دراسة تجريبية لأداء اللاقط الشمسي لمحطة المدخنة الشمسية المائلة خلال فصل الصيف

ملخص

تم بناء منصة اختبارية لمحطة المدخنة الشمسية المائلة ضمن حرم كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق، وسُجلت القياسات التجريبية المختلفة كل عشر دقائق على مدار الساعة يوميا خلال فصل الصيف لدراسة وتقييم اداء اللاقط الشمسي وتغيرات درجة الحرارة للمنصة الإختبارية . على الرغم من أن ابعاد المنصة الإختبارية كانت صغيرة الا أنّ فرق درجة حرارة الهواء بين مخرج اللاقط والوسط المحيط وصل الى قيم كانت كافية لتوليد تيار هواء صاعد في المدخنة وصلت قيمته العظمى لـ [°C] 16.6.

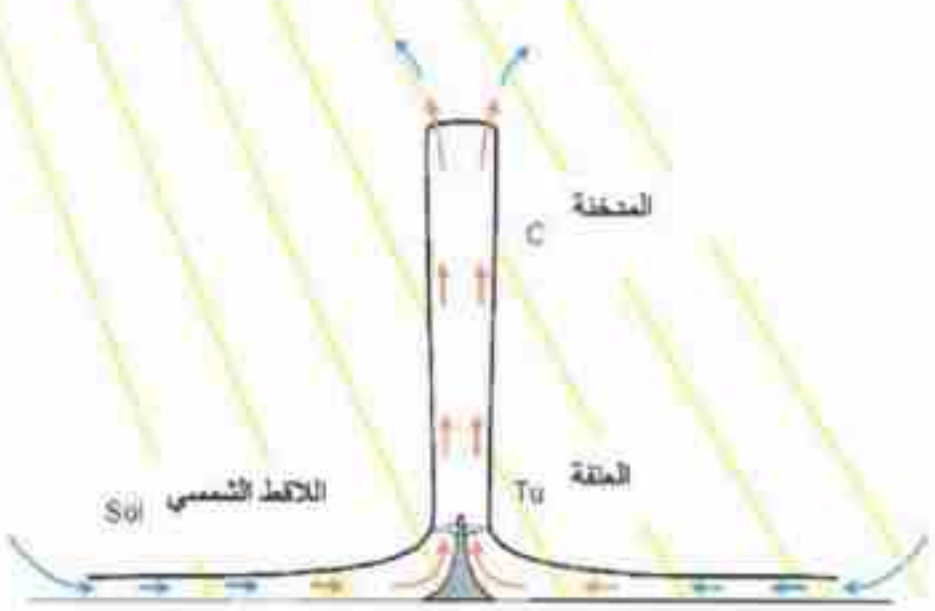
من أهم نتائج هذه التجربة ملاحظة أن كلاً من الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الوسط المحيط كان لهما التأثير الاكبر على تغيير قيمة الفرق في درجة الحرارة بين الوسط المحيط والهواء الخارج من اللاقط، كما لُوحظ أن السطح الماص يُرجع معظم الحرارة التي قام بتخزينها منذ شروق الشمس وحتى الظهيرة عندما يبدأ الإشعاع الشمسي بالتناقص بشكل رئيسي في الثلاث ساعات التي تتلو بدأ هذا التناقص مما يؤدي الى التحكم في درجة حرارة الهواء الخارج من اللاقط.

الكلمات المفتاحية: الطاقة الشمسية، محطة المدخنة الشمسية، اللاقط الشمسي، منصة إختبارية

مقدمة:

تم بناء منصة إختبارية لمحطة المدخنة الشمسية ذات اللاقط الشمسي المائل ضمن حرم كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق، وقد صُمم اللاقط الشمسي بشكل مثلثي وتم تركيبه بزاوية ميل 35^0 عن الافق باتجاه الجنوب بحيث بلغة مساحة اللاقط حوالي $12.5[m^2]$. وقد تم تركيب مدخنة بطول [9[m] وقطر [0.31[m] .وقد ركب ثمانية عشر حساس درجة حرارة على طول اللاقط الشمسي لقياس تغير درجة الحرارة من مدخل على طول اللاقط

تتكون محطة المدخنة الشمسية من ثلاثة أجزاء رئيسية هي اللاقط الشمسي، المدخنة والعفة. يُركب اللاقط الشمسي بشكل دائري وعلى ارتفاع معين من سطح الارض وتُركب المدخنة في وسطه كما تُثبت العفة في داخل المدخنة من الاسفل عند منطقة التقاء اللاقط بالمدخنة. يعتبر مبدأ عمل هذه المحطة بسيط جدا حيث يقوم الإشعاع الشمسي المار عبر غطاء اللاقط الشفاف بتسخين الهواء ضمن اللاقط بظاهرة البيت الزجاجي، وعندما يسخن الهواء وترتفع درجة حرارته يؤدي ذلك إلى انخفاض قيمة كثافته مما يدفع الهواء للتحرك صعودا عبر المدخنة حسب ظاهرة الطفو. إنّ هذا التأثير يولد تيار هواء صاعد عبر المدخنة يقوم بدوره بتحريك العفة المركبة فيها مولدا التيار الكهربائي. إنّ دخول هواء جديد من محيط اللاقط وتسخينه تحت اللاقط حسب معادلة الاستمرار يؤدي الى إستمرار الجريان وبالتالي عملية توليد الكهرباء. يوضح الشكل (1) شكل ومبدأعمل محطة المدخنة الشمسية (Schlaich and Schiel, 2000 3rd Edition).



الشكل (1): مبدأعمل محطة المدخنة الشمسية التقليدية (Schlaich and Schiel, 2000 3rd Edition)

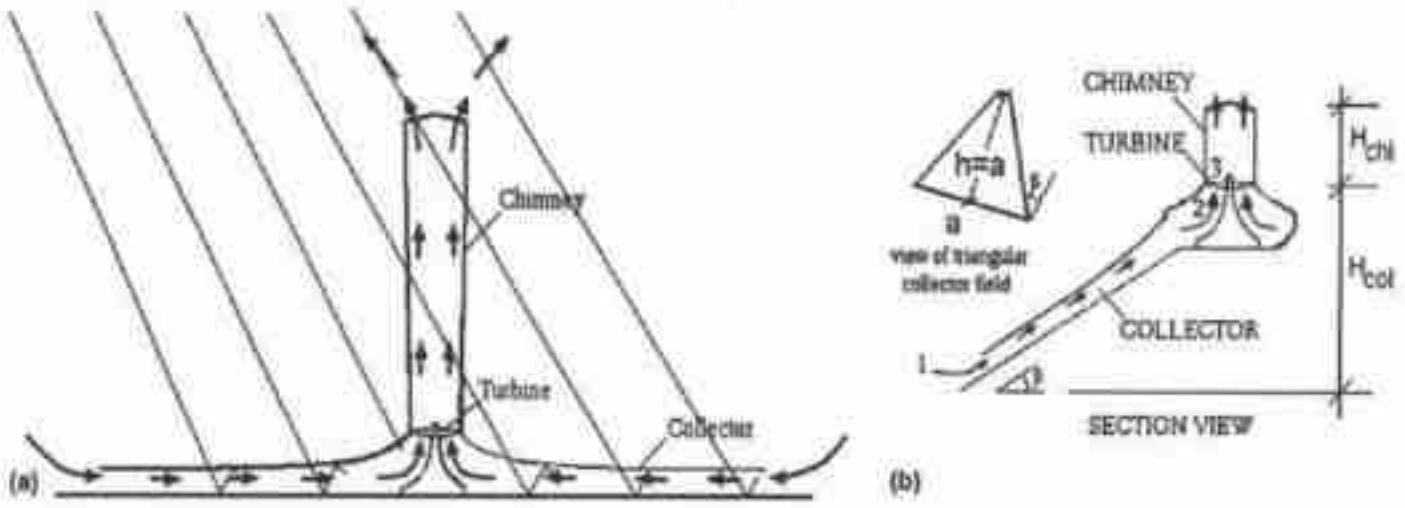
يعتبر العالم J. Schlaich هو أول من وضع الأساس العلمي والرياضي للمدخنة الشمسية منذ عام 1968 (Schlaich, 1995)، وقد قام هذا العالم بإثبات وتوقية هذه المحطة ببناء أول منصة اختبارية لها في اسبانيا في بداية الثمانينيات من القرن الماضي والتي بقيت تعمل بشكل دائم لفترة عقد من الزمن وبإستطاعة خرج حوالي [50[kW، كان طول المدخنة في هذه المحطة [194.6[m وقطرها الداخلي حوالي [10[m وقطر اللاقط الشمسي الوسطي [120[m. أثبتت هذه المحطة الإختبارية إمكانية إستثمار هذه الطريقة لتوليد الطاقة الكهربائية وتوثوقيتها أيضا. بعد نجاح أول

نموذج إختباري لمحطة المدخنة الشمسية، قام العديد من الباحثين ببناء منصات تجريبية ولكن بأبعاد صغيرة لدراسة تأثير الابعاد الهندسية أو لتطوير النماذج الرياضية والحاسوبية المناسبة للمحطة. فقد درس الباحث Zhou et al توزع درجة حرارة الهواء تحت اللاقط تجريبيا على منصة اختبارية بُنيت خصيصا لهذا الهدف(Zhou et al., 2007a) ،وقام نفس الباحث أيضا بدراسة أداء المحطة والطاقة الناتجة بمقارنة نموذج رياضي مع النتائج التجريبية مع تغيير الابعاد الهندسية للمحطة والظروف المناخية من إشعاع شمسي ودرجة حرارة للوسط المحيط (Zhou et al., 2007b). وقام الباحث .Maia et al ببناء منصة اختبارية لمحطة المدخنة الشمسية وأجرى العديد من الدراسات الحاسوبية والتحليلية لاداء المحطة ومقارنة النتائج الحاسوبية بالنتائج التجريبية (Maia et al., 2009)، وبنى الباحث Mehla et al. منصة اختبارية مُصغّرة حيث كان قطر اللاقط الشمسي [m]1.4 وطول المدخنة [m]0.8 وكان الهدف الرئيسي من المحطة قياس تغير سرعة الهواء ضمن المدخنة مع تغير الأبعاد الاساسية للمنصة الإختبارية (Mehla et al., 2011)، وقام Kasaeian et al بدراسة تجريبية لسرعة الهواء وتغير درجة الحرارة لمحطة المدخنة الشمسية التي بُنيت في جامعة زانجان في ايران (Kasaeian et al., 2011).

عادة يتم بناء مدخنة محطة المدخنة الشمسية من الاسمنت المسلح، وبالرغم من أنّ هذا النوع من المداخن يتصف بعمر خدمي طويل ولكن أحد أكبر سلبياتها أنها مرتفعة التكاليف وخاصة عند بناء مداخن شاهقة الإرتفاع إذ أن خواص المواد المستخدمة للبناء والتقنيات الحديثة وخطر الظواهر الطبيعية كالزلازل تحد من إمكانية زيادة ارتفاع المدخنة لعدة كيلوا مترات، فمن المعلوم أنه كلما زاد طول المدخنة كلما إزداد مردود محطة المدخنة الشمسية (Zhou et al., 2010). إنّ هذه الحقائق دفعت بالعديد من الباحثين لإيجاد طرق بديلة للإستعاضة عن زيادة طول المدخنة، فقدّم العالم Papageogiou براءة اختراع لتصميم مدخنة على شكل حلقات تُملأ بغاز وزنه أقل من وزن الهواء (كالهيليوم مثلاً) واسماها المدخنة العائمة (Floating Chimney) تكون بديلا عن مدخنة الاسمنت المسلح التقليدية (Papageorgiou, 2007) . استفاد الباحثان Zhou & Yang من فكرة المدخنة العائمة وقدما بحثاً يدرس إمكانية استخدام هذا النوع من المداخن بحيث تستند الى جبل شاهق الارتفاع لتخفيف تكلفة البناء (Zhou and Yang, 2009)، ووضع الباحث Zhou فكرة ذكية تتضمن فتح ثقب عملاق في وسط جبل شاهق الارتفاع ويتم وصلها من الاسفل مع لاقط شمسي ليعمل هذا الثقب عمل المدخنة (Zhou et al., 2009).

ومن ناحية اخرى، اقترح الباحثان Bilgen & Rheault تصميم جديد لمحطة المدخنة الشمسية يشتمل على الاستفادة من السفوح الجبلية المتجهة نحو الجنوب (في النصف الشمالي للكرة الارضية) وذلك لبناء اللاقط الشمسي على السفح الجبلي ليعمل عمل لاقط ومدخنة في نفس الوقت وقد اطلق اسم محطة المدخنة الشمسية المائلة وأحيانا إسم محطة المدخنة الشمسية ذات اللاقط الشمسي المائل على هذا النواع من المحطات ويُظهر الشكل (2) مقارنة بين محطة المدخنة الشمسية التقليدية ومحطة المدخنة الشمسية المائلة. إن ميزت هذا التصميم لا تقتصر على عمل اللاقط كمدخنة وبالتالي توفير في التكلفة التاسيسية وانما أيضا زيادة مردود اللاقط مقارنة باللاقط الافقي المستخدم في التصميم التقليدي السابق (Bilgen and Rheault, 2005). تبع هذا الاقتراح عدة افكار لتطوير هذا التصميم بدها الباحث Cao et al. بدراسة إمكانية استخدام محطة المدخنة الشمسية المائلة في شمال غرب الصين لتزويد القرى النائية بالتيار الكهربائي ودرس مردود اللاقط المائل والمحطة ككل (Cao et al., 2011)، وطور Panse et al. نموذج رياضي

لدراسة محطة المدخنة الشمسية المائلة (Panse et al., 2011)، وعاد et al. Cos وقام بتطوير نموذج رياضي لانتقال الحرارة في محطة المدخنة الشمسية المائلة وقارن اداء محطة المدخنة الشمسية التقليدية من المائلة (Cao et al., 2012).



الشكل (2): مقارنة بالشكل بين محطة المدخنة الشمسية التقليدية (a) ومحطة المدخنة الشمسية المائلة (b) (Bilgen and Rheault, 2005)

أهمية البحث وأهدافه:

إنّ الموقع المميز للجمهورية العربية السورية وإحتوائها على العديد من السلاسل الجبلية والتلال ذات السفوح المتجهة إلى الجنوب يجعل منها مكاناً مناسباً لبناء محطة المدخنة الشمسية المائلة. إن هذا العامل شجّع على بناء منصة اختبارية لمحطة المدخنة الشمسية المائلة في حرم كلية الهندسة المكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق لإجراء الإختبارات التجريبية عليها ودراسة أدائها لتقييم امكانية استثمار هذا النوع من المحطات لتوليد الطاقة الكهربائية في المستقبل. تم التركيز في هذا البحث على دراسة أداء اللاقط الشمسي المائل خلال الظروف المناخية الحارة (فصل الصيف) وذلك للحكم على وثوقية هذا النوع من المحطات.

طرائق البحث ومواده:

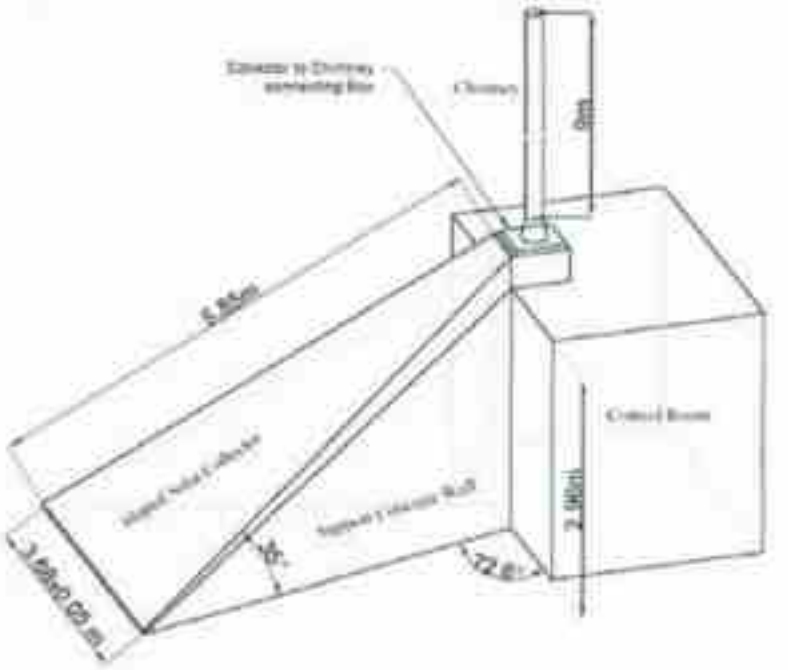
بناء المنصة الإختبارية :

بُنيت المنصة الإختبارية لمحطة المدخنة الشمسية ضمن حرم كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق، وقد تم اختيار الموقع بعناية بحيث يكون اللاقط معرضاً للأشعة الشمسية طول النهار. تم أولا بناء جدارين مائلين مثلثي الشكل لكي يتم حجز التربة بينهما لتشكل منحدرا مائلا مشابهاً لإنحدار السفوح الجبلية وموجهاً باتجاه الجنوب وليكون السطح الماص للاقط الشمسي كما يظهر الشكل (3) وقد تم ملأ الفراغ بين الجدارين بتربة خاصة تم احضارها من الجبال القريبة من دمشق لجعل المنصة الإختبارية اقرب ماتكون من الواقع المتمثل ببناء هذه المنصة الإختبارية على سفح جبل، كما ان التربة التي وُضعت لم يضاف اليها اي مادة لتعزيز خواصها الحرارية كالتخزين الحراري او الامتصاصية للأشعة الشمسية.

الشكل (3): الجدران التي تم بنائها لتشكيل اللاقط الشمسي المائل بينها

عادة تتكون التربة الجبلية في سوريا من حجارة صغيرة ناتجة عن فتات الصخور وكذلك تربة لونها مائل للحُمرة ويظهر الشكل (4) اللاقط بعد تجهيزه بالتربة. كما تم بناء غرفة صغيرة من الجهة الشمالية للاقط لتكون بمثابة غرفة القيادة والتحكم حيث ستستخدم لوضع كل التجهيزات الالكترونية الخاصة بالقياسات وكذلك ليستخدم سطحها كقاعدة للمدخنة التي سيتم تركيبها بنهاية اللاقط من الأعلى. تم تصنيع اللاقط من شبك معدني يميل بزاوية 35° وتم تركيب زجاج عليه بسماكة 4[mm]. كما تم تصنيع صندوق معدني و تركيبه على سطح غرفة التحكم وله مدخلان الاول يتم وصله مع مخرج اللاقط ليستقبل الهواء وينقله بأقل فقد بالطاقة الحركية الى الفتحة الثانية للصندوق واللتي تتصل بالمدخنة مباشرة، وقد عُزل هذا الصندوق من الخارج لاتقاص الضياع الحراري منه للوسط المحيط. اما بالنسبة للمدخنة فشُكلت بتجميع ثلاثة انابيب بلاستيكية (PVC) طول كل منها 3[m] وقطرها الداخلي 0.31[m] لتشكل معا مدخنة بطول 9[m]. يوضح الشكلان (5) و(6) الشكل ثلاثي الابعاد للمنصة الإختبارية وصورة واقعية للمنصة الإختبارية بعد إنتهاء التنفيذ على الترتيب.

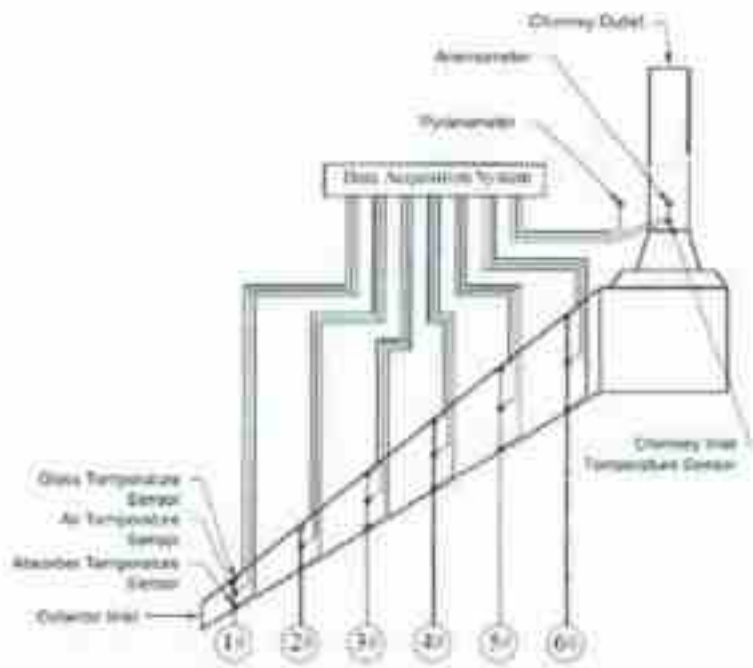
الشكل (4): الملاط التمسي المائل بعد تجهيز سطحه الماص (التربة الجبلية)



الشكل (5): الأبعاد الهندسية للمنصة الإختبارية

الشكل (6): الشكل النهائي للمنصة الإختبارية لمحطة المدخنة الشمسية المائلة

أما بالنسبة للقياسات فقد تم تركيب ثمانية عشر حساس لقياس درجة الحرارة على طول اللاقط الشمسي المائل مقسمة الى ست مجموعات كل مجموعة مكونة من ثلاثة حساسات لقياس درجة حرارة التربة (السطح الماص) ودرجة حرارة الهواء المراد تسخينه ودرجة حرارة السطح الزجاجي، وقد استُخدمت هذه الحساسات لقياس تخفيرا درجات الحرارة على طول اللاقط. كما تم اضافة حساس حرارة في مخرج اللاقط لقياس حرارة الهواء الخارج من اللاقط الشمسي وكذلك حساس حرارة آخر لقياس درجة حرارة الوسط المحيط. أما الإشعاع الشمسي فقد تم قياسه أيضا باستخدام جهاز خاص لقياس الإشعاع الشمسي (SP-Lite2 Pyranometer)، وبالنسبة لسرعة الهواء داخل المدخنة فقد تم قياسها باستخدام جهاز سرعة هواء يعتمد على مبدأ السلك الساخن ذو الدقة العالية (TES-1341 Anemometer). جُمعت البيانات التجريبية يوميا على مدار الساعة وبفاصل زمني قدره 10 دقائق حيث تم تخزين كل النتائج في جهاز خاص لتخزين القراءات. يوضح الشكل (7) توزع الحساسات ضمن المنصة الإختبارية .



الشكل (7): توزع الحساسات ضمن المنصة الإختبارية

النتائج ومناقشتها:

كما ذكر سابق فإن القراءات تم تسجيلها على مدار فصل الصيف وبواقع قراءة كل عشر دقائق لكافة الحساسات في نفس التوقيت. ولمناقشة تغيرات درجة الحرارة ضمن المنصة الإختبارية بشكل واضح فقد تم اختيار يومين لاعطى التعيين (من صباح 04-08-2012 الى شروق الشمس في 06-08-2012) وذلك لتوضيح تغير القراءات على المخططات وتقييمها.

دراسة تغيرات درجة حرارة الهواء عند مدخل المدخنة:

يوضح الشكل (8) تغير كل من درجة حرارة الوسط المحيط وكذلك الإشعاع الشمسي سويا مع تغير درجة حرارة الهواء الداخل الى المدخنة (بعد اتمام عملية التسخين تحت اللاقط). فبعد شروق الشمس يوم 04-08-2012 بدأت كل من درجة حرارة الوسط المحيط وقيمة الإشعاع الشمسية بالازدياد وبدأ الهواء يسخن تحت اللاقط نتيجة لظاهرة البيت الزجاجي تحت اللاقط حيث يخترق الإشعاع الشمسي سطح اللاقط الشفاف (الزجاج) ويسخن السطح الماص للاقط وهذا بدوره يعيد الحرارة الى الهواء بالحمل بشكل رئيسي. ومع الوقت زادت كل من درجة حرارة الوسط المحيط والإشعاع الشمسي وبدأ الهواء الساخن ضمن اللاقط يصعد (حسب ظاهرة الطفو) الى المدخنة مؤديا لتشكل تيارٍ هواء صاعد ضمن المدخنة. ان الفرق بين درجة حرارة الهواء الداخل للمدخنة ودرجة حرارة الوسط المحيط أخذ بالازدياد نتيجة لتأثير الإشعاع الشمسي المستمر وزيادة قيمته حتى فترة الظهيرة حيث بلغ هذا الفرق اعظم قيمة وقدرها [°C] 16.6 في الساعة 13:28 PM وكانت قيمة الإشعاع الشمسي [W/m²] 940. في الساعة 12:28 PM بلغ الإشعاع الشمسي اعلى قيمة [W/m²] 1010 وبعدها بدء بالتناقص تدريجيا ولكن ورغم هذا التناقص لوحظ ان قيمة درجة حرارة الهواء الداخل للمدخنة لم تتناقص اكثر من 2% ضمن مدة تقارب الثلاث ساعات وبعدها بدأت تنقص درجة الحرارة بالتدريج.

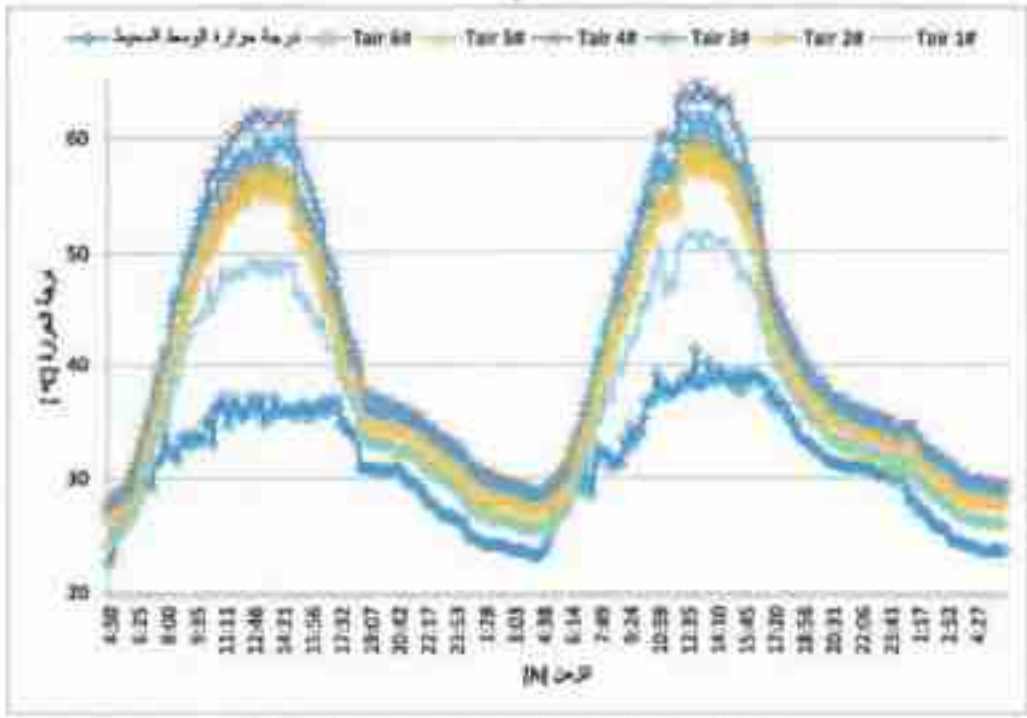
الشكل (8): توزع الحساسات ضمن المنصة الإختبارية

إنّ هذا الثبات في درجة الحرارة يعود بشكل رئيس الى الحرارة المخزنة منذ الصباح في السطح الماص (التربة) والتي بدأت بالتحرر والعودة الى الهواء عندما بدأ الإشعاع الشمسي بالتناقص، وبعد حوالي ساعتين كان السطح الماص قد استنفذ كل الطاقة المخزنة تقريبا وعندها بدأت درجة حرارة الهواء الداخل للمدخنة بالتناقص. ومع غروب الشمس وانعدام الإشعاع الشمسي بدأ الفرق بين درجة حرارة الوسط المحيط ودرجة حرارة الهواء الداخل للمدخنة بالتناقص تدريجيا حتى انعدم تقريبا قبيل شروق الشمس لليوم التالي حيث تكرر نفس الاحداث. إن مابقي من حرارة قليلة مخزنة ضمن تربة السطح الماص للالقط ساعد على استمرار الفرق بين درجتي الحرارة آنفت الذكر حتى تم استنفاذها بشكل كامل في اخر الليل فتعادلة درجة حرارة الهواء تحت اللالقط مع درجة حرارة الوسط المحيط.

دراسة تغيرات درجة حرارة الهواء على طول اللالقط:

كما ذكر سابقا فان اللالقط الشمسي قد زُوّد بست حساسات لقياس درجة الحرارة على طوله اعتبارا من المدخل وحتى مخرجه. يوضح الشكل (9) تغير درجة حرارة الهواء ضمن اللالقط في اماكن وجود الحساسات الست المركبة. فبعد شروق الشمس وزيادة قيمة الإشعاع الشمسي ترتفع حرارة الهواء تحت اللالقط بشكل تدريجي وفي البداية لايكون هناك تمايز وفرق كبير بدرجة الحرارة على طول اللالقط ولكن مع زيادة شدة الإشعاع الشمسي وارتفاع درجة حرارة السطح الماص للالقط يبدأ التدرج الحراري بالظهور جليا إذ كلما صعد الهواء تحت اللالقط تجد ان درجة حرارته اخذت بالازدياد، ولكن لوحظ ان قراءة درجة الحرارة في وسط اللالقط أعلى منها عند مخرجه وخاصة في فترة الظهيرة ويكمن ذلك في شكل الالقط وتوزع الحرارة على عرضه وطوله اذ ان الحساسات موضوعة وكلما ارتفعنا ضاق مقطع اللالقط وقل البعد بين اطرافه مما يؤدي الى مزج الهواء القادم من منتصف اللالقط (المنطقة الاكثر سخونة) مع الهواء القادم من اطراف اللالقط والتي تكون اقل سخونة نتجة للضياع الحراري من اطراف اللالقط الغير معزولة. ان النتائج التجريبية للتدرج في درجة الحرارة على طول اللالقط للهواء يتوافق مع نتائج العديد من الباحثين

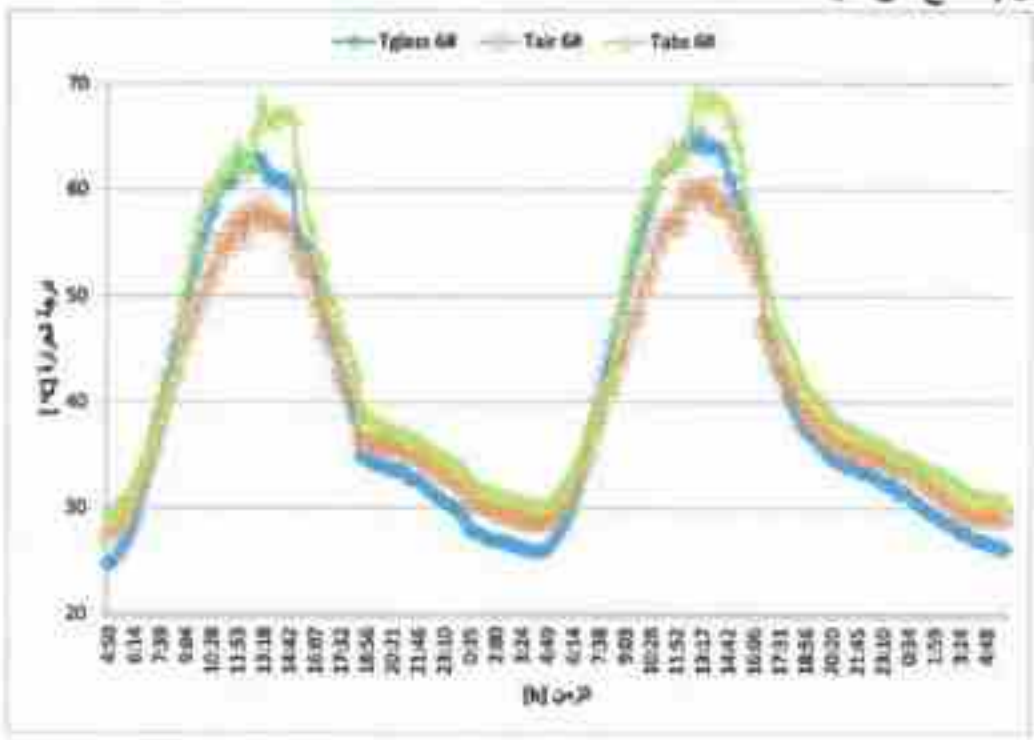
(Kasaelan et al., 2011; Zhou et al., 2007a, b)



الشكل (9): تغير درجة حرارة الهواء على طول اللالقط

دراسة تغيرات درجة حرارة الهواء والسطح الماص والسطح الزجاجي للالقط عند المخرج:

يظهر الشكل (10) تغيرات درجة الحرارة في كل من السطح الماص والسطح الزجاجي والهواء للالقط الشمسي المائل على مدار يومين اذ يظهر جلياً أن القراءات الأعلى تم تسجيلها بين الساعة 11:53 AM وحتى الساعة 14:07 PM. بعد الظهيرة ولما أن الإشعاع الشمسي يأخذ بالتناقص فإن التربة تنشر الطاقة الحرارية التي خزنتها طوال النهار الى كل من الهواء والسطح الزجاجي بالحمل والإشعاع على الترتيب، وهذا يؤدي الى تناقص تدريجي في قيم درجات الحرارة حتى غروب الشمس. تستمر العملية في الليل حتى تخسر التربة كل الطاقة الحرارية التي خزنتها ويظهر خلالها الفرق الصغير في درجات الحرارة بحيث تكون درجة حرارة السطح الماص ماتزال الاعلى وثم الهواء الملامس للسطح الماص اما بالنسبة للزجاج الذي يلامس بشكل مباشر الهواء الخارجي فتكون حرارته اقل من درجة حرارة الهواء نتيجة للضياع الحراري بالحمل والإشعاع الى الوسط المحيط.



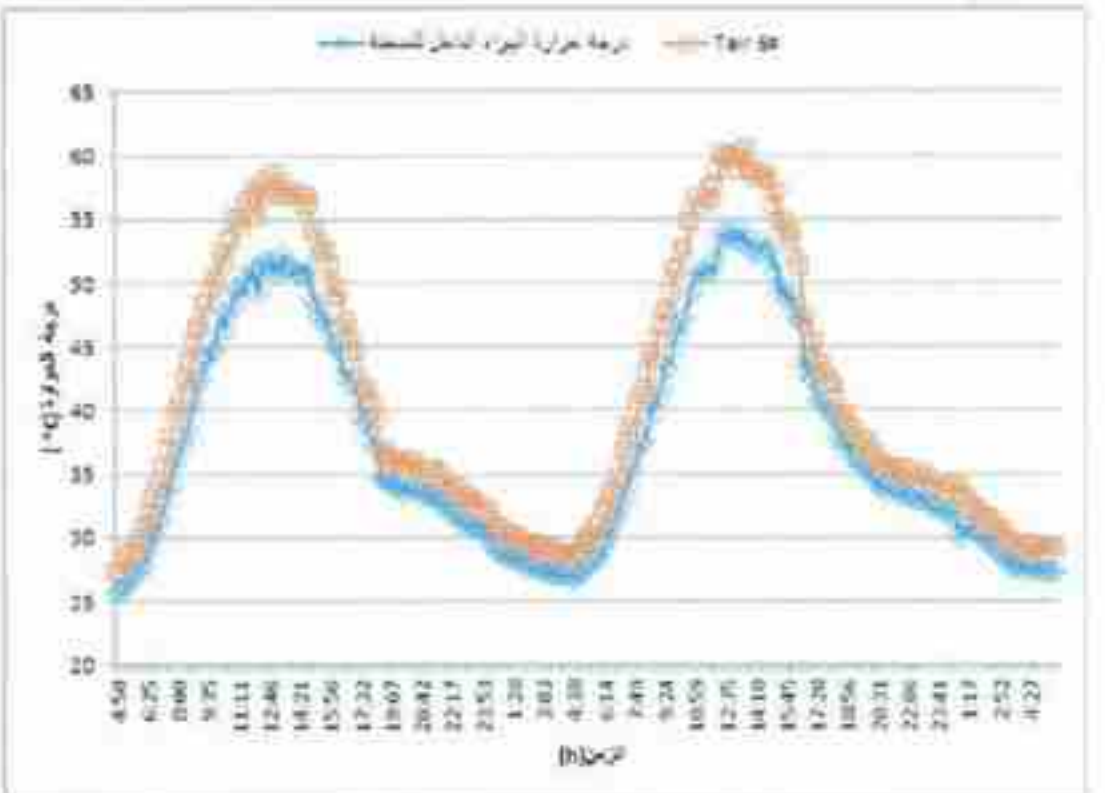
الشكل (10): تغيرات درجة حرارة الهواء والسطح الماص والسطح الزجاجي للالقط عند مخرجه

من ناحية اخرى يظهر ان درجة حرارة الزجاج هي اعلى من درجة حرارة الهواء تحت اللالقط وخاصة في فترة الظهيرة. إن امتصاص الزجاج لجزء من الإشعاع الشمسي وكذلك تلقيه أيضا لجزء من الإشعاع القادم من السطح الماص يجعل درجة حرارة الزجاج تتاهز في هذه الفترة درجة حرارة الهواء ولكن ماتلبث ان تعود وتصبح اقل كما كانت عليه منذ الصباح وذلك بعد انخفاض قيم الإشعاع الشمسي والطاقة المنبعثة من السطح الماص.

دراسة الخسارة في حرارة الهواء ضمن الصندوق الواصل بين مخرج اللالقط الشمسي المائل ومدخل المدخنة:

يوضح الشكل (11) الفرق بين درجة حرارة الهواء الخارج من اللالقط ودرجة حرارة الهواء الداخل الى المدخنة. فالهواء بعد خروجه من اللالقط يمر عبر صندوق معدني ليحول جريان الهواء بشكل انسيابي من جريان افقي الى جريان شاقولي يدخل الى المدخنة ليصعد فيها نحو الأعلى. رغم عزل الصندوق بطبقة من مادة الصوف الزجاجي المستخدمة

في عزل مجاري التكييف إلا أن قيمة الضياع الحراري كانت ملحوظة وخاصة في وقت الظهيرة عندما يكون الفرق بين درجة حرارة الهواء داخل اللاقط ودرجة حرارة الوسط المحيط مرتفعة، وهذا يتوافق مع معادلة نيوتن للإنتقال الحراري حيث يزداد الضياع الحراري مع زيادة الفرق في درجة الحرارة بين الجسمين (الهواء المسخن ضمن المحطة التجريبية والهواء بالوسط المحيط).



الشكل (11): الفرق بين درجتي الحرارة عند مخرج اللاقط ومدخل المدخنة

الاستنتاجات والتوصيات:

تم بناء منصة اختبارية لمحطة المدخنة الشمسية ذات اللاقط المائل ضمن حرم كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق لدراسة أداء المحطة. تم في هذه المقالة إستعراض أداء اللاقط الشمسي لتسخين الهواء في الأحوال المناخية الحارة (فصل الصيف) وتم التوصل الى النتائج التالية:

1- رغم صغر أبعاد المنصة الإختبارية إلا ان الفرق بين درجة حرارة الوسط المحيط ودرجة حرارة الهواء الداخل للمدخنة وصل الى قيم تسمح بتشكيل جريان صاعد ضمن المدخنة وكانت القيمة العظمى لفرق درجات الحرارة هي 16.6 [°C].

2- إن الإشعاع الشمسي وقيمته لهُ الاثر الأكبر على قيمة درجة حرارة الهواء الخارج من اللاقط، فكلما زادت قيمة الإشعاع الشمسي زادت درجة حرارة الهواء الخارج من اللاقط.

3- لدرجة حرارة الوسط المحيط أثر كبير على درجة حرارة الهواء الخارج من اللاقط الشمسي، ولكن لوحظ أن هذا الدور يصبح ثانوياً لمدة تقارب ثلاث ساعات في فترة بدأ إنخفاض الإشعاع الشمسي حيث ان أثر التخزين الحراري في السطح الماص للاقط (التربة) يلعب دور المنظم والمثبت لحرارة الهواء ضمن اللاقط حتى تخسر التربة معظم الطاقة المخزنة.

4- ان السطح العاص للمنصة الإختبارية (الذي تم تشكيله من تربة جبلية ولم يضاف اليها اي مادة لتحسن خواصها) استطاع ان يخزن حرارة كانت كافية لتثبيت درجة حرارة الهواء الخارج من اللاقط لمدة حوالي ثلاث ساعات وقت الذروة وكذلك المحافظة على فرق صغير خلال الليل حتى ثلاثي تماما مع اخر ساعات الليل قبيل الشروق. إن هذا يثبت فعالية التخزين الحراري في التربة الجبلية للجبال السورية والتي ستساعد على التحكم في الطاقة الكهربائية المولدة من المحطة.

5- لوحظ فرق بين درجة حرارة الهواء الخارج من اللاقط ودرجة حرارة الهواء الداخل للمدخنة نتيجة للضياع الحراري من الصندوق المعدني الواصل بين اللاقط والمدخنة. إن هذا الفرق يمكن انقاصه وزيادة فعالية المنصة الإختبارية بزيادة العزل وإحكامه حول الصندوق المعدني.

6- ان قيمة درجة حرارة الزجاج (سطح اللاقط) كانت اعلى من قيمة درجة حرارة الهواء خلال فترة الظهيرة وذلك ادى الى مزيد من الضياع الحراري من اللاقط. إنّ هذا الضياع الحراري يمكن الحد منه باستخدام انواع زجاج ذات مواصفات حرارية أفضل بحيث تسمح للإشعاع الشمسي بالانتقال بجهة واحدة من الخارج الى الداخل.

المراجع

Bilgen, E., Rheault, J., 2005. *Solar chimney power plants for high latitudes.* SoEn 79, 449-458.

Cao, F., Zhao, L., Guo, L., 2011. *Simulation of a sloped solar chimney power plant in Lanzhou.* Energy Conversion and Management 52, 2360-2366.

Cao, F., Zhao, L ،.Li, H., Guo, L., 2012. *Performance analysis of conventional and sloped solar chimney power plants in China.* Applied Thermal Engineering.

Kasaeian, A.B., Heidari, E., Vatan, S.N., 2011. *Experimental investigation of climatic effects on the efficiency of a solar chimney pilot power plant.* Renewable and Sustainable Energy Reviews 15, 5202-5206.

Maia, C.B., Ferreira, A.G., Valle, R.M., Cortez, M.F.B., 2009. *Theoretical evaluation of the influence of geometric parameters and materials on the behavior of the airflow in a solar chimney.* Computers & Fluids 38, 625-636.

Mehla, N., Rahul Makade, N.S.Thakur, 2011. *Experimental Analysis of a Velocity Field Using Variable Chimney Diameter for Solar Updraft Tower.* International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST) 3, 3167-3171.

Panse, S.V., Jadhav, A.S., Gudekar, A.S., Joshi, J.B., 2011. *Inclined solar chimney for power production.* Energy Conversion and Management 52, 3096-3102.

Papageorgiou, C.D., 2007. *Floating Solar Chimney Technology—the Energy Arm for Sustainability.*

Schlaich, J., 1995. The Solar Chimney: *Electricity from the Sun.* Axel Menges.

Schlaich, J., Schiel, W., 2000 3rd Edition. *Encyclopedia of Physical Science and Technology.*

Zhou, X., Wang, F., Ochieng, R.M., 2010. *A review of solar chimney power technology.* Renewable and Sustainable Energy Reviews 14, 2315-2338.

Zhou, X., Yang, J., 2009. *A Novel Solar Thermal Power Plant with Floating Chimney Stiffened onto a Mountainside and Potential of the Power Generation in China's Deserts* .HTrEn 30, 400-407.

Zhou, X., Yang, J., Wang, J., Xiao, B., 2009. *Novel concept for producing energy integrating a solar collector with a man made mountain hollow.* Energy Conversion and Management 50, 847-854.

Zhou, X., Yang, J., Xiao, B., Hou, G., 2007a .*Experimental study of temperature field in a solar chimney power setup.* Applied Thermal Engineering 27, 2044-2050.

Zhou, X., Yang, J., Xiao, B., Hou, G., 2007b. *Simulation of a pilot solar chimney thermal power generating equipment.* Renewable Energy 32, 1.1644–637

Experimental investigations for the performance of the solar collector of the sloped solar updraft power plant during summer

ABSTRACT

A pilot sloped solar updraft power plant has been erected in the campus of Mechanical and Electrical faculty of Damascus University. Experimental data were recorded every 10[min] 24[h] a day during summer to investigate the prototype performance and the temperature changes in the sloped collector. Although the prototype dimensions were small, the air temperature difference between the ambient temperature and the air temperature in the collector outlet was enough to generate an adequate updraft airstream in the chimney. The maximum recorded difference in temperature was 16.6 [°C].

As a result of this experiment, it is obvious that any change in the solar radiation and the ambient temperature has a direct impact on varying the air temperature between the collector outlet and the ambient. It was also noticed that the absorption layer emits most of stored thermal energy, which is absorbed from the morning to noon, back to the collector air mainly in the first three hours when solar radiation starts to decrease in the afternoon. This leads to controlling the collector outlet air temperature.

Keywords: solar energy, solar chimney power plant, solar collector, prototype.