

Modeling and Simulation of a Wind Induction Solar Tower for Electric Power Generation

Dr. Jaber Diba*
Raid alhayk**

(Received 23 / 11 / 2022. Accepted 5 / 1 / 2023)

□ ABSTRACT □

A comprehensive theoretical study was presented for each of the three main components of the solar chimney with an evaluation of the theoretical performance in the solar towers in addition to the design and study of a small practical model on the ground with the study of the factors affecting it such as the effect of the intensity of solar radiation, the height of the solar chimney, the diameter of the solar collector and the thermal conductivity coefficient of the collector cover . The various mathematical equations controlling the solar chimney were studied with some special assumptions that were adopted, where the performance of the system depends on several factors and different criteria, including the surrounding conditions such as radiation and temperatures, as well as the location and structural dimensions of the system such as the height of the chimney and the radius of the solar collector, the materials used and their physical properties, The energy produced directly depends on these equations, which together constitute an integrated unit to explain the system, and then the project was modeled using the EES program and Solidworks program to study and draw the mini-model.

Keywords: solar chimney - solar collector - solar radiation - electricity generation - air induction - solar tower

*Professor ; Department of the Mechanical Power Engineering; Faculty of Mechanical and Electrical Engineering ; Tishreen University ; Lattakia:Syria. Email: Jaberd59@hotmail.com

**Master student; Department of the Mechanical Power Engineering; Faculty of Mechanical and Electrical Engineering ; Tishreen University; Lattakia:Syria. Email: Raedmhmed91@gmail.com

نمذجة ومحاكاة برج شمسي يعمل بالتحريض الهوائي لتوليد الطاقة الكهربائية

د. جابر ديبية*

رائد الحايك**

(تاريخ الإيداع 23 / 11 / 2022. قُبِلَ للنشر في 5 / 1 / 2023)

□ ملخص □

تم تقديم دراسة نظرية شاملة لكل من المكونات الثلاثة الرئيسية للمدخنة الشمسية مع تقييم الأداء النظري في الابراج الشمسية بالإضافة الى تصميم ودراسة نموذج عملي صغير على أرض الواقع مع دراسة العوامل المؤثرة عليه مثل تأثير شدة الاشعاع الشمسي وارتفاع المدخنة الشمسية وقطر المجمع الشمسي ومعامل التوصيل الحراري لغطاء المجمع. وتم دراسة مختلف المعادلات الرياضية المتحكمة في المدخنة الشمسية مع بعض الافتراضات الخاصة التي تم إعتماها، حيث يعتمد اداء النظام على عدة عوامل ومعايير مختلفة منها الظروف المحيطة كالإشعاع ودرجات الحرارة ، وكذلك الموقع والأبعاد الهيكلية للنظام كارتفاع المدخنة و نصف القطر المجمع الشمسي والمواد المستعملة وخواصها الفيزيائية، كما أن الطاقة المنتجة تعتمد بشكل مباشر على هذه المعادلات التي تكون مع بعضها وحدة متكاملة لتفسير النظام وبعدها تم نمذجة المشروع باستخدام البرنامج EES و برنامج Solidworks لدراسة ورسم النموذج المصغر.

الكلمات المفتاحية: المدخنة الشمسية- مجمع شمسي - اشعاع شمسي- توليد الكهرباء - تحريض هوائي -برج شمسي

* أستاذ ، قسم هندسة القوى الميكانيكية ، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية ، جامعة تشرين ، اللاذقية ، سورية.

البريد الإلكتروني: Jaberd59@hotmail.com

**طالب ماجستير ، قسم هندسة القوى الميكانيكية، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية ، جامعة تشرين ، اللاذقية ، سورية.

البريد الإلكتروني: Raedmhmed91@gmail.com

مقدمة:

تلعب الطاقة دوراً أساسياً في المجتمع، حيث يعد مفهوم الطاقة و نظامها وعلاقتها مع المجتمع من القواعد الأساسية للتطور الديناميكي في أي بلد من بلدان العالم، وذلك لأنها العصب الأساسي للتطور والمحرك الأول في سبيل الازدهار والتقدم العلمي والتنمية الشاملة في مجالات الحياة المختلفة.

شهدت فترة السبعينات من القرن الماضي وحتى وقتنا الحاضر انتشار أبحاث الطاقة الشمسية وتطبيقاتها في معظم دول العالم ومن ضمنها الدول العربية، وقد توسعت أبحاث الطاقة الشمسية وتطبيقاتها لتشمل العديد من المجالات ولتشهد أيضاً تطورات مستمرة تهدف إلى زيادة كفاءة استخدام الأجهزة الشمسية، إذ نشأ العديد من الشركات التي أخذت تقوم بتصنيع مختلف الأجهزة الشمسية وتسويقها.

تعد الطاقة الشمسية من أهم مصادر الطاقة المتجددة، إذا يمكن أن يقدم هذا المصدر الطاقة الكافية لكثير من التطبيقات التي تتطلب طاقة حرارية أو كهربائية أو ميكانيكية.

ويعتبر الوطن العربي غني بهذه الطاقة حيث أن المعدل السنوي للأشهر المشمسة بحدود عشرة أشهر في السنة وهي قيمة اقتصادية عالية لاستخدام الطاقة الشمسية في الوطن العربي بما يتوجب الاهتمام فيها وتحويلها إلى أشكال أخرى من الطاقة كالطاقة الحرارية و الطاقة الميكانيكية و الكهربائية ، نظراً لثبات فعالية الابراج الشمسية في توليد الطاقة الكهربائية في مناطق واسعة من العالم ومدى اقتصاديته كان لا بد من نمذجة ومحاكاة الابراج الشمسية ودراسة العوامل المؤثرة عليها والاستفادة منها في توليد الطاقة الكهربائية في ظل الازمات النفطية المحلية والعالمية القائمة.

أهمية البحث وأهدافه:

أثبتت فعالية الابراج الشمسية في توليد الطاقة الكهربائية في مناطق واسعة من العالم مدى اقتصاديه هذا المشروع كون المصدر الأساسي للطاقة المستخدمة فيه هو الشمس المتوفرة بشكل كبير على فترات طويلة من العام، فالبحث يعتبر كحل بديل لمشاكل نقص الطاقة الكهربائية في بعض المناطق ولمشاكل التلوث.

طرائق البحث ومواده:

الدراسة النظرية والمرجعية: الإحاطة بالمعلومات النظرية الكافية حول البرج الشمسي والخواص الايروديناميكية فيه لجريان الهواء في البرج.

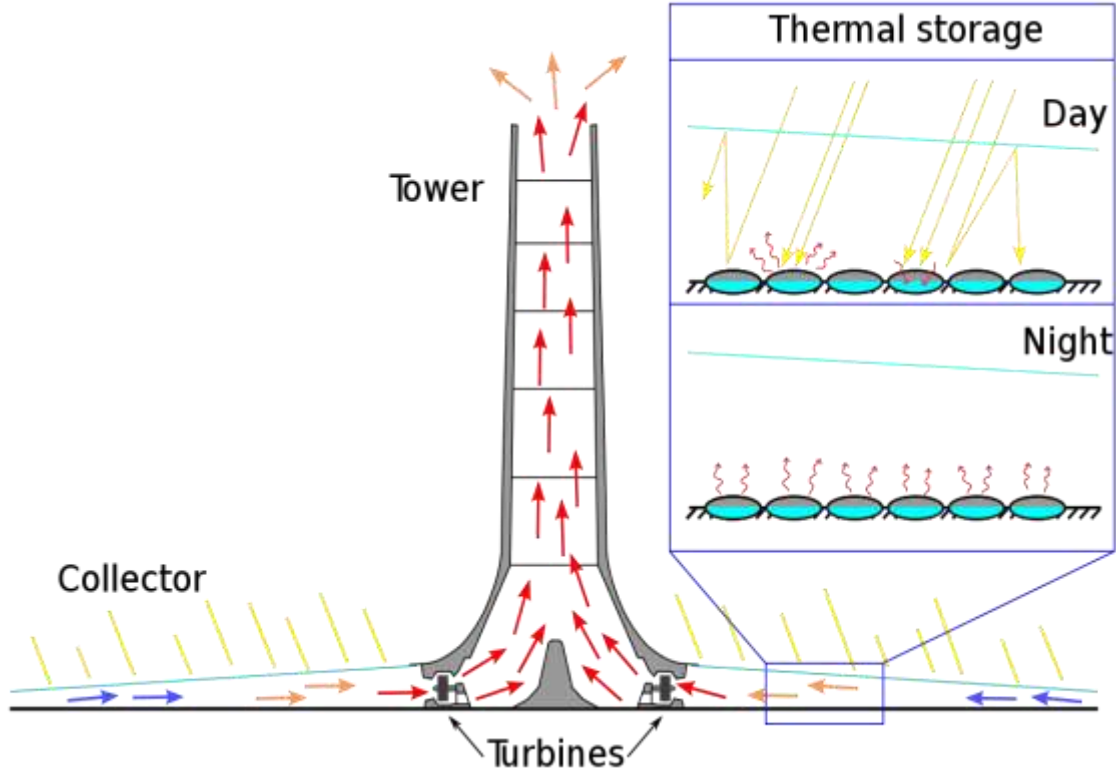
الدراسة العملية والتجريبية: وضع نموذج رياضي مناسب لعمل أجزاء محطة البرج الشمسي مع النمذجة باستخدام البرنامج الهندسي EES و دراسة تأثير المتغيرات على كفاءة البرج.

الوصول الى نموذج بأبعاده النهائية يؤمن تسخين هواء وخلق ضغط و فرق كثافة مناسب لجريان الهواء الساخن بشكل يؤمن دوران التوربين واستمرارية عمل محطة البرج الشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية.

1. تعريف الابراج الشمسية (المدخن):

تعرف الأبراج الشمسية بأنها تقنية توليد الطاقة الكهربائية باستخدام الطاقة الشمسية ، وتتم بتوجيه الهواء الساخن عبر مرواح عنفات هوائية لتحويلها بدورها إلى طاقة كهربائية ، كما تتكون الأبراج الشمسية من مدخنة (قناة هوائية) مريوطة

على سطح شفاف ومفتوح مع الوسط المحيط ، هذا السطح والأرضية التحتيّة يشكلان معا مجمع شمسي كما هو واضح في الشكل (1) الذي يبين رسم تخطيطي لأحد اشكال المدخنة الشمسية [9] :



الشكل (1): رسم تخطيطي لأحد اشكال المدخنة الشمسية

2. مكونات البرج الشمسي الهوائي

- البرج: هو برج من الاسمنت المسلح في الابراج الكبيرة او بلاستيك PVC في الابراج الصغيرة .
- المجمع الشمسي: وهو عبارة عن غطاء زجاجي أو بلاستيكي او نايلون شفاف و كبير جدا ويمتد على مساحات واسعة جدا.
- أرضية المجمع: تتكون عادة من الرمال أو مواد خازنة للحرارة.
- توربين ومولد كهربائي : يقومان بتحويل الطاقة الحركية للهواء إلى طاقة كهربائية.
- تجهيزات ثانوية.

يبين الشكل (2): صورة توضح نموذج مانزاناريس [2]

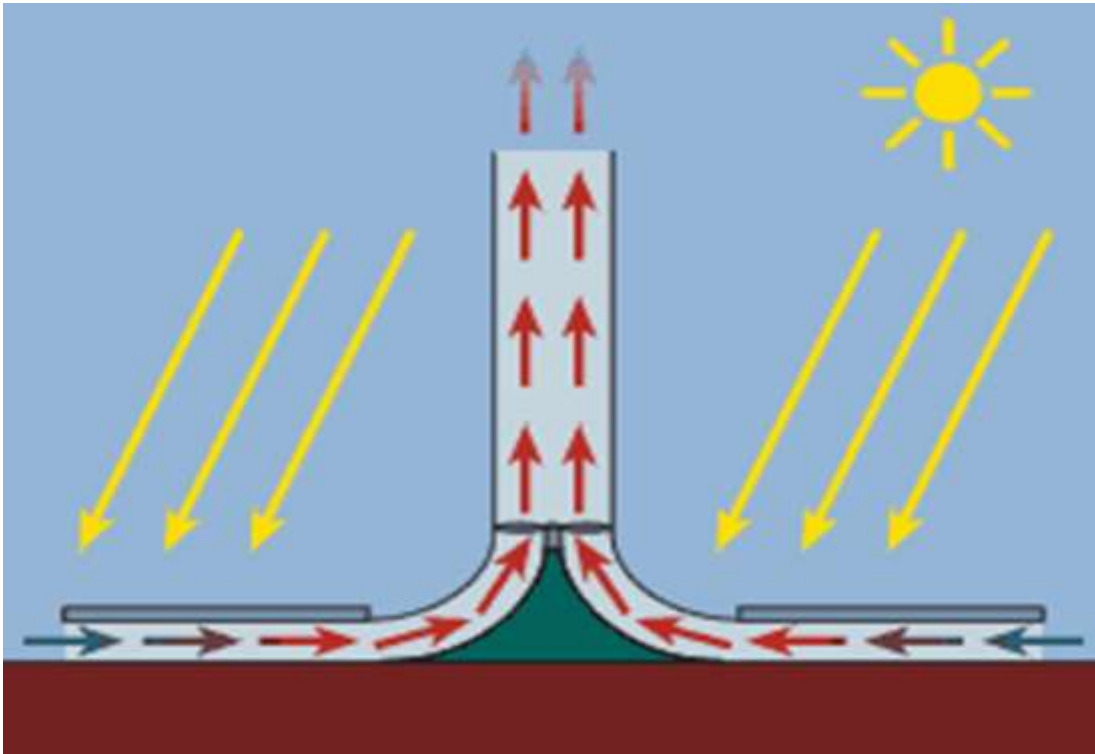


الشكل (2): صورة توضح نموذج مانزاناريس

3. مبدأ عمل البرج الشمسي

تقوم اشعة الشمس الساقطة على الغطاء بتسخين الهواء الموجود اسفل الغطاء مما يؤدي الى انخفاض كثافته فيتشكل تيار حمل حر يحمل الهواء الساخن من وسط المجمع الى أعلى البرج ، ويتم استغلال هذا التيار الهوائي التحريضي الصاعد لتدوير توربينات موجودة في اسفل أو أعلى البرج الشمسي والتي تقوم بدورها بتدوير المولدات الكهربائية التي تولد الطاقة الكهربائية المطلوبة.

وبين الشكل (3) صورة توضح مبدأ عمل البرج الشمسي [9]



الشكل (3): صورة توضح مبدأ عمل البرج الشمسي

4. مميزات الأبرج الشمسية:

- بسيطة التصميم والتشغيل والصيانة.
- أعمارها الافتراضية كبيرة وتتراوح بين 50 الى 100 عام.
- اقتصادية، حيث كلفتها التأسيسية منخفضة مقارنة مع باقي التطبيقات الشمسية.
- لا تلوث البيئة ويمكن استخدامها في تنقية الهواء الملوث.
- الوسيط العامل هو الهواء وبالتالي يمكن بناؤها في أي مكان كالصحاري والأماكن البعيدة.
- يمكن تشغيل الأبرج الشمسية عند التغطية الجزئية والكاملة للشمس.
- يمكن تشغيل الأبرج الشمسية في ساعات المساء والليل بمساعدة أرضية المجمع الخازنة للحارة.

5. التحليل الرياضي للمدخنة الشمسية:

قبل البدء بالنمذجة والمحاكاة تم دراسة مختلف المعادلات الرياضية المتحكممة في المدخنة الشمسية مع بعض الافتراضات الخاصة التي تم اعتمادها ، حيث يعتمد أداء النظام على عدة عوامل ومعايير مختلفة يمكن أن تكون كالظروف المحيطة ، والإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة ، بالإضافة إلى الموقع والأبعاد الهيكلية للنظام كارتفاع مدخنة و نصف القطر للمجمع الشمسي والمواد المستعملة وخواصها الفيزيائية ، كما أن الطاقة المنتجة تعتمد بشكل مباشر على هذه المعادلات التي تشكل مع بعضها وحدة متكاملة لتفسير النظام ، حيث سنقدم هنا دراسة نظرية ومناقشتها لكل من المكونات الثلاثة الرئيسية للمدخنة الشمسية (التريينات والمجمع والمدخنة أو البرج الشمسي)

6. الافتراضات المعتمدة في نموذج التحليل الرياضي:

- يتصرف الهواء يتصرف كغاز مثالي .
 - التدفق خلال المجمع مثالي.
 - التأثير الحراري أو تدفق الهواء، يتم بسبب قوة الطفو (دافعة أرخميدس).
 - لا وجود اهمال الضياعات الحرارية لفقدان الحرارة من جدار المدخنة.
 - يتم إهمال خسائر ضياعات احتكاك الهواء المتدفق عبر المدخنة.
 - درجة الحرارة تحت الطبقة العازلة تساوي درجة حرارة الوسط المحيط.
 - الضغط في نهاية مخرج المدخنة هو الضغط الجوي.
- بناءً على هذه الافتراضات تم إجراء هذا التحليل الرياضي لكل من المدخنة و المجمع والتوربين للمدخنة الشمسية، حيث أن مصدر الحرارة المعتمد هنا هو اشعة الشمس خلال النهار بفرض أنها تسخن السطح وتسخن الصفائح السوداء، وتدفق الهواء هو عن طريق نقل الحرارة بالحمل وكذلك إنباعات إشعاعية على سقف المجمع كما هو موضح سابقاً في الشكل (1) وهو يمثل رسم تخطيطي لمدخنة شمسية.

7. النموذج الرياضي للمدخنة الشمسية:

1.7 الكفاءة الكلية للمدخنة الشمسية:

هي عبارة عن ناتج لكفاءات الفردية للمدخنة الشمسية[3]:

$$\tau_{tot} = \tau_{coll} \cdot \tau_{ch} \cdot \tau_{tur} \quad (1)$$

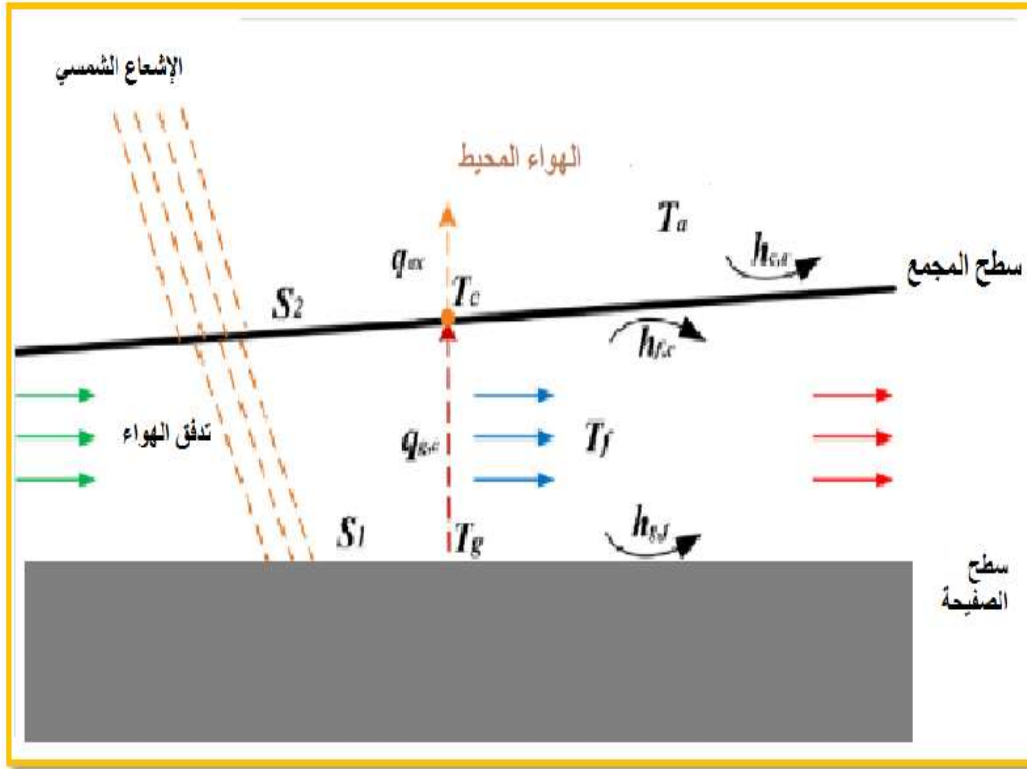
τ_{tur} : كفاءة التوربين.

τ_{ch} : كفاءة المدخنة.

τ_{coll} : كفاءة المجمع.

1.1.7. المجمع:

يتكون من أرضية وغطاء شفاف يقع على ارتفاع معين حيث يستخدم المجمع مبدأ الاحتباس الحراري لتسخين الهواء [4]. تعتبر الصفيحة السوداء أو الأرض التي تكون مغطاة بالزجاج أو أي مادة شفافة أخرى بمثابة طبقة امتصاص حرارية تقوم بتحويل الإشعاع الشمسي G إلى سطح المجمع A_{coll} الذي بدوره يحولها إلى طاقة حرارية Q كما يوضح الشكل (4) آلية تبادل الطاقة في المجمع [5].



الشكل (4): آلية تبادل الطاقة في المجمع

S_2 و S_1 : سطح الصفيحة والمجمع على التوالي وتقدر بـ $[m^2]$.

T_a و T_c و T_g : درجة حرارة سطح الصفيحة والمجمع والهواء المحيط على التوالي وتقدر بـ $[K]$.

يمكننا أن نعبر عن كفاءة المجمع τ_{coll} والتي هي عبارة عن نسبة من كمية الحرارة النوعية للمجمع كهواء مسخن Q/\dot{A}_{coll} والإشعاع الشمسي G كالتالي [3]:

$$\tau_{coll} = \frac{\dot{Q}}{G \cdot A_{coll}} \quad (2)$$

كما يمكننا أن نعبر عن كمية الحرارة \dot{Q} باعتبارها تحت ظروف ثابتة بدلالة تدفق الكتلة والسعة الحرارية النوعية و الفرق في درجة الحرارة بين تدفق المجمع و تدفق الهواء.

نعتبر ΔT كالتالي:

$$\Delta T = T_{out} - T_{in} \quad [K] \quad (3)$$

تعطى معادلة توازن الطاقة للمجمع:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T = \tau_{\alpha} \cdot G \cdot A_{coll} - h \cdot A_{coll} \cdot \Delta T_a = G \cdot A_{coll} \cdot \tau_{coll} \quad [W] \quad (4)$$

حيث أن ΔT_a هي الفرق في درجة الحرارة المتوسطة للوح المجمع T_p ودرجة الحرارة المحيطة T_o وهي :

$$\Delta T_a = T_p - T_o \quad [K] \quad (5)$$

حيث أن \dot{m} هو معدل التدفق الكتلي للهواء الساخن الذي يمر عبر المدخنة الشمسية ويمكن حسابه باستخدام المعادلة التالية:

$$\dot{m} = \rho_{air} \cdot A_{ch} \cdot V_{ch} \left[\frac{kg}{s} \right] \quad (6)$$

تعبّر V_{ch} عن سرعة مدخنة و A_{ch} عن مساحة مقطع العرضي للمدخنة بـ m^2 .

ومنه الآن نستطيع تعويض في \dot{Q} بـ \dot{m} من المعادلة (6) و(4) في (2) نحصل على العلاقة التالية[3]:

$$\tau_{coll} = \frac{\rho_{air} \cdot A_{ch} \cdot V_{ch} \cdot C_p \cdot \Delta T}{G \cdot A_{coll}} \quad (7)$$

ومنه نحصل على سرعة المدخنة:

$$V_{ch} = \frac{\tau_{\alpha} \cdot G \cdot A_{coll} - h \cdot \Delta T_a \cdot A_{coll}}{\rho_{air} \cdot A_{ch} \cdot C_p \cdot \Delta T} \left[\frac{m}{s} \right] \quad (9)$$

تعتبر هذه المعادلة مستقلة عن ارتفاع سقف المجمع بسبب إهمال ضياعات الاحتكاك والتخزين الأرضي في المجمع حيث أن:

A_{ch} : هي مساحة مقطع عرضي للمدخنة شمسية $[m^2]$.

G : الإشعاع الشمسي $[W/m^2]$.

C_p : الحرارة النوعية للهواء $[J/kg \cdot K]$.

h : معامل الحمل الحراري $[W/k \cdot m^2]$.

τ_{α} : معامل النفاذية والامتصاصية.

2.1.7. المدخنة الشمسية (البرج):

تعمل المدخنة الشمسية ذات الجدران الأسطوانية كمحرك حراري ، إذ يمكن تحديد الكفاءة التي تعبر عن تحويل تدفق الحرارة إلى طاقة حركية بالعلاقة التالية[4]:

$$\tau_{ch} = \frac{P_{tot}}{\dot{Q}} = \frac{g \cdot H_{ch}}{C_p \cdot T_o} \quad (10)$$

ومنه تصبح استطاعة المدخنة الشمسية بالاعتماد على العلاقة (10):

$$P_{tot} = \tau_{ch} \cdot \dot{Q} = g \cdot H_{ch} \cdot \rho_{coll} \cdot A_{ch} \cdot V_{ch} \cdot \frac{\Delta T}{T_o} \quad [W] \quad (11)$$

حيث H_{ch} هي ارتفاع المدخنة الشمسية بـ $[m]$.

نستطيع الآن حساب الفرق في الضغط، الذي يتم إنتاجه بين قاعدة المدخنة والمناطق المحيطة بها والذي ينشأ من تحويل تدفق الحرارة المنتجة من قبل المجمع إلى طاقة حركية، وبالتالي نتيجة اختلاف كثافة الهواء الناتج عن ارتفاع درجة الحرارة ، الذي يعمل كقوة دافعة ، ويتم حسابه بالعلاقة [4] :

$$\Delta P_{tot} = g \cdot H_{ch} \cdot \rho_{coll} \cdot \frac{\Delta T}{T_o} \quad [Pa] \quad (12)$$

كما نستطيع معرفة سرعة الهواء في المدخنة كما يلي[5]:

لدينا الفرق في الضغط هو:

$$\Delta P = g \cdot (\rho_{air} - \rho_{coll}) \cdot H \quad [Pa] \quad (13)$$

وكذلك علاقة استطاعة التدفق الكلي للهواء:

$$P_{tot} = \Delta P \cdot V_{max} \cdot A_{coll} [W] \quad (14)$$

. V_{max} : هي السرعة القصوى لتدفق الهواء [m/s].

تعطى الاستطاعة بالعلاقة التالية:

$$P_{tot} = \frac{1}{2} \dot{m} \cdot V_{max}^2 [W] \quad (15)$$

ومنه تصبح السرعة القصوى للهواء في المدخنة [6]:

$$V_{max} = \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{ch} \cdot \frac{(\rho_{air} - \rho_{ch})}{\rho_o}} \left[\frac{m}{s} \right] \quad (16)$$

كذلك يمكن التعبير عنها بشكل آخر [6]:

$$V_{max} = \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{ch} \cdot \frac{\Delta T}{T_o}} \left[\frac{m}{s} \right] \quad (17)$$

3.1.7. التوربينات:

يقع التوربين في الجزء السفلي من المدخنة الشمسية، حيث أن الحد الأقصى للطاقة الميكانيكية التي تستهلكها التوربينات الموصى بها تعطى بالعلاقة [7]:

$$P_{tur-max} = \frac{2}{3} V \cdot A_{ch} \cdot \Delta P_{tot} [W] \quad (18)$$

تعطى الاستطاعة العظمى للتوربين بالعلاقة :

$$P_{tur-max} = \frac{2}{3 C_p \cdot T_o} g \cdot G \cdot H_{ch} \cdot \tau_{coll} \cdot A_{coll} [W] \quad (19)$$

إذا كانت كفاءة المولدة الكهربائية معلومة تصبح الاستطاعة الكهربائية المولدة في المدخنة الشمسية كالتالي [5]:

$$P_{elec} = \tau_{elec} \cdot P_{tur-max} [W] \quad (20)$$

8. حساب شدة الإشعاع الشمسي:

نبين فيما يأتي طريقة (ASHRAE) لحساب شدة الإشعاع الشمسي المباشر والمبعثر الساقط على سطح الأرض في يوم صحو [8]. تعطى شدة الإشعاع الشمسي المباشر وفق هذه الطريقة عند السقوط العمودي:

$$H_{Bn} = A \cdot e^{-\frac{B}{\sin \alpha}} \quad (21)$$

H_{Bn} : شدة الإشعاع الشمسي المباشر عند السقوط العمودي [w/m^2].

A : شدة الإشعاع الشمسي الظاهري [w/m^2].

B : معامل توهين الغلاف الجوي.

يحسب الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على السطح الأفقي fالعلاقة:

$$H_B = H_{Bn} \times \sin \alpha \quad (22)$$

تعطى طريقة أشراي علاقة مبسطة لحساب شدة الإشعاع المبعثر من مكونات الغلاف الجوي وشدة الإشعاع الساقط على سطح الأفقي كنسبة من الإشعاع الشمسي المباشر عند السقوط العمودي كما يأتي:

$$H_d = C \cdot H_{Bn} \quad (23)$$

H_d : الإشعاع المبعثر من السماء .

C: معامل تبعثر (تشتت) الإشعاع ، معطى في الجدول التالي.

وتعطى شدة الإشعاع الشمسي الساعي الكلي الساقط على السطح الأفقي بالعلاقة الآتية:

$$H = H_B + H_d \quad (24)$$

يتوقف تغير قيم الثوابت A , B , يتوقف على التغير السنوي للمسافة بين الأرض و الشمس و التغير الفصلي في محتوى

الغلاف الجوي من الرطوبة ومكونات أخرى يعطى الجدول (1) يعطي قيم الثوابت A , B , C .

الجدول (1) قيم الثوابت A , B , C .

A [w/m^2]	B	C	
1230	0.142	0.058	كانون الثاني
1215	0.144	0.060	شباط
1185	0.156	0.071	آذار
1136	0.180	0.097	نيسان
1104	0.196	0.121	أيار
1088	0.205	0.134	حزيران
1085	0.207	0.136	تموز
1107	0.201	0.122	أب
1152	0.177	0.092	أيلول
1193	0.160	0.073	تشرين الأول
1221	0.149	0.063	تشرين الثاني
1234	0.142	0.057	كانون الأول

الإشعاع الشمسي الكلي الساعي الساقط على السطح المائل:

$$G = H_t = H_{Bt} + H_{dt} + H_{\rho t} \quad (25)$$

بتعويض قيم الإشعاع المباشر و المبعثر و المنعكس:

$$H_{Bt} = H_B \times R_B \quad (26)$$

R_B : معامل ميل الإشعاع المباشر وتعطى بالعلاقة:

$$R_B = \frac{\cos\theta}{\cos\theta_z} = \frac{\cos\theta}{\sin\alpha} \quad (27)$$

$$H_{dt} = H_d \times \left(\frac{1 + \cos\theta}{2} \right) \quad (28)$$

$$H_{\rho t} = \rho^* \times H \times \left(\frac{1 - \cos\theta}{2} \right) \quad (29)$$

ρ^* : تمثل الانعكاسية للأرض المحيطة بالسطح (اللاقط) وقيمها حسب طبيعة الأرض هي: 0.75....0.95 تليج أبيض

، 0.15....0.4 رمل ، 0.2...0.5 غابات ، 0.1...0.03 مسطحات مائية.

$$H_t = aH_B \times R_B + H_d \times \left(\frac{1 + \cos\theta}{2} \right) + \rho^* \times H \times \left(\frac{1 - \cos\theta}{2} \right) \quad (30)$$

9. تصميم ودراسة نموذج مصغر لبرج شمسي:

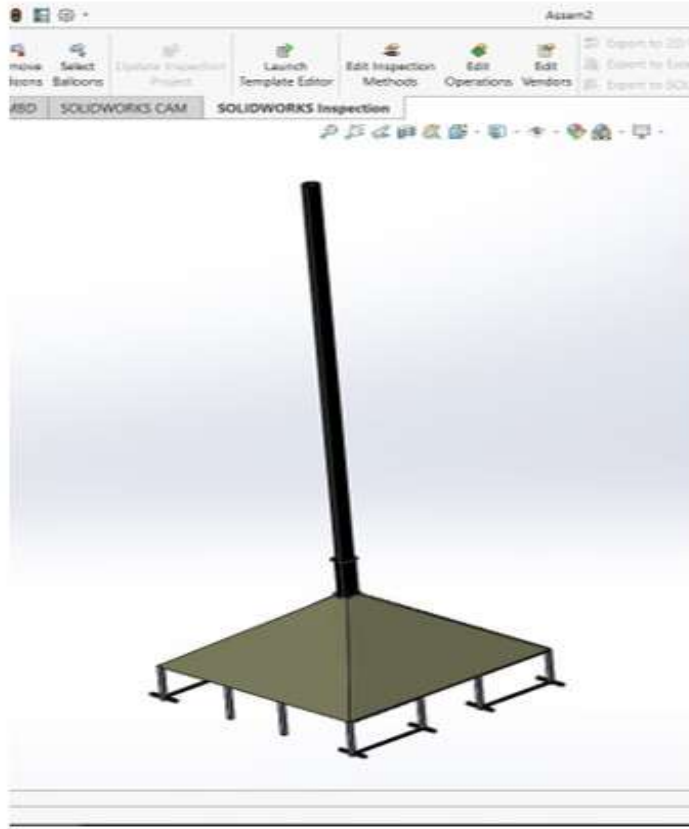
مواصفات النموذج:

- مدخنة مصنوعة من البلاستيك PVC
- مجمع شمسي مصنوع من مادة النايلون

- مولدة كهربائية (توربين+منوية) مركبة أسفل المدخنة.
 - قواعد لتثبيت المجمع و المدخنة المولد.
 - قطع معدنية من الحديد مدهون باللون الأسود لزيادة الامتصاصية توضع في أرضية المجمع الشمسي.
- يبين الجدول (2) أبعاد النموذج والشكل (5) تصميم النموذج على برنامج السوليدوركس والشكل (6) نموذج برج شمسي خلف كلية الهمك في جامعة تشرين
- أبعاد النموذج:**

الجدول (2) أبعاد النموذج

D_{coll} [m]	D_{ch} [m]	A_{ch} [m ²]	H_{ch} [m]
1.9	0.2	0.0314	6



الشكل (5): تصميم النموذج على برنامج السوليدوركس



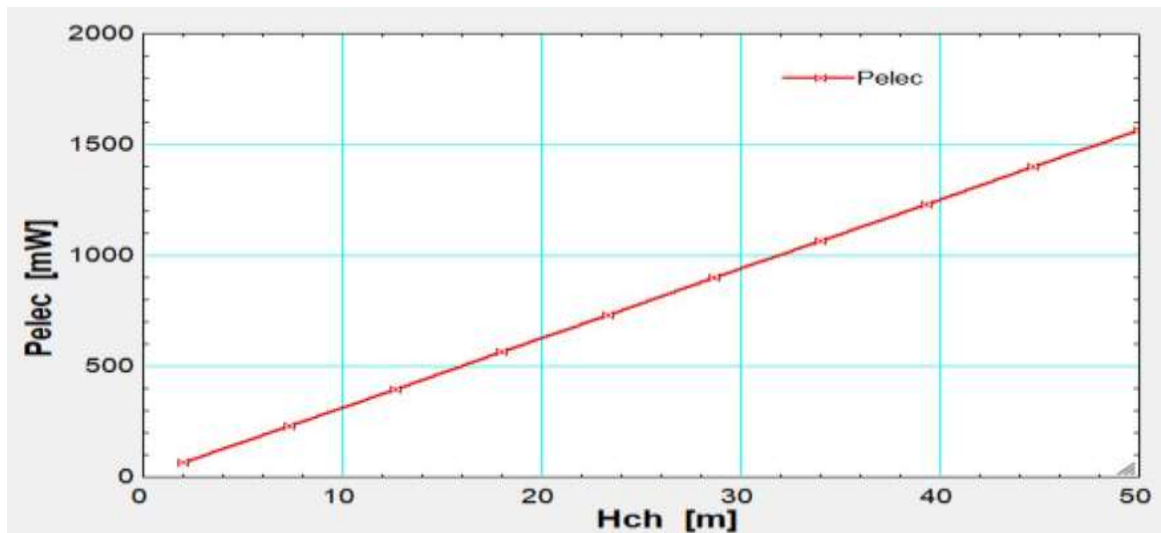
الشكل (6): نموذج برج شمسي خلف كلية الهمك في جامعة تشرين

النتائج و المناقشة:

تم ادخال جميع المعادلات المذكورة سابقا إلى برنامج EES وفق فرضيات ومعطيات المشروع المنفذ وتم دراسة تأثير كل من ارتفاع المدخنة الشمسية وقطر المجمع الشمسي ومعامل التوصيل الحراري لغطاء المجمع الشمسية وشدة الاشعاع الشمسي على الاستطاعة الكهربائية.

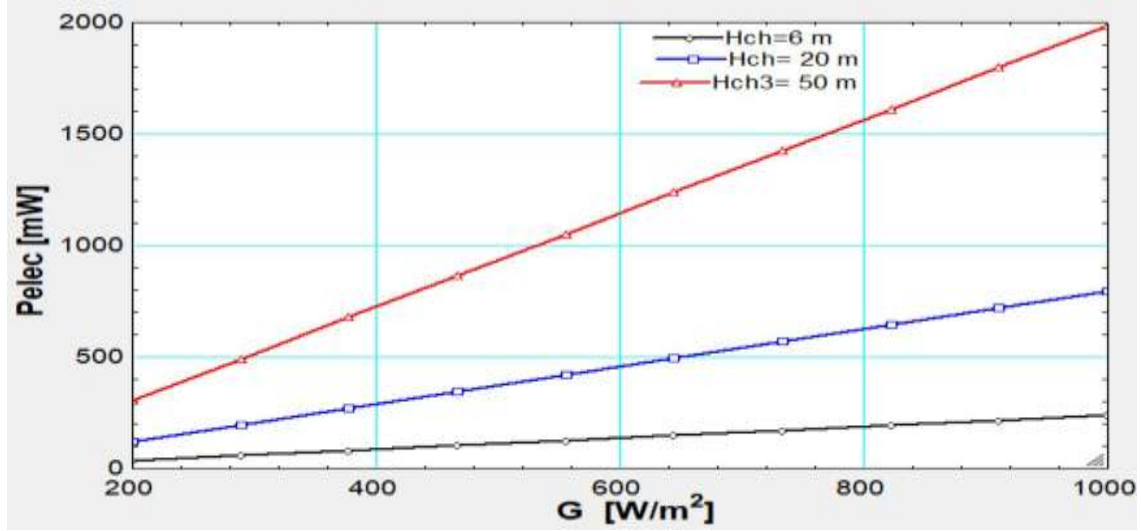
1. تأثير تغير ارتفاع المدخنة H_{ch} :

تم دراسة تأثير تغير ارتفاع المدخنة H_{ch} ضمن المجال $(2 \div 50)m$ مع ثبات كل من قطر المجمع الشمسي عند القيمة $1.9 m$ وقطر المدخنة عند القيمة $0.2 m$ وشدة الاشعاع شمسي $G = 800 W/m^2$ يبين الشكل (7) العلاقة بين ارتفاع المدخنة والاستطاعة الكهربائية.



الشكل (7) العلاقة بين ارتفاع المدخنة الشمسية والاستطاعة الكهربائية

نلاحظ من الشكل (7) أن زيادة ارتفاع المدخنة سيؤدي الى زيادة الاستطاعة الكهربائية وفقاً للعلاقتين (19) و (20). يبين الشكل (8) العلاقة بين الاستطاعة الكهربائية وشدة الإشعاع الشمسي عند ثلاثة قيم لارتفاع المدخنة.

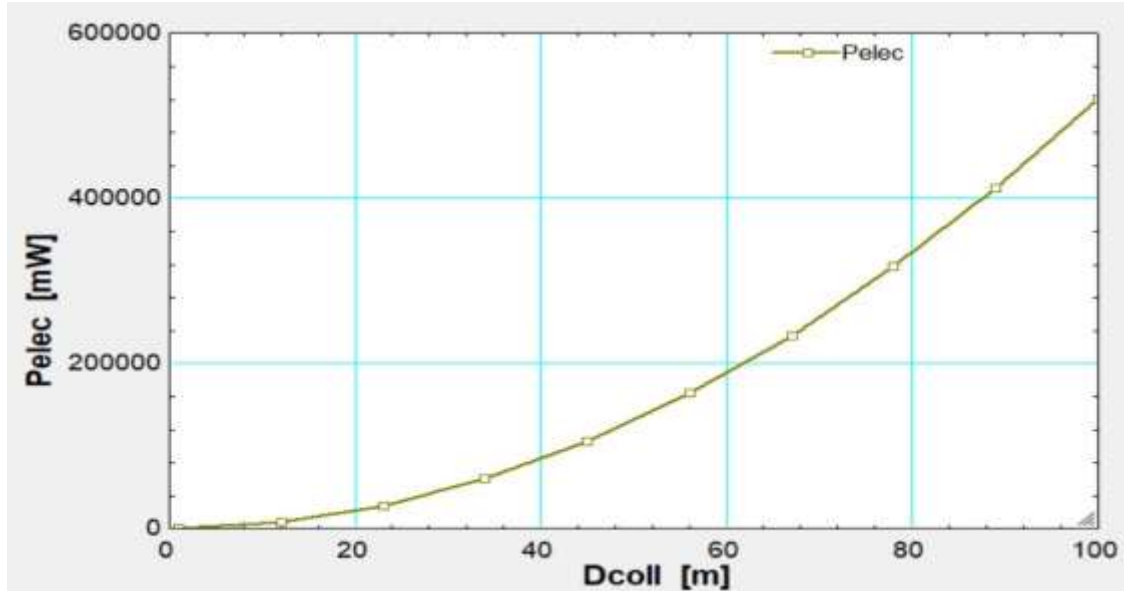


الشكل (8) العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي والاستطاعة الكهربائية عند ثلاث قيم لارتفاع المدخنة الشمسية

نلاحظ من الشكل (8) كلما ازدادت شدة الإشعاع الشمسي وارتفاع المدخنة ستزداد معها الاستطاعة الكهربائية وفقاً للعلاقين (19) و (20).

2. تأثير تغير قطر المجمع D_{coll} :

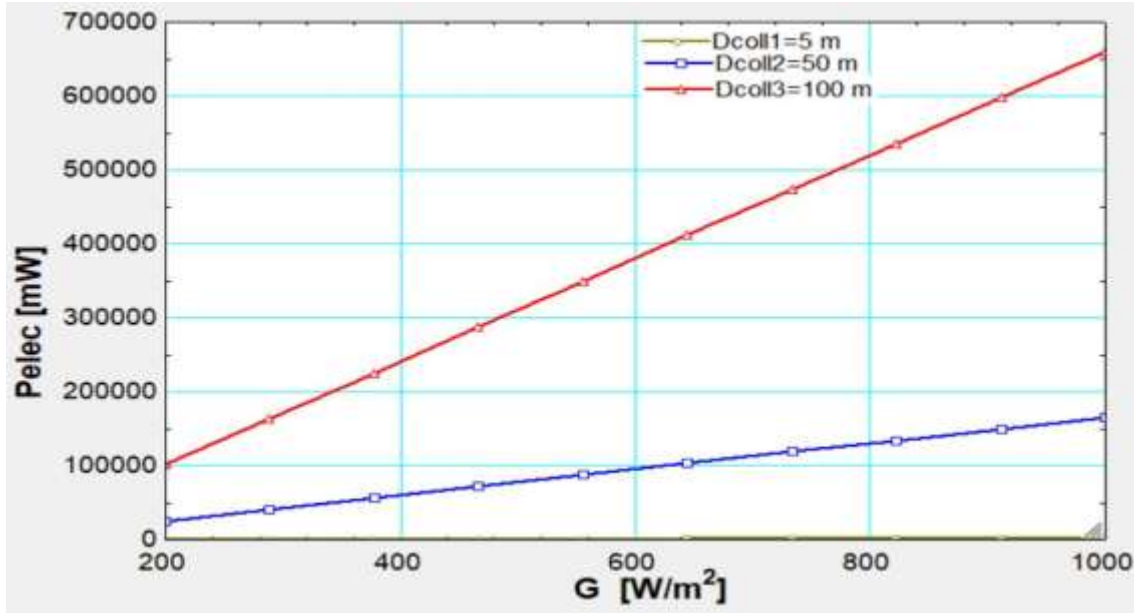
تمت دراسة تأثير تغير قطر المجمع D_{coll} ضمن المجال $m(1 \div 100)$ مع تغير تأثير شدة الإشعاع الشمسي . عند ارتفاع المدخنة $6m$ وقطر للمدخنة $0.2 m$ وشدة الإشعاع شمسي $G = 800 W/m^2$. يبين الشكل (9) العلاقة بين قطر المجمع الشمسي والاستطاعة الكهربائية.



الشكل (9) العلاقة بين قطر المجمع الشمسي والاستطاعة الكهربائية

نلاحظ من الشكل (9) أن زيادة قطر المجمع الشمسي سيؤدي إلى زيادة مساحة المجمع وبالنتيجة ستزداد الاستطاعة الكهربائية وفقاً للعلاقتين (19) و (20).

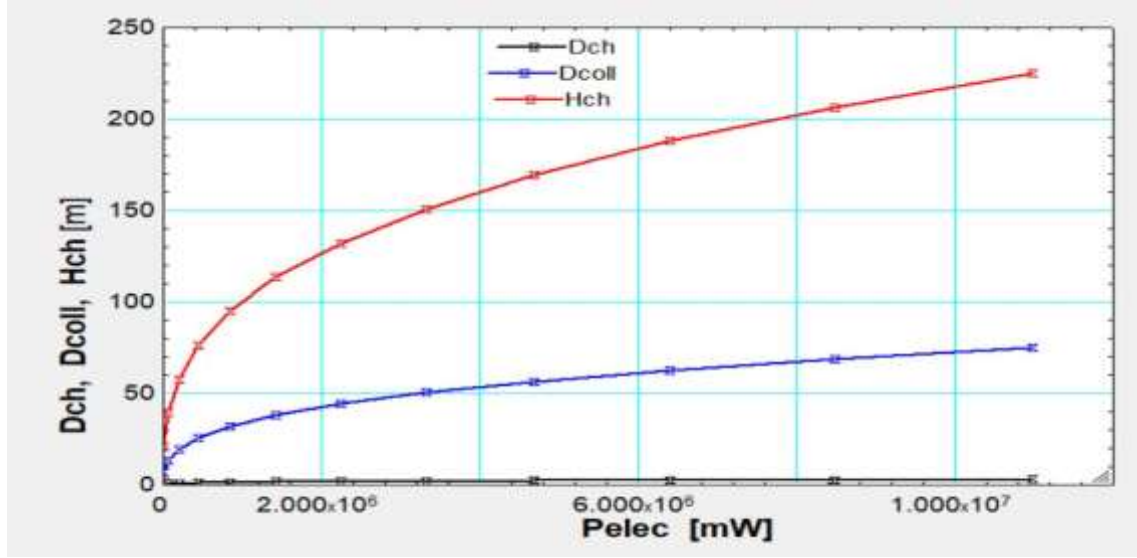
يبين الشكل (10) العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي والاستطاعة الكهربائية عند ثلاثة قيم لقطر المجمع الشمسي.



الشكل (10) العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي والاستطاعة الكهربائية عند ثلاثة قيم لقطر المجمع الشمسي

نلاحظ من الشكل (10) أن كلما ازدادت شدة الإشعاع الشمسي وقطر المجمع الشمسي سيؤدي إلى زيادة الاستطاعة الكهربائية استناداً إلى العلاقة (19) و (20).

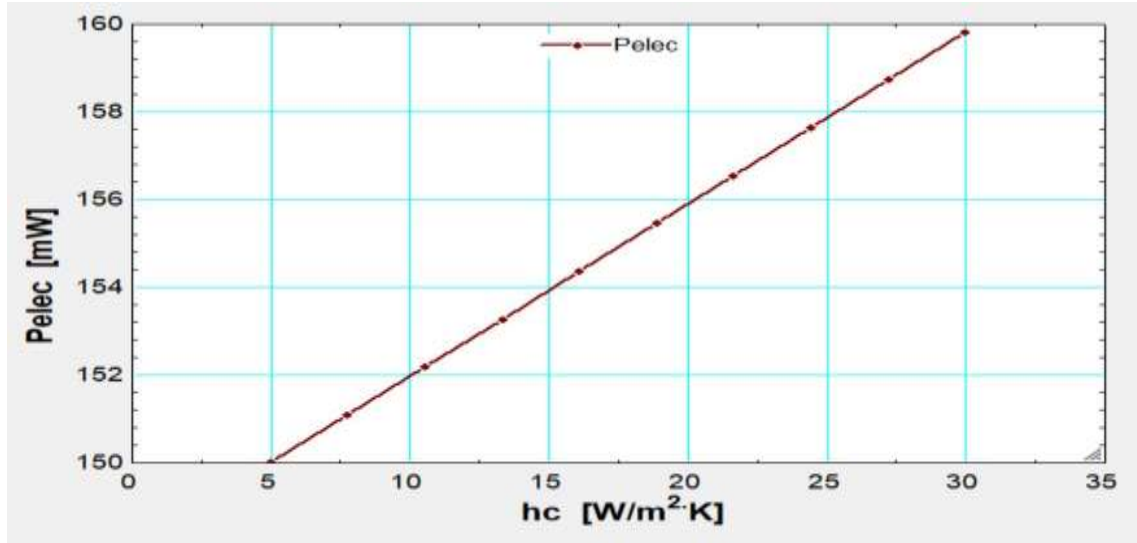
3. تأثير الأبعاد الهندسية لكل من المجمع الشمسي وارتفاع المدخنة على الاستطاعة الكهربائية:
تمت دراسة تأثير تغير قطر المجمع D_{coll} ضمن المجال $(1 \div 75)m$ تأثير تغير ارتفاع المدخنة H_{ch} ضمن المجال $(2 \div 225)m$ مع تغير قطر المدخنة ضمن المجال $(0.2 \div 3)m$ عند شدة إشعاع شمسي $G = 800 W/m^2$ حيث تم اعتماد ارتفاع المدخنة أكبر من قطر المجمع لأن زيادة ارتفاع المدخنة يساهم في زيادة الاستطاعة الكهربائية أكثر من زيادة قطر المجمع الشمسي وفق الأشكال السابقة، أما قطر المدخنة الشمسية فقد تم اعتماده تجريبياً بحيث لا تزداد سرعة الهواء الساخن ضمن المدخنة عن السرعة القصوى المسموح بها. يبين الشكل (11) العلاقة بين أبعاد المجمع الشمسي وارتفاع وقطر المدخنة مع الاستطاعة الكهربائية.



الشكل (11) العلاقة بين ابعاد المجمع الشمسي وارتفاع وقطر المدخنة مع الاستطاعة الكهربائية.

4. تأثير تغير معامل الايصالية h_c :

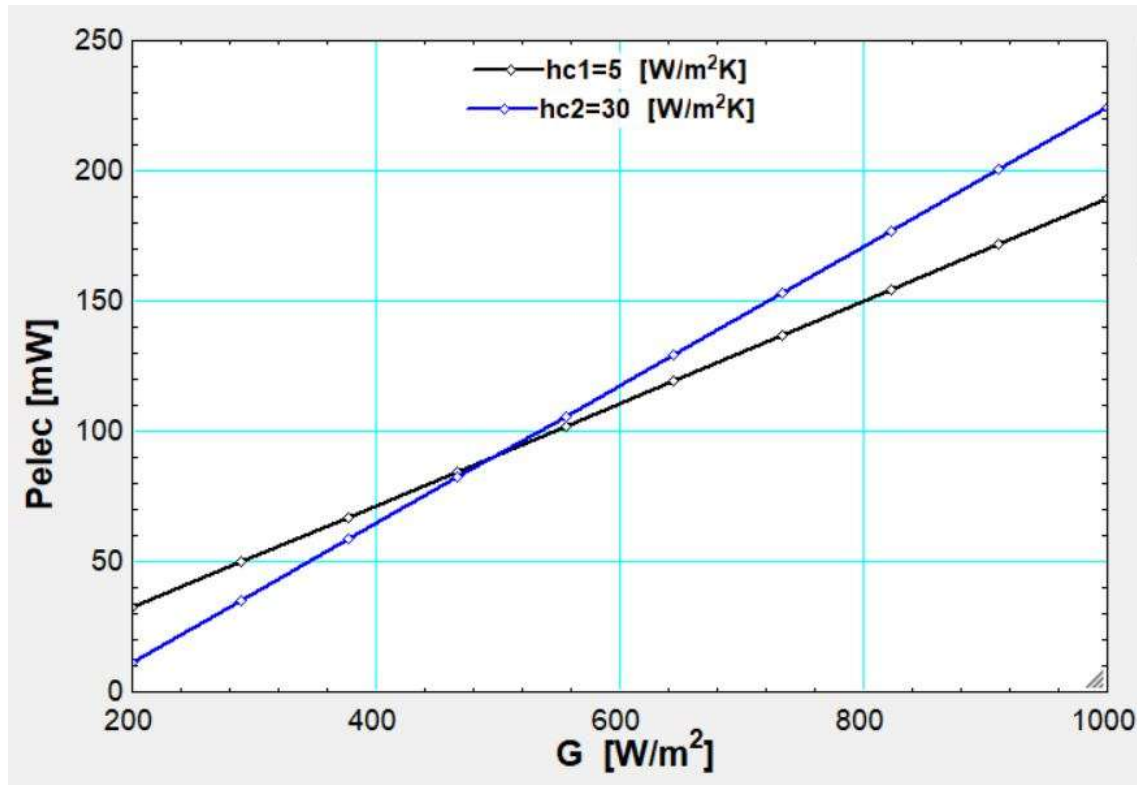
تمت دراسة تأثير تغير معامل الايصالية h_c ضمن المجال $\frac{W}{m^2.K}$ (5 ÷ 30) عند قطر المجمع 1.9 m ارتفاع للمدخنة 6m وقطر للمدخنة 0.2m. يبين الشكل (12) العلاقة بين معمل الايصالية والاستطاعة الكهربائية.



الشكل (12) العلاقة بين معمل الايصالية والاستطاعة الكهربائية

نلاحظ أنه كلما ازدادت قيمة الايصالية الحرارية يزداد معها الاستطاعة الكهربائية ولكن بشكل طفيف، ومع زيادة قيمة معامل الايصالية تزداد معها قيمة النفاذية والامتصاصية.

ويبين الشكل (13) العلاقة بين معمل الايصالية والاستطاعة الكهربائية حيث تمت دراسة تأثير تغير معامل الايصالية h_c عند القيمة $\frac{W}{m^2.K}$ (50) و $\frac{W}{m^2.K}$ (5 ÷ 30) عند قطر المجمع 1.9 m ارتفاع للمدخنة 6m وقطر المدخنة 0.2m مع تتغير شدة الاشعاع الشمسي .



الشكل (13) العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي والاستطاعة الكهربائية

5. تأثير شدة الإشعاع الشمسي على الاستطاعة الكهربائية للنموذج التجريبي:

تمت دراسة تأثير شدة الإشعاع الشمسي ليوم كامل بعد حسابه بالاعتماد على طريقة أشري ليوم 2022/6/3 ويوضح الجدول (3) الفرضيات التي تم اعتمادها.

الجدول (3) فرضيات اليوم المحدد

L	s	n	ساعة الشروق	ساعة الغروب	طول النهار	ثوابت الإشعاع الشمسي		
						A	B	C
35.07	25.5	150	04:52:38	19:07:22	14:14:43	1088	0.205	0.134

ويبين الجدول (4) شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح مائل ، من وقت الشروق الى وقت الغروب بعد نمذجة المعادلات والحساب بمساعدة الاكسل.

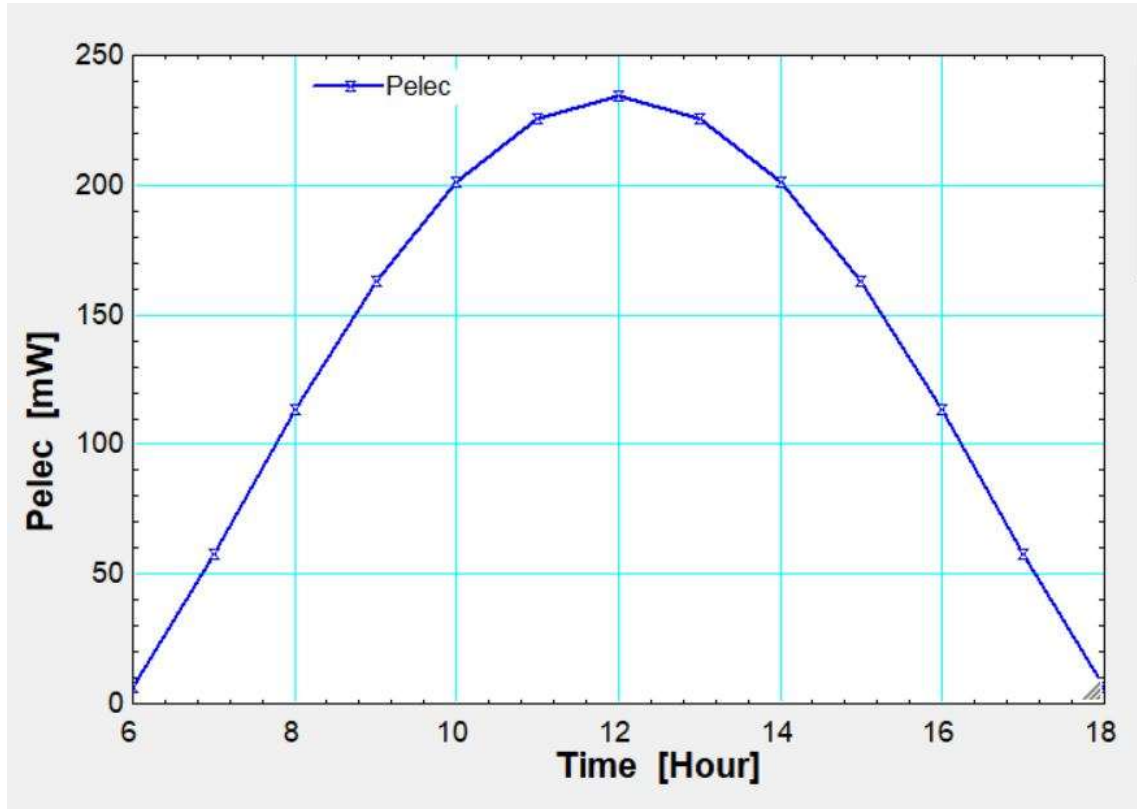
ويبين الجدول (4) شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح مائل (المحسوب باستخدام الاكسل) والاستطاعة الكهربائية المنتجة من وقت الشروق الى وقت الغروب بعد نمذجة المعادلات والحساب بمساعدة برنامج EES عند قطر المجمع 1.9 m ارتفاع المدخنة 6m وقطر المدخنة 0.2m.

الجدول (4) شدة الإشعاع الشمسي والاستطاعة الكهربائية على مدار اليوم

الساعة	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
شدة الإشعاع [W/m ²]	79.95	284.6	503.67	699.87	853.05	950.12	983.34	950.12	853.05	699.87	503.67	284.58	81.26
الاستطاعة [mW]	6.156	57.8	113.1	162.6	201.3	225.8	234.1	225.8	201.3	162.6	113.1	57.8	6.487

نلاحظ من الجدول (4) عند تأثير شدة الإشعاع الشمسي $983.34 [W/m^2]$ نستطيع انتاج طاقة كهربائية تصل ل $234 mW$

يبين الشكل (13) الاستطاعة الكهربائية المنتجة عند كل ساعة خلال اليوم وفق الفرضيات السابقة



الشكل (13) الاستطاعة الكهربائية المنتجة خلال اليوم

نلاحظ من الشكل (13) أن أعلى قيمة للاستطاعة الكهربائية تبلغ عند الساعة الثانية عشر بينما تنخفض في باقي الأوقات .

الاستنتاجات و التوصيات:

الاستنتاجات:

1. إن زيادة كل من ارتفاع المدخنة و قطر المجمع الشمسي و معامل الايصالية و شدة الإشعاع الشمسي سيؤدي إلى زيادة الاستطاعة الكهربائية .

2. تحتاج المدخنة الشمسية إلى مساحات واسعة للمجمع حتى تعطي استطاعة كهربائية أكبر .
3. تحتاج المدخنة الشمسية إلى ارتفاع عالي جدا حتى تعطي استطاعة كهربائية أكبر .
3. الاستطاعة الكهربائية الناتجة ضعيفة نسبيا بسبب صغر أبعاد النموذج المستخدم الذي انعكس سلبا على كمية الهواء المتدفق خلال المدخنة مما يؤكد الحاجة إلى تصميم أبعاد هندسية كبيرة جدا .

التوصيات:

1. تعميم هذا النموذج في الواقع العملي على ابعاد كبيرة كونه مصدر طاقة مجاني.
2. الاستفادة من تدفق الهواء الكبيرة عن طريق تنقيته من الشوائب بواسطة فلاتر.

References:

- 1-M.O. Hamdan Analysis of a solar chimney power plant in the Arabian Gulf region .Renewable Energy 36 (2011) .
- 2- Md. Takmil Sakir, Md. Baizid Khan Piash & Md. Shamim Akhter”Design, Construction and Performance test of a Small Solar Chimney Power Plant”, Global Journal of Researches in Engineering Mechanical and Mechanics Engineering, (USA) Vol 14, Issue 1, 2014.
- [3] Amin mohamed el-ghonemy, solar chimney power plant with collector, iosr journal of electronics and communication engineering (IOSR-JECE) ,ISSN: 2278-8735.volume 11, Issue 2, Ver. I PP 28-35 (Mar-Apr .), 2016 .
- [4] Mohamed Ramzi Jemli et all, Experimental investigation of solar tower with chimney effect installed in CRTEn, Tunisia, Research and Technology Center of Energy, P.B N_95, 2050, Hammam Lif, Tunisia 2016.
- [5] Penghua Guo et all, Experimental study on an indoor scale solar chimney setup in an artificial environment simulation laboratory, journal Applied Thermal Engineering, VOL107, PP 881, 826 , 2016
- [6] mehiri ahmed yacine et ben mazouzia Mohamed Fares, Expérimentation de l’effet des différents paramètres dimensionnels sur les paramètres énergétiques d’une cheminée solaire, Mémoire, Génie Mécanique, université kasdi merbah ouargla,01/06/2017.
- [7] Jorg. Schlaich, Solar Chimney Electricity from the Sun deutsche , vertages anstalt, Stuttgart, p.16,1994.
- [8] George,I,R.*RENEWABLE ENERGY AND PLANTS*, ,Tishreen University, Syrian Arab Republic,2017-2016
- [9] Amel Dhahri, Ahmed Omri, A Review of solar Chimney Power Generation Technology,International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), ISSN: 2249 – 8958, Volume-2, Issue-3, February 2013 .