكة طبقة اللاحمل  $d$  على معدل كمية الحرارة المستخرجة  $q_s$ 

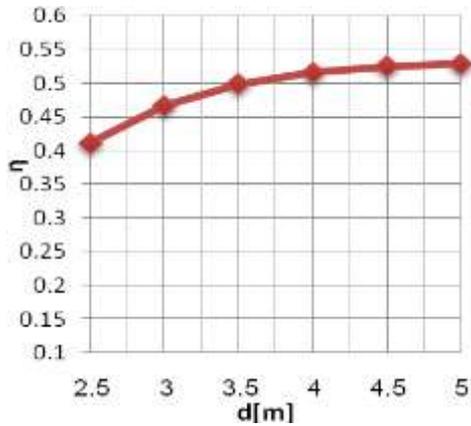
## 2- شهر تموز:

شكل (21) تأثير سماكة طبقة اللاحمل  $d$  على المردود الحراري للبركة  $\eta$ شكل (20) تأثير سماكة طبقة اللاحمل  $d$  على معدل كمية الحرارة المستخرجة  $q_s$ 

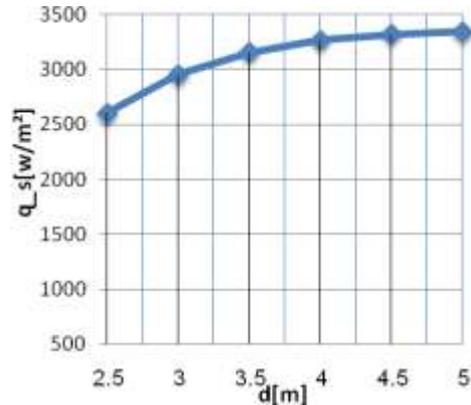
## 3- شهر آب:

شكل (23) تأثير سماكة طبقة اللاحمل  $d$  على المردود الحراري للبركة  $\eta$ شكل (22) تأثير سماكة طبقة اللاحمل  $d$  على معدل كمية الحرارة المستخرجة  $q_s$

4- شهر أيلول:

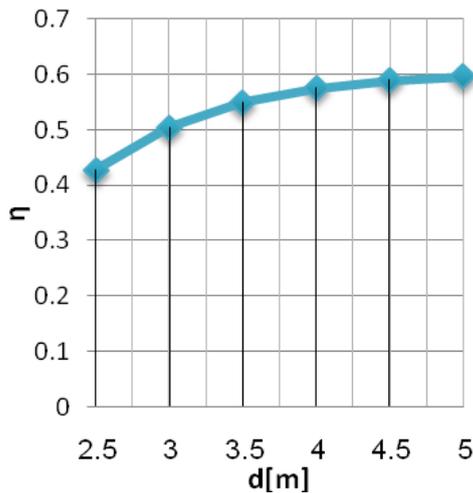


شكل (27) تأثير سماكة طبقة اللاحمل  $d$  على المردود الحراري للبركة  $\eta$

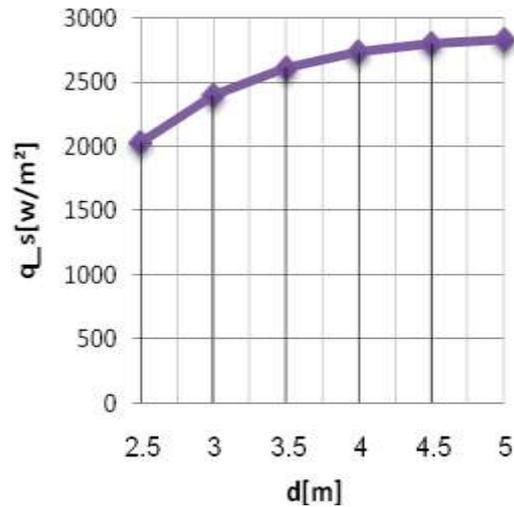


شكل (24) تأثير سماكة طبقة اللاحمل  $d$  على معدل كمية الحرارة المستخرجة  $q_s$

5- شهر تشرين الأول:



شكل (27) تأثير سماكة طبقة اللاحمل  $d$  على المردود الحراري للبركة  $\eta$



شكل (26) تأثير سماكة طبقة اللاحمل  $d$  على معدل كمية الحرارة المستخرجة  $q_s$

تظهر الأشكال (18-27) أن القيمة العظمى لمعدل كمية الحرارة المستخرجة من البركة الشمسية ( $q_s$ ) هي قرب السماكة (4.5m) وتكون الزيادة بعد هذه السماكة غير مجدية، وكذلك الأمر بالنسبة للمردود الحراري. لذلك أثناء تصميم وبناء البركة الشمسية يجب السعي دوماً لجعل سماكة طبقة اللاحمل بالنسبة لمدينة اللاذقية (4-4.5m) للحصول على معدل كمية حرارة كبيرة ومردود عالٍ للبركة؛ وبهذه الطريقة يمكننا توزيع طبقات المحلول الملحي، والحصول على التدرج الملحي المناسب لتصميم البركة.

**الإستنتاجات والتوصيات:**

- قمنا في هذا البحث برسم المخططات البيانية التفصيلية عند المواصفات والشروط الحدية للبركة الشمسية الموضحة بالجدول (2) لمدينة اللاذقية وتم التوصل إلى النتائج والتوصيات الآتية:
- أظهرت نتائج البحث فعالية البركة الشمسية من حيث معدل كمية الحرارة المستخرجة منها، والمردود الحراري عند سماكة تتراوح بين (0.1-0.15m) للطبقة السطحية للبركة الشمسية.
  - زيادة سماكة طبقة اللاحم يؤدي إلى زيادة معدل كمية الحرارة المستخرجة من البركة والمردود الحراري وبعد حد معين لتلك السماكة يبدأ معدل كمية الحرارة والمردود بالتناقص تدريجياً وتكون الزيادة في السماكة غير مجدية، وفي بحثنا توصلنا إلى سماكة مثلى لطبقة اللاحم لكافة الأشهر المدروسة تتراوح بين (4 - 4.5m).
  - اختيار موقع بناء البركة بحيث تكون المنطقة محمية من الرياح.
  - استخدام المرايا المستوية أو غطاء متحرك لتجنب اتساع طبقة الحمل السطحية.
  - استخدام مياه نظيفة، والتخلص من الأوساخ إن وجدت في البركة بين حين وآخر.
  - استخدام نظام عزل حراري جيد للبركة .
  - قياس بارامترات البركة كل حين وآخر.

الملحق:

دلالة الرموز المستخدمة

الواحدة	مدلول الرمز	الرمز
$W/m^2$	معدل الإشعاع الشمسي اليومي الوسطي	$h_1$
°	الزاوية الساعية	$\omega$
ساعة	الزمن	$t$
°	زاوية سقوط الإشعاع الشمسي (زاوية سمت الشمسي)	$\theta_i$
°	زاوية انكسار الإشعاع الشمسي	$\theta_r$
-	معامل تشتت الإشعاع	$C$
°	زاوية ميل السطح	$S$
°	زاوية خط العرض	$L$
-	رقم اليوم في السنة	$n$
-	نفاذية الإشعاع الشمسي من سطح البركة	$\tau$
m	العمق مقاساً من سطح طبقة اللاحمل	$z$
-	رقم لابيدي ويساوي 0.08	$b$
°C	درجة حرارة الوسط المحيط	$T_a$
°C	درجة حرارة المحلول الملحي لمخك كلوريد الصوديوم	$T$
$W/m^{\circ}C$	عامل التوصيلية الحرارية لمخول ملح كلوريد الصوديوم	$k_w$
°C	درجة الحرارة المطلوب الحصول عليها من البركة الشمسية عند السماكة $d$	$\theta_d$
m	طول مسار الإشعاع الشمسي	$y_0$
$W/m^2$	معدل كمية الحرارة المستخرجة من البركة	$q_s$
%	المردود الحراري	$\eta$

## المراجع:

- 1- د. يوسف، يوسف، الطاقات الجديدة والمتجددة، منشورات جامعة تشرين 2007، 8-11.
- 2- د. نعيمة، عبد القادر، الطاقة الشمسية المصدر الرئيسي للطاقة النظيفة، القاهرة: دار الفكر العربي- 2009، 12.
- 3- Tabor, H.; and Weinberger, Z. *Nonconvecting Solar Ponds*, Chap. 10 in *Solar Energy Handbook* ed. Kreider, J.; Kreith, F.; Pub. McGraw-Hill. New York, U.S.A, 1981;139-251.
- 4- Tasdemiroglu, E. *Salt availability in Turkey and its potential use in solar ponds*. Resour Conser 1987; 15:215-28.
- 5- Kurt, H.; Halici, F.; and Binark, AK. *Solar-pond conception: experimental and theoretical studies*, *Energy Convers Manage*. 2000; 41:939-51.
- 6- CHARBONNEAU P.; KNAPP B., - *Engineering Equation Solver for Microsoft Windows Operating Systems*, Commercial and Professional. S. A. Klein, 2005, 7.358nd Ed, 303.
- 7- Duffie, J. A.; and Beckman, W.A.. *Solar Engineering of Thermal Processes*. John Wiley and sons, 1980; 56-78.
- 8- Rabl, A.; and Nielsen, C.E. *Solar Ponds for Space Heating*. *Solar Energy*, Vol.17, 1975, pp.1-12.
- 9- Wang, Y. F.; and Akbarzadeh, A. *A Parametric Study of Solar Ponds*. *Solar Energy*, Vol. 30, No.6, 1983, pp. 555-562.
- 10- Prasad R, Rao DP. Estimation of the thickness of the lower convective layer of solar ponds. *Renew Energy* 1996; 7(4): 401-7.
- 11- Weinberger, H. *The Physics of Solar Ponds*. *Solar Energy*, Vol. 8, 1964, pp. 45-56.
- 12- Rubin, H.; Benedict, B. A.; and Bachu, S. *Modeling The Performance of a Solar Pond as a Source of Thermal Energy*. *Solar Energy*, Vol. 32, No. 6, 1984, pp.771-778.