

تأثير بعض العوامل في فعالية مقطر شمسي عمودي انتشاري أحادي التأثير

وداد أسعد¹، إيهاب جناد²، أمينة فارس³

¹ طالبة دكتوراه، كلية الزراعة في جامعة دمشق، هندسة ريفية،
wedad.asaad@damascusuniversity.edu.sy

² أستاذ مساعد، كلية الزراعة في جامعة دمشق، منشآت مائية.

³ أستاذ مساعد، كلية الهندسة الكهربائية والميكانيكية في جامعة دمشق، هندسة الطاقة الشمسية،

الملخص:

تم في هذا البحث دراسة تأثير بعض العوامل في فعالية مقطر شمسي عمودي انتشاري أحادي التأثير إنتاجيته التصميمية $5 [L/m^2]$ مزود بلاقط شمسي مسطح يعتبر المصدر غير المباشر للحصول على الطاقة الحرارية اللازمة للمقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير، وهذه العوامل هي درجة حرارة الوسط المحيط وشدة الإشعاع الشمسي وسرعة الرياح والرطوبة الجوية ودرجة حرارة اللاقط الشمسي المسطح ودرجة حرارة المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير خلال الأيام 30 آيار، 14 حزيران، 5 تموز، 19 آب من العام 2021. تمأخذ القراءات المتعلقة بهذه العوامل خلال كل ساعة من ساعات التجربة التي كانت تستمر مدة 5 ساعات، وتم تحليل النتائج باستخدام نموذج الانحدار الخطي المتعدد لتحديد تأثير العوامل المدروسة في إنتاجية المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير. أظهرت نتائج الدراسة وجود فروق معنوية عند مستوى 5% بالنسبة للإشعاع الشمسي ودرجة حرارة اللاقط الشمسي ودرجة حرارة المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي ودرجة حرارة الوسط المحيط، أما بالنسبة لسرعة الرياح والرطوبة الجوية كانت الفروق ظاهرة، وقد بلغ أعلى عامل ارتباط لدرجة حرارة المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير وكانت قيمته 0.83، وهذا يدل على أن اللاقط الشمسي الذي استخدم في البحث كان وسيلة جيدة لتامين الطاقة الحرارية اللازمة لحدوث التقطر.

الكلمات المفتاحية: مقطر شمسي عمودي انتشاري أحادي التأثير، درجة حرارة الوسط المحيط، شدة الإشعاع الشمسي، سرعة الرياح، الرطوبة الجوية، درجة حرارة اللاقط الشمسي المسطح، درجة حرارة المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير.

تاريخ الإبداع: 2023/8/22

تاريخ القبول: 2023/10/4



حقوق النشر: جامعة دمشق -
سوريا، يحتفظ المؤلفون بحقوق
النشر بموجب الترخيص CC
BY-NC-SA 04

Effect of Some Factors on the Effectiveness of A Single-Effect Vertical Diffusive Solar Distiller

Wedad Asaad^{*1}, Ihab Jnad², Amina Fares³

¹*PhDstudent, Faculty of Agriculture, Damascus University, Rural Engineering,
wedad.asaad@damascusuniversity.edu.sy

² Associate Professor, Faculty of Agriculture, Department of Rural Engineering, Damascus University.

³ Associate Professor, Faculty of Electrical and Mechanical Engineering, Damascus University.

Abstract:

This research study the effect of some factors on the effectiveness of a single-effect vertical diffusive solar distiller, with a design productivity of 5 [L/m²], and equipped with a flat solar collector to serve as the indirect source for obtaining the necessary thermal energy for the single-effect vertical diffusive solar distiller. These factors which include the ambient air temperature, intensity of solar radiation, wind speed, humidity, temperature of the flat solar collector, and temperature of the vertical diffusion single-effect solar distiller, were studied during the days of 30 May, 14 June, 5 July and 19 August of year 2021. The readings related to these factors were taken during each hour of the experiment, which lasted for 5 hours, and the results were analyzed using the multiple linear regression model to determine the effect of the studied factors on the productivity of single-effect diffusion vertical solar distiller. The study results showed that there were significant differences at the level of 5% in relation to solar radiation and temperature of solar collector and temperature of the single-effect diffusion vertical solar distiller and ambient air temperature. As for the wind speed and humidity, the differences were apparent, the highest correlation coefficient for the single-effect diffusion vertical solar still temperature was 0.83, and this indicates that the solar collector used in the research was a good way to obtain the heat energy needed for distillation.

Received: 22/8/2023
Accepted: 4/10/2023



Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Key Words: Single-Effect Vertical Diffusive Solar Collector, Ambient Air Temperature, Solar Radiation Intensity, Wind Speed, Humidity, Flat Solar Collector Temperature, Single-Effect Vertical Diffusive Solar Collector Temperature.

المقدمة:

أدى تزايد عدد السكان لاستنزاف مصادر المياه المتوفرة، ومع زيادة الوعي لندرة المياه في العالم كان لابد من البحث عن تكنولوجيا بسيطة لتأمين مياه عذبة خالية من الأملال و من الملوثات الجرثومية، لذلك تم التوجه لاستخدام تحلية المياه المالحة ولكن هذه التقنية ما زالت محدودة بسبب ارتفاع تكاليفها المتعلقة بشكل كبير بأسعار الطاقة، وفي ظل الظروف الحالية التي أصبحت فيها المصادر التقليدية كالبترول والغاز محدودة كان لابد من تطبيق أنظمة الطاقات المتتجدة الصديقة للبيئة ومنها الطاقة الشمسية، حيث تعتبر سوريا غنية بالطاقة الشمسية ويمكن الاعتماد عليها كمصدر للطاقة لتحلية المياه المالحة للحصول على مياه صالحة للاستخدام بأقل كلفة ممكنة. تتبع أنواع المقطرات الشمسية فمنها المقطرات الشمسية ذات الحوض المنفرد، المقطرات الشمسية ثنائية الحوض، المقطرات ذات الأحواض المتعددة والمقطرات الشمسية العمودية التي يمكن استخدامها في المناطق التي لا تتوفر فيها الأراضي الواسعة اللازمة لبناء المقطرات ذات الأحواض الأفقية. لكل نوع من أجهزة القطير المستخدمة عيوبه الخاصة به، فعلى سبيل المثال يعيق المقطر الصندوفي المساحة التي يشغلها وتتكلف الإنشاء ومشاكل الصيانة، واحتمالية التآكل الناتجة عن تربس الأملال على الأسطح الداخلية لأجهزة القطير التي تعمل عند درجات الحرارة العالية حيث يؤدي ذلك للتآكل وانسداد الأنابيب مما يؤدي لقلة كفاءة عمليات التبادل الحراري وزيادة استهلاك الطاقة فقلل كفاءة وحدة التحلية (اسلام، 1999، 140)، لذلك تم التوجه لاستخدام المقطرات الشمسية العمودية الانتشرية التي تمتاز بالعمل عند درجات حرارة أقل مقارنة بالمقطرات الصندوفية. هدف هذا البحث لدراسة تأثير بعض العوامل في فعالية مقطر شمسي عمودي انتشاري أحادي التأثير مزود بلاقط شمسي مسطح يساهم في رفع درجة حرارة الماء المالح المرغوب بتحليته وبالتالي زيادة كمية المياه المتاخرة.

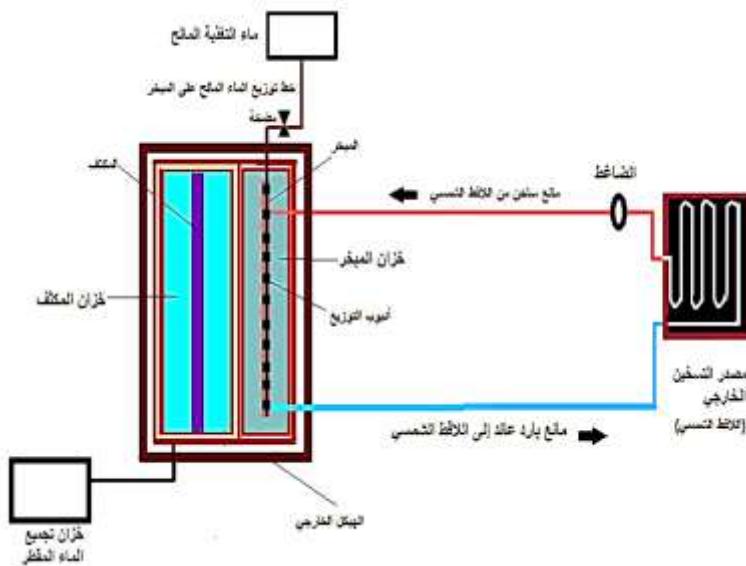
الدراسات المرجعية:

بدأ (Dunkle, 1961, 898) ب فكرة المقطر الشمسي العمودي الانتشاري متعدد التأثيرات، حيث صمم مقطر بخمسة تأثيرات لكنه صادف عدة مشاكل في بحثه التجريبي وذلك بسبب عدم الدقة بين الأقسام حيث لم يكن البعد موحداً، كما أن قراءات درجات الحرارة لم تكن دقيقة فلم تكن نتائج بحثه متوافقة مع الدراسة النظرية التي قدمها. قام (Seleem, 2016, 55) بتجربة لتقييم أداء مقطر شمسي عمودي انتشاري أحادي التأثير مزود بلاقط شمسي وقد تضمن مقطر فجوات هوائية بسماكه 5 - 10 [mm]، وقد توصل بدراساته أن أكثر العوامل التي تؤثر على مردود المقطر هي زيادة درجة حرارة الصفحة الساخنة للراقط الشمسي التي تراوحت بين 55 - 90 [C°] وانخفاض معدل تغذية المياه المالحة المراد تقطيرها. قدم (جورج ويونس، 2019، 490) دراسة تجريبية في سوريا لمقارنة مقطرين زود أحدهما بلاقط شمسي مسطح بهدف تحسين إنتاجيته، حيث أظهرت نتائج البحث أن إضافة الراقط الشمسي المسطح تؤدي إلى تحسين إنتاجية المقطر الساعية وتسريع عملية تبخير الماء المالح، حيث بلغت أعلى قيمة لزيادة الإنتاجية اليومية 207% مقارنة بالمقطر دون الراقط الشمسي. كما قام (Sharon et al., 2020, 839) بدراسة تأثير عدد من العوامل على أداء المقطر الشمسي العمودي الانتشاري متعدد التأثير مزود بغطاء زجاجي للحصول على الطاقة الشمسية بشكل مباشر عن طريق صفيحة امتصاص سوداء، وقد أظهرت نتائج الدراسة أن ارتفاع درجة حرارة صفيحة الامتصاص له تأثير إيجابي على إنتاجية المقطر، كما أدت زيادة سرعة الرياح فوق الغطاء الزجاجي إلى تقليل الإنتاجية بسبب زيادة فقد الحرارة من لوحة

الامتصاص، وأن عدد التأثيرات الأكثر فعالية في التأثير على إنتاجية المقطر هو 3 تأثيرات، وقد بلغ المتوسط السنوي لإنتاجية المقطر حوالي $[kg/m^2 \cdot d] 11.13$

مواد البحث وطريقه:

يتكون المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير المستخدم في هذا البحث من صندوق خشبي معزول أبعاده $25 \times 100 \times 100 [cm]$ ، بداخله صفيحتان هما المبخر والمكثف الذين يشكلان تأثيراً واحداً، حيث يتدفق الماء المالح من خزان تجميع المياه المالحة بضخه بواسطة أنبوب متعدد فنتوزع المياه على سطح المبخر، حيث ترتفع درجة حرارته ثم يتبخّر الماء المالح وينتشر بخار الماء داخل الفجوة بين الصفيحتين، ثم يتكثّف بخار الماء على سطح المكثف البارد حيث يتجمع الماء المقطر ضمن خزان تجميع ويتم الحصول على المياه المقطرة عن طريق فوهه تجميع. زُوّد المقطر بلاقط شمسي مسطح مساحته $0.64 [m^2]$ يتكون من لوحة ماصة مطلية باللون الأسود موصولة بمبادل حراري يمر فيه وسيط التسخين، مزود بإطار خارجي خشبي معزول بالصوف الزجاجي من الأسفل، وتم تركيب غلاف زجاجي مفرد لامتصاص الأشعة الشمسية، وتم توجيه اللاقط الشمسي باتجاه الجنوب بزاوية ميل 45^0 . يبين الشكل رقم (1) مسقطاً رأسياً للنموذج التصميمي للمقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير المستخدم في الدراسة.



الشكل رقم (1) مسقط رأسياً للنموذج التصميمي للمقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير

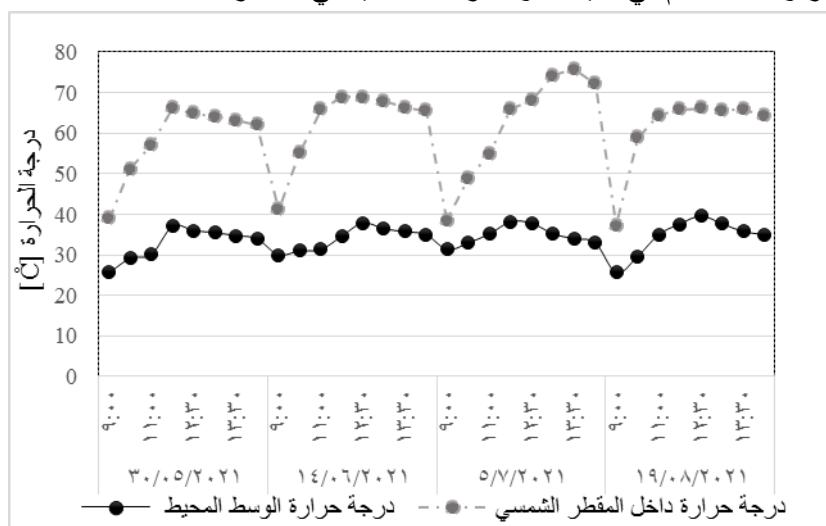
تم قياس درجات الحرارة عند مدخل ومخرج اللاقط الشمسي المسطح بواسطة مقياس حرارة رباعي مزود بشاشة رقمية، حيث تم وضع الحساسات عند مدخل ومخرج اللاقط الشمسي، أما درجة حرارة الوسط المحيط فقد تم قياسها باستخدام مقياس درجة حرارة مزود بشاشة رقمية وبحساس يعطي قراءة درجة حرارة الوسط المحيط والرطوبة الجوية، وقيس سرعة الرياح بواسطة جهاز مقياس الكتروني مزود بشاشة رقمية ومرروحة صغيرة، أما قراءات شدة الاشعاع الشمسي فقد تم الحصول عليها من موقع (**GLOBAL SOLAR ATLAS**)، كما تم قياس كمية المياه المقطرة بواسطة اسطوانة مدرجة.

أجريت التجارب خلال الأيام (30 أيار، 14 حزيران، 5 تموز، 19 آب) من عام 2021، حيث بدأت كل تجربة من الساعة 9:00 صباحاً واستمرت حتى الساعة 14:00 ظهراً. تم إجراء جميع القياسات المطلوبة بفواصل زمنية مقدارها ساعة واحدة خلال فترة التجربة. حللت النتائج إحصائياً بوساطة برنامج SPSS باستخدام نموذج الانحدار الخطي المتعدد لتحديد تأثير العوامل المدروسة في فعالية المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير.

النتائج والمناقشة:

مقارنة درجات حرارة الوسط المحيط مع درجات الحرارة داخل المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير:

يبين الشكل رقم (2) درجات حرارة الوسط المحيط المقاومة خلال فترة التجارب إضافة إلى درجات الحرارة داخل المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير كتابع لزمن التقدير، حيث يلاحظ من الشكل أن درجة حرارة الوسط المحيط تراوحت بين 25.6 - [39.6 °C] وسجلت أعلى قيمة خلال شهر آب، بينما تراوحت درجة الحرارة داخل المقطر بين 39 - 75.8 [°C] وسجلت أعلى قيمة خلال شهر تموز. يلاحظ أن اللاقط الشمسي المسطح ساهم في رفع درجة الحرارة داخل المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير، كما يلاحظ أن درجة الحرارة داخل المقطر والتي ساعدت على حدوث عملية التبخر لم تصل لدرجة الغليان ولكن كانت كافية لحدوث التبخر وهذا ما ساهم في تقليل حدوث ترسبات ملحية في المقطر.

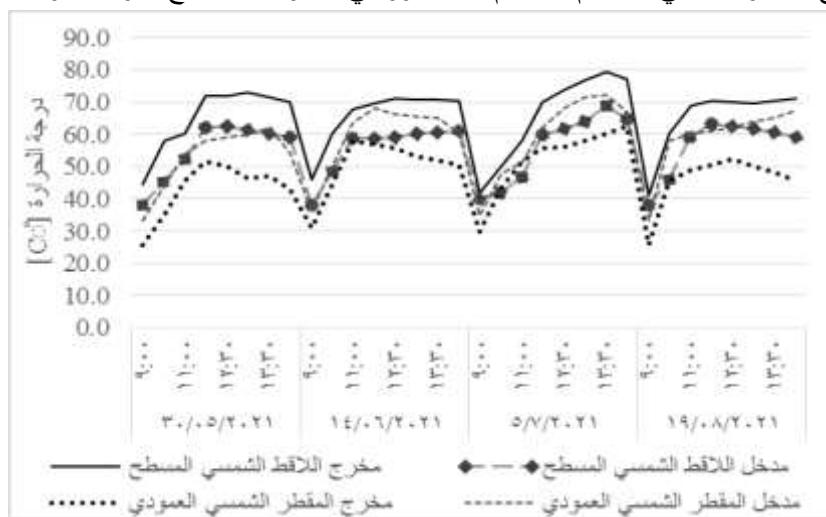


الشكل رقم (2) درجة حرارة الوسط المحيط ودرجة الحرارة داخل المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير كتابع لزمن التقدير

مقارنة درجات حرارة اللاقط الشمسي المسطح مع درجات حرارة المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير:

يبين الشكل رقم (3) درجات الحرارة المسجلة عند مدخل ومخرج اللاقط الشمسي المسطح إضافة إلى درجات الحرارة المسجلة عند مدخل ومخرج المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير خلال فترات التجربة كتابع لزمن التقدير، حيث بلغ متوسط أعلى قيمة لدرجات الحرارة خلال التجارب عند مخرج اللاقط الشمسي المسطح 73.7 [°C]، وقد ساهم ذلك في رفع درجات الحرارة داخل المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير حيث يلاحظ تقارب بين درجات الحرارة المسجلة عند مخرج اللاقط الشمسي المسطح ومدخل

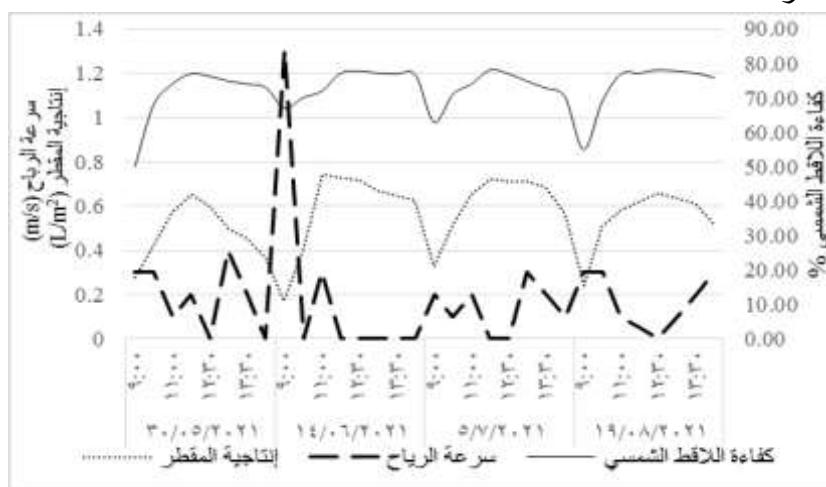
المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير، وقد سجلت أعلى قيمة لدرجة الحرارة في شهر تموز، كما يلاحظ انخفاض في درجة الحرارة المسجلة عند مخرج المقطر الشمسي حيث تم استخدام هذه الحرارة في تبخير الماء المالح المراد نقطيره داخل المقطر.



الشكل رقم (3) منحني درجات الحرارة عند مدخل وخرج اللاقط الشمسي المسطح وعند مدخل وخرج المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير

سرعة الرياح:

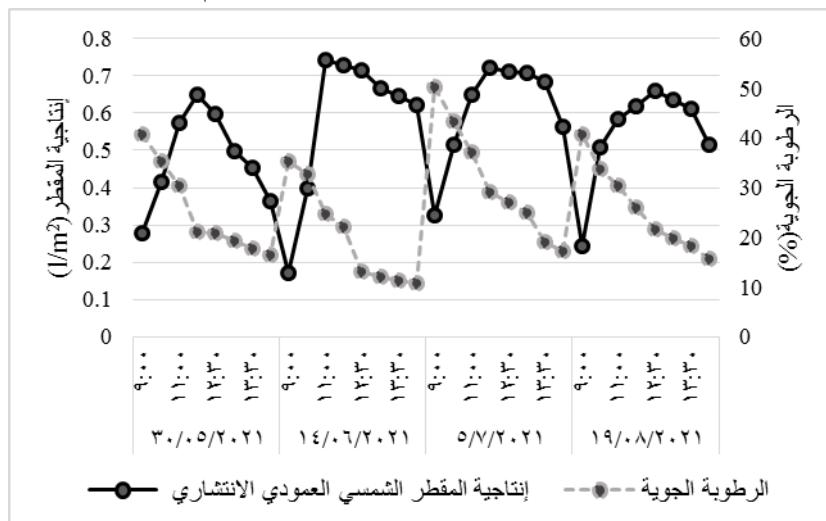
يبين الشكل رقم (4) منحني سرعة الرياح المقاسة خلال فترة التجارب ومنحني إنتاجية المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير من المياه المقطرة المقاسة ومنحني كفاءة اللاقط الشمسي عند كل ساعة من ساعات التجارب كتابع لزمن التقدير. بلغ متوسط سرعة الرياح خلال أيام التجارب (0.2، 0.1، 0.2، 0.1) [m/s] خلال الأيام (30 أيار، 14 حزيران، 5 تموز، 19 آب) على التالي، حيث توافقت إنتاجية المقطر مع كفاءة اللاقط الشمسي المسطح، وبالتالي لم يلاحظ تأثير لسرعة الرياح خلال هذه التجارب على إنتاجية المقطر.



الشكل رقم (4) منحني سرعة الرياح المقاسة، كفاءة اللاقط الشمسي وإنتاجية المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير كتابع لزمن التجارب

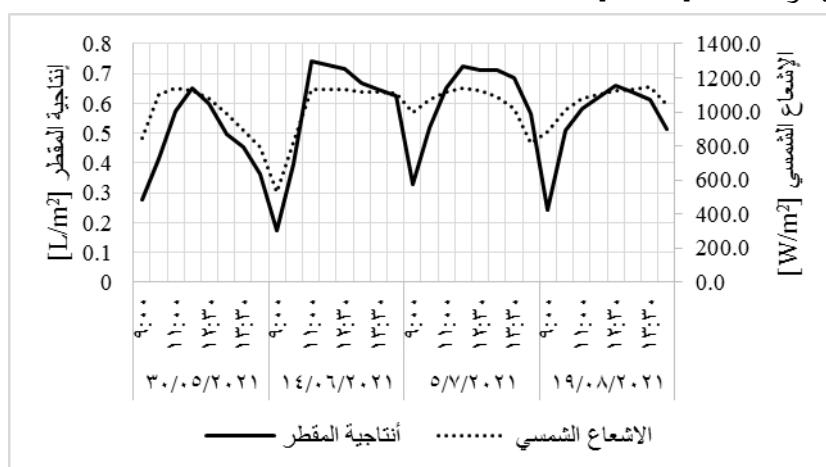
الرطوبة الجوية:

يبين الشكل رقم (5) منحنى الرطوبة الجوية المقاسة خلال فترة التجارب ومنحنى إنتاجية المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير من المياه المقطرة المقاسة خلال كل ساعة من ساعات التجارب كتابع لزمن التقاطير، حيث يلاحظ أن قيمة الرطوبة تتناقص بشكل تدريجي ما بين بداية ونهاية كل تجربة، كما يلاحظ أن إنتاجية المقطر لم تتأثر بالرطوبة الجوية.



الشكل رقم (5) منحنى الرطوبة الجوية المقاسة خلال فترة التجارب وإنتاجية المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير كتابع لزمن التجارب
شدة الإشعاع الشمسي:

يبين الشكل رقم (6) منحنى شدة الإشعاع الشمسي المسجل خلال فترة التجارب ومنحنى إنتاجية المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير من المياه المقطرة المقاسة خلال كل ساعة من ساعات التجارب كتابع لزمن التقاطير، حيث بلغت ذروة الإشعاع الشمسي ما بين الساعة 12:00 والساعة 13:00، ورفاق ذلك زيادة في كمية المياه المقطرة وقد سجلت أعلى إنتاجية للمقطر الشمسي في شهر تموز بمتوسط $4.8 \text{ L/m}^2 \cdot \text{d}$.



الشكل رقم (6) منحنى الإشعاع الشمسي ومنحنى إنتاجية المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير كتابع لزمن إجراء التجارب

التحليل الإحصائي للعوامل المؤثرة على فعالية المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير:

يبين الجدول رقم (1) نتائج التحليل الإحصائي لدراسة تأثير العوامل المدروسة على إنتاجية المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير حيث يلاحظ أن الفروق كانت معنوية عند مستوى 5% بالنسبة للإشعاع الشمسي ودرجة حرارة اللاقط الشمسي ودرجة حرارة المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير ودرجة حرارة الوسط المحيط وأيام الدراسة، أما بالنسبة لسرعة الرياح والرطوبة الجوية كانت الفروق ظاهرية، وقد سُجل أعلى معدل ارتباط لدرجة حرارة اللاقط الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير الذي كانت مصدر حرارته اللاقط الشمسي المسطح يليه الإشعاع الشمسي ثم درجة حرارة الوسط المحيط، وقد سُجلت أعلى قيمة لكمية المياه المقطرة خلال شهر تموز بمتوسط $[L/m^2]$ 4.8 وهي أعلى إنتاجية خلال أيام الدراسة.

الجدول رقم (1) تأثير العوامل المدروسة على إنتاجية المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير

Correlations	Sig.	العامل المدروس
-	0.006	إنتاجية المقطر ^a
0.787	0.000*	درجة حرارة اللاقط الشمسي
0.838	0.000*	درجة حرارة المقطر الشمسي
0.808	0.000*	الإشعاع الشمسي
-0.534	0.102**	الرطوبة الجوية
-0.561	0.470**	سرعة الرياح
0.729	0.011*	درجة حرارة الوسط المحيط
0.095	0.006*	اليوم

^a الثابت

* يمثل وجود فروق معنوية عند مستوى 5%

** يمثل وجود فروق ظاهرية عند مستوى 5%

الاستنتاجات:

- أكثر العوامل تأثيراً في فعالية المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير هو درجة حرارة المقطر، إذ بلغ متوسط درجة حرارة خلال أيام الدراسة 60 وساهمت هذه الحرارة في تبخير المياه المالحة ومن جهة أخرى كانت السبب في عدم حدوث ترببات ملحية في أجزاء المقطر وهذا ما ساهم في فعالية هذه الطريقة.
- تعتبر شدة الإشعاع الشمسي من أكثر العوامل تأثيراً في زيادة إنتاجية المقطر وبالتالي يوم الدراسة، حيث يرتبط ذلك بتأمين القدرة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة اللاقط الشمسي وبالتالي رفع درجة حرارة المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير.
- لم ترتبط إنتاجية المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير بسرعة الرياح أو الرطوبة الجوية.
- متابعة العمل التجاري لاختبار فعالية المقطر الشمسي العمودي الانتشاري أحادي التأثير خلال أيام مختلفة من العام.

معلومات التمويل: هذا البحث ممول من قبل جامعة دمشق وفق رقم الممول 501100020595

References:

1. اسلام، احمد مدحت. (1999). الماء سائل الحياة، خواصه تتفتتة، تحلية ثلوثه في الوطن العربي - حرب المياه. دار الفكر العربي. 138 - 157.
2. رامي، جورج، يونس، روان. (2019). تحسين إنتاجية المقطر الصندوفي الشمسي بإضافة لاقط شمسي مسطح تجريبياً. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية سلسلة العلوم الهندسية. 43 (1) : 498 - 499.
3. Dunkle. R, (1961). Solar Water Distillation: The Roof Type Still and a Multiple-Effect Diffusion Still," International Heat Transfer Conference, University of Colorado. Vol. 5, P: 895-902.
4. H. Sharon, K.S. Reddy, S. Gorjian. (2020) parametric investigation and year round performance of a novel passive multi-chamber vertical solar diffusion still: Energy, Exergy and enviro-Economic Aspects, Sol. Energy 211. 831–846, <https://DOI.org/10.1016/j.solener.2020.10.016>.
5. <https://GLOBALSOLARATLAS.info/>
6. Seleem, Amr. M. (2016). Development of Vertical Diffusion Solar Still Utilizing Folded Sheets Technology. Thesis Master, Mechanical Power Engineering, The American University in Cairo. p: 70.

