KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

DOI: https://doi.org/10.32441/kjps.02.02.p18

تأثير عرض الفجوة الهوائية على الحمل الحراري الحر في جدار ترومب يحتوي على مادة متغيرة الطور

احسان فاضل عباس[1]، شيماء عدنان عزيز[2]

[1،2] قسم هندسة تقنيات التبريد والتكييف، الكلية التقنية /كركوك – الجامعة التقنية الشمالية، كركوك، العرارق

[1]ehsanfadhil@ntu.edu.iq

الخلاصة

تهدف الدراسة الحالية مدى تاثير عرض الفجوة الهوائية لمنظومة حرارية تحتوي على جدار ترومب على كل من تدفق الكتلي للهواء ونسبة الخزن الحراري، وذلك من خلال اجراء اختبارات على غرفة بأبعاد (1.5×1×1.5)م^3 مصنوع من الواح بلاستيكية محشوة بمادة عازلة، ويحتوي على جدار خازن للحرارة بابعاد (0.96×1.44×0.1)م^3 مصنوع من هيكل خشب ويحتوي 99 كبسولة من مادة الشمع الصناعي وبقطر(6) سم و طول(9.6)سم، موزعة داخل الهيكل على شكل مصفوفة (9×11)، حيث ثبت الجدار داخل الغرفة على سكلة حديدية من الجانبين ليتحرك بسهولة مسافة (10 الى 35)سم من الغطاء الزجاجي في جهة الجنوب. اجريت الاختبارات على هذه المنظومة في ظروف بيئية حقيقية خلال شهر كانون الاول 2016 لمدينة كركوك، حيث تضمنت الدراسة اختبار ست قياسات لعرض الفجوة الهوائية من (35 الى 10)سم بفرق 5 سم لكل مسافة عرض، وخصص لكل اختبار فترة خمسة ايام. واظهرت النتائج بان عرض الفجوة الهوائية له تاثير كبير على كمية التدفق الهواء خلاله و كمية دخول الطاقة الحرارية الى المنظومة، حيث كانت افضل حالة لعاملين عند العرض(35)سم. اما اعلى نسبة خزن للطاقة الحرارية خلال النهار حصلت عند العرض (15) وبلغت 45% من كمية الطاقة الداخلة الى المنظومة في الاختبارات التى في الايام المشمسة.

الكلمات الدالة: جدار ترومب، مواد متغيرة الطور، جدار خزن حراري

KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

The Impact of Air Gap Width on the Free Thermal Load in the Trombe Wall Contains a Phase Change Material

Ehsan F. Abbas1, Shayma A. Aziz2
Refrigeration & Air Conditioning Technical Eng. Dept., Kirkuk Technical College, Northern 1,2 Technical University, Kirkuk, Iraq
ehsanfadhil@ntu.edu.iq1

ABSTRACT

The objective of the present study is to investigate the effect of the air gap on the amount of mass flow rate and the ratio of energy storage in the thermal storage system containing a Trombe wall and that is through conducting experiments inside a room with dimensions of (1.5*1*1.5) m3, made of PVC sandwich insulation panel. The room contains a thermal wall of a dimension of (0.96*1.44*0.1) m3 made from a wood frame and contains 99 capsules of industrial wax of (6) cm diameter and (9.6) cm length, distributed by matrix form of (11*9). The wall is supported by four iron guides from both sides to move it easily in a distance of (10 to 35) cm from the glass cover in the south direction. The experiments have been conducted under real weather conditions of December 2016 for Kirkuk city, and this study included six widths of the air gap, arranged from (35 to 10) cm with steps of 5cm each. the results showed that the width of the air gap has a great effect on the mass flow rate through the air gap and energy incoming to the thermal system, where the best case for both factors was obtained at (b=35cm), and the max energy storage has been obtained at (b=15cm) and is about 45% of energy incoming to the system at the experiments of sunny days.

Keywords: **Trombe wall, Phase change materials, Thermal storage system.**

الرموز

A: مساحة m^2

b:عرض الفجوة الهوائية m

C: الحرارة النوعية $J/kg.^oC$

Cd: معامل احتكاك للنوافذ =0.6

KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

G: شدة اشعة الشمس W/m^2

H: البعد بين النافذتين m

h: معامل انتقال حرارة بالحمل $W/m^2.^oC$

k:الموصلية الحرارية $W/m.^oC$

$\dot{m}$: تدفق كتلي kg/s

Q: الطاقة الحرارية W. Hr

R: المقاومة الحرارية $^oC/W$

T: درجة الحرارة ^oC

U: معامل انتقال الحرارة الاجمالي $W/m^2.^oC$

u: سرعة الرياح m/s

x: السمك m

الرموز اللاتينية

α: الامتصاصية

ε: الانبعاثية

σ: ثابت ستيفان بولتزمان $5.669 \times 10^{-8} W/m^2.K^4$

1. المقدمة

تعد الطاقة من احدى المقومات الرئيسية للمجتمعات المتحضرة، وإن مجالات إستخدامها متنوعة ومتعددة، وزادت طلب عليها في السنوات الأخيرة، نتيجة الإرتفاع المتزايد في تكاليف إنتاج الوقود الأحفوري (النفط ، الغاز ، الفحم)، بسبب اسهام هذه المصادر بشكل فعال في تشكيل نمط حياتنا الحالية فضلا" عن محدودية هذه المصادر ومشكلات التلوث المرافقة لاستعمالها تتزايد يوما بعد يوم. لذلك إتفقت العلماء بأن الطاقة المتجددة هي الخيار الأفضل على الإطلاق، لأنها طاقة لاتستنفذ ويمكن ان تكون متاحة محليا" وإن مصادرها متعددة ومنها الطاقة الشمسية. حيث احد اهم استخدامات الطاقة الشمسية أنظمة التسخين الشمسي وهي عبارة عن أنظمة التدفئة الشمسية السلبية، حيث يتم جمع وتخزين الطاقة الشمسية

KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

بصورة طبيعية بدون تدخل الأجهزة ميكانيكية أو كهربائية في نقل الطاقة الحرارية، وتصنيف الى نظام الكسب الحراري المباشر ونظام الكسب الحراري غير مباشر. حيث ان جدار ترومب كما يعرف بالجدران التخزين أو التسخين بالطاقة الشمسية من أهم تطبيقات منظومة الكسب الحراري الغير مباشر، اذ يساهم هذا الجدار في تخفيض إستهلاك الطاقة في المباني الى حوالي 30%[1]. تصميم جدار ترومب يعود الى القرن التاسع الذي إبتكره مهندس امريكي (إدوارد مورس) الذي سجل براءة اختراع له في عام1881، تم تطويره بالكامل من قبل المهندس الفرنسي (Felix Trombe) والمهندس المعماري (Jacques Michel) في عام 1960 [2]. يتكون جدار ترومب الاعتيادي من مواد بناء الاعتيادي او من مواد متغيرة الاطوار و يغطى من الخارج بطبقة او طبقتين من الزجاج، يتم طلاء السطح الموجه الى الزجاج بلون أسود لزيادة معدل الإمتصاص وتحسين الأداء الحراري للجدار، ويفصل الجدار والزجاج مسافة لاتتجاوز30 سم لتدوير الهواء خلال النوافذ الموجودة اسفل و اعلى الجدار.اجريت عديد من الدراسات العلمية والتي تضمنت تطوير وتحسين الاداء الحراري لجدار ترومب من قبل الباحثين في عدد من الدول وبالاخص في الدول التي تكون الطقس فيها باردة، ومنهم الباحث (Bear 1973) [3] حيث قام ببناء منزل إستخدم فيه جدار ترومب يحتوي على مائة حاوية سعة الواحدة منها 55gal من الماء لغرض التدفئة. حيث اظهرت النتائج بان جدار ترومب المائي مناسب جدا" في تدفئة المنزل وبكفاءة عالية. اما الباحث (جمال حميد وهيب 2004)[4] فقد قدم دراسة نظرية على جدار ترومب يحتوي على نوعين من مواد متغيرة الطور الملح المائي ($Na_2HPO_4.12H_2O$) والشمع البرافين لغرض التدفئة في اجواء العراق. وأظهرت النتائج العملية بان المادتين قداعطت نتائج جيدة ومقاربة في عمليات التدفئة وساهما بنسبة 40% في ترشيد الطاقة المستهلكة. كما تمكن الباحث (عدنان محمد حسين 2008)[5] من تقديم دراسة نظرية على جدار ترومب مسامي يحتوي على حاويات معدنية مملوءة بالحجر كمستودع حراري مع احتوائه على فتحات في الجدار لتدوير الهواء وقرن نتائجة بنتائج بجدار ترومب مبني بالكونكريت وفي ظل الظروف البيئية لفصل الشتاء، استنتجت من الدراسة بأن الخزن الحراري في جدار المسامي أفضل من جدار كونكريتي. حيث تمكن الباحثان(Dehmani & Dimassi 2012)[6] من تقديم دراسة تطبيقية عن توزيع درجات الحرارة داخل الفجوة الهوائية لمنظومة الكسب الغير مباشر، اظهرت النتائج العملية بان درجات الحرارة في منطقة الفجوة الهوائية كانت مختلفة، والسبب يعود الى عدة عوامل منها الظروف المناخية، تأثير الإرتفاع الجدار ترومب والإشعاع الشمسي، تأثير طول فجوة الهواء، اضافتا"الى نمط تدفق الهواء فجوة الهواء. اما الباحث(Whaib 2001)[7] فقد قدم دراسة نظرية للمقارنة بين المنظومات التدفئة التي تعمل بالإسلوب السلبي من خلال استخدام ثلاثة انواع مختلفة من المواد البناء هذا جدار ترومب وهي (الكونكريت ، جدار مائي و(ماء وكونكريت)).من النتائج التي حصلت عليها، إستنتجت بأن جدار (الماء + الكونكريت) تعطي نتائج أفضل للخزن الحراري من الجدارين الاخرين. في حين قام الباحثان (2009 Khalifa.& Abbas)[8] بإجراء دراسة نظرية لمقارنة الاداء الحراري لتخزين مواد المستخدمة في التدفئة وذلك من خلال استخدام ثلاثة انواع مختلفة من مواد لبناء جدار ترومب وهي الكونكريت بسمك 20 سم والملح المائي($CaCl_2.6H_2O$) بسمك 8 سم والاخير من الشمع بسمك 5 سم. بينت من النتائج التي حصلت عليها، ان جدار الملح المائي قد اعطى درجات الحرارة قريبة من درجة حرارة الراحة وتراوحت بين °C (18-22) بالمقارنة مع النوعين الآخرين، حيث تراوحت درجات الحرارة الغرفة °C (15-25). الباحثان (Ajib & Jaber 2011)[9] قدما دراسة لتحسين الاداء الحراري لمبنى استخدم فيه جدار ترومب من الكونكريت بسمك 20 سم، واستخداما برنامج TRNSYS

KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

لمحاكاة ولتحليل اداء الحراري لجدار ترومب . حيث استنتج من الدراسة بان جدار ترومب يساهم بخفض إستهلاك الطاقة في المباني الى 32.1% من احتياجات المبنى الى التدفئة سنويا . اما الباحثان (Abbas & Chaichan 2015)[10] تمكنا من تقديم دراسة تطبيقية على جدار ترومب لتحسين الادائه الحراري باستخدام مادة الشمع وضعت داخل أنابيب من الالمنيوم و طليت سطحه الخارجي باللون الاسود وغطيت الانابيب من الخارج بطبقة من الزجاج بسمك 3 ملم بالإضافة الى وضع مروحة صغيرة في فتحة العلوية لزيادة دوران الهواء في المنظومة ، اظهرت من النتائج بان استخدام شمع البرافين يعطي نتائج جيدة من حيث الاداء الحراري للمنظومة.

الهدف من الدراسة الحلية هو تاثير عرض الفجوة الهوائية على كمية تدفق الهواء فيها، وألاداء الحراري لجدار ترومب الذي يحتوي على كبسولات من الشمع الصناعي في ست عروض للفجوة الهوائية حيث تراوحت من (35 الى 10)سم بفرق 5 سم لكل عرض، في غرفة بأبعاد (1.5*1.5*1)م^3 وفي ظل ظروف مناخية لمدينة كركوك كانون الاول2016.

2. الجزء النظري

لتحليل الطاقات الحرارية داخل المنظومة والناتجة من سقوط اشعة الشمس على جدار ترومب والتي تحولت الى طاقة حرارية وتنقل بمختلف طرق انتقال الحرارة (التوصيل ، الحمل و الاشعاع) داخل المنظومة، لذا فقد اجريت اتزان حراري لانتقال الحرارة داخل وخارج المنظومة وذلك لحساب كمية الطاقة الحرارية التي تم خزنها من قبل جدار التروومب في مادة المتغيرة الطور(الشمع الصناعي)، وكما في ادناه

$$Q_s = Q_{in} - (Q_{ven} + Q_l + Q_{con}) \quad \text{.....(1)}$$

حيث ان كمية الطاقة الداخلة الى المنظومة من خلال كمية الاشعاع العابر من الزجاج وممتص من جدار ترومب و الممتص من قبل الزجاج نفسه يساوي:

$$Q_{in} = GA(\alpha + \varepsilon_w \tau) \quad \text{.....(2)}$$

اما كمية الطاقة الحرارية التي تكتسب من الفجوة الهوائية والتي يؤدي الى دوران الهواء بالحمل الحر وتسمى بطاقة التهوية وتحسب كما في ادناه:

$$Q_{ven} = \dot{m}C(T_o - T_i) \quad \text{.....(3)}$$

ولحساب كمية الطاقة الحرارية المفقودة من المنظومة الى المحيط من جهة الجنوب فانها تحسب كما في ادناه:

$$Q_l = UA(\bar{T}_w - T_\infty) \quad \text{.....(4)}$$

$$U = \frac{1}{\sum R_{th}} \quad \text{.....(5)}$$

$$\sum R_{th} = \frac{1}{h_o} + \left(\frac{x}{k}\right)_g + \frac{(h_g + h_w)\cdot h_r}{h_g + h_w + h_r} \quad \text{.....(6)}$$

KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

$$h_r = \left[\frac{\sigma(T_{w,ga}^4 - T_{g,ga}^4)}{\frac{1}{\varepsilon_g}+\frac{1}{\varepsilon_w}-1}\right] \Big/ (T_{w,ga} - T_{g,ga}) \quad \text{.....(7)}$$

وكمية الطاقة الحرارية التي تنقل بالحمل الحر من السطح الداخلى الى داخل المنظومة ، فانها تساوي:

$$Q_{con} = h_{ro} A (T_{w,ro} - T_{ro}) \quad \text{.....(8)}$$

حيث ان كمية التدفق الكتلي داخل الفجوة الهوائية تحسب على اساس المصدر [11]

$$\dot{m} = \frac{C d \rho A_c}{\sqrt{1+\left(\frac{Ag}{Av}\right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{2gH(T_m - T_{ro})}{T_m}} \quad \text{.....(9)}$$

اما لحساب معامل انتقال الحرارة على سطحي جدار ترومب من الداخل وجهة الفجوة الهوائية والزجاج فقد تم وفقا" للعلاقة التجريبية[12] في حساب معدل عدد النسلت و هي مناسبة لحالة المنظومة:

$$\overline{Nu}^{1/2} = 0.825 + \frac{0.387 Ra^{\frac{1}{6}}}{\left[1+\left(\frac{0.492}{Pr}\right)^{\frac{9}{16}}\right]^{\frac{8}{27}}} \quad \text{.....(10)}$$

حيث ان معدل معامل انتقال الحرارة يساوي:

$$h = \frac{\overline{Nu} \cdot k_a}{H} \quad \text{.....(11)}$$

معامل انتقال الحرارة خارج المنظومة احتسبت من العلاقة الرياضية الاتية [13]:

$$h_o = 5.2 + 4.1u \quad \text{.....(12)}$$

3. الجانب العملي

تم بناء غرفة الاختبار بأبعاد (1.5×1.0×1.5) م^3 من الالواح البلاستكية محشوة بعازل الفوم من جميع الاتجاهات عدا الاتجاه الجنوبي، حيث تم تثبيت طبقة من الزجاج بسمك 6 ملم بابعاد (1.4×0.9) م^2 لتغطية جدار ترومب، وكما مبين في الشكلين(1 و2). الجدارعبارة عن هيكل خشبي بأبعاد (9.6 × 94 × 143) سم^3 ويحتوي على 99 ثقب بقطر 63 ملم لحشر الكبسولات فيه و موزعة على شكل مصفوفة (9*11)، وكذلك يحتوي على اربع نوافذ مستطيلة الشكل بابعاد (7 × 25) سم وزعت بواقع نافذتين في اعلى واخريتين في الاسفل. وغلف وجهي الجدار بلوحين من الالمنيوم بابعاد (94 × 114) سم وسمك 2 ملم مع طلاء سطح الجدار باللون الاسود لغرض زيادة معدل الإمتصاص وتحسين أداء الحراري للجدار من جهة الفجوة الهوائية. حيث ثبت جدار ترومب على اربع سكك حديدية من جانبين لتسهيل حركته والحصول على قياس

KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

عرض للفجوة الهوائية بدقة. فقد تم استخدام مسجل بيانات درجات الحرارة ذي 32 قناة لتسجيل وخزن درجات الحرارة الية" لداخل وخارج المنظومة الحرارية طلية فترة الاختبارات. اما بالنسبة لبيانات عن ظروف الطقس فقد اعتمد على بيانات محطة الانواء الجوية نوع HP2000 والقريبة من موقع الاختبار. حيث اجريت اختبارات على المنظومة الحرارية بست قياسات لعرض الفجوة الهوائية وهي (35، 30، 25، 20، 15، 10) سم، وقد خصصت فترة خمسة ايام لكل اختبار وسجلت درجات الحرارة للمنظومة و ظروف الطقس بشكل مستمر خلال فترات الاختبارات، وقد صادفت هذه الفترات ظروف بيئية مختلفة من حيث ايام مشمسة وغائمة وممطرة وكانت درجات الحرارة طلية فترة الاختبارات تقريبا" 15°C في النهار ودون 5°C في الليل.

4. النتائج والمناقشة

النتائج التي تم الحصول عليها من جراء الاختبارات على المنظومة الحرارية وتحت ظروف الطقس حقيقية خلال شهر كانون الاول 2016 في مدينة كركوك كما موضح في الشكل (3)، حيث يلاحظ فيه بان شدة اشعة الشمس خلال ذلك الشهر لم يتجاوز في معظم ايامه اكثر من ($400W/m^2$) عدا يومي (22 و29) منه، اذ بلغت شدة اشعة الشمس اعلى قيمة لها بحدود ($600W/m^2$)، اما ادنى شدة اشعة الشمس حصلت في يومي (23 و 24) منه وكانت اقل من ($100W/m^2$). و مدى درجات الحرارة لذلك الشهر تراوحت تقريبا" بين 5°C(5 الى 15) لمعظم الايام فيه عدا الايام من الفترة (15 الى 21) من الشهر حيث صادفت فيها درجات حرارة متدنية مقارنتا" بالايام الاخرى في ذلك الشهر و تراوحت درجات الحرارة فيها °C (3 الى 9)، وكذلك الايام (22، 25، 29، 30) كانت فيها درجات الحرارة اعلى من 15°C) خلال النهار، في حين سرعة الرياح خلال فترة الاختبارات لمعظم ايام الشهر لم يتجاوز km/Hr (15)، عدا الايام (1، 2، 4، 14، 24) حيث تجاوزت فيها تلك السرعة. بما ان فترة الاختبارات صادفت فيها تقلبات جوية ، لذا فقد تم تحليل النتائج العملية على اساس يوم صحو جدا و يوم غائم كليا" او ممطرا"، وتاثيرها على كل من كمية تفق الهواء وكسب الطاقة الحرية للمنظومة.

أ- تاثير عرض الفجوة الهوائية على تدفق الهواء.

الشكلين(3 و4) يوضحان علاقة تدفق الهواء مع فرق درجات الحرارة بين طرفي الفجوة الهوائية لكل عرض للفجوة الهوائية للايام الصحوة والغائمة على التوالي، حيث لوحظ فيهما تاثير كبير للعاملين (b و ($T_{w,ga}$-$T_{g,ga}$)) على كمية تدفق الهواء في الحالتين، حيث كانت هنالك فرق كبير لكمية ($\dot{m}$) بين الايام المشمسة والغائمة لـ(b) والسبب يعود الى الفرق الكبير لـ($T_{w,ga}$-$T_{g,ga}$) فيهما. عند مقارنة كمية ($\dot{m}$) في الاختبارات ايام المشمسة وكما مبين في الشكل (3)، حيث اعظم مدى تدفق لـ($\dot{m}$) حصلت عند (b=35cm) وانخفضت تدريجيا" مع تصغير قياس(b). يلاحظ في الشكل (4) مدى($T_{w,ga}$-$T_{g,ga}$) لم تكن متساوية لكل الاختبارات، لذا فقد تم اختيار اعلى قيمة مشتركة لفرق ($T_{w,ga}$-$T_{g,ga}$) لجميع الاختبارات وتقدربـ(20°C)، وكانت كمية ($\dot{m}$) لهم Kg/s(0.0105، 0.0091، 0.0082، 0.0074، 0.006، 0.004) لكل من (b=35cm الى b=10cm) وعلى التوالي. بينما كمية ($\dot{m}$) بالنسبة للأيام الغائمة كانت تقريبا" محدودة في الاختبارات وكما مبين في الشكل (**4**) والسبب يعود الى انخفاض شدة اشعة الشمس في هذه الايام حيث لم تتجاوز فيها ($100W/m^2$) مما ادت تقليل في مدي فرق درجات الحرارة ($T_{w,ga}$-$T_{g,ga}$) وهذا ما جعل من درجات الحرارة تكون متقاربة داخل المنظومة وخارجها. بالنظر لعدم شمول جميع الاختبارات بنفس مدى لـ($T_{w,ga}$-$T_{g,ga}$) ولاجل المقارنة بين كمية ($\dot{m}$)

KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

لجميع الاختبارات وللاسباب التي ذكرت انفا"، فقد تم اختيار قيمة مشتركة لفرق ($T_{w,ga}$-$T_{g,ga}$) بينهما وهي بحدود (4ºC) وكانت كمية ($\dot{m}$) لكل (b) هي kg/s(0.00445، 0.0045، 0.0034، 0.0045) لكل cm(35،30،25،20) على التوالي. حيث لم تظهر قيم لـ($\dot{m}$) عند (b=15cm) وذلك بسبب ظروف الطقس في يومي (22 و23) حيث كانت باردة جدا، وكذلك لم تظهر ايضا"عند (b=10cm) بسبب عدم مصادفة فترة الاختبار ايام غائمة.

ب- تحليل الطاقات الحرارية في المنظومة الخزن الحراري.

التحليل الاحصائي للطاقات الحرارية في المنظومة شملت يومين لكل اختبار على اساس ظرف الطقس أي يوم صحو جدا" و يوم غائم جدا" او ممطر، وعلى ضوء ذلك فقد تم اختيار الايام المشمسة لكل اختبار (4، 7، 12، 16، 23، 27) و الايام الغائمة (3، 8، 15، 19، 24،--) من شهر كانون الاول 2016 للقياسات (b) من (35cm الى 10cm) على التوالي. حيث يلاحظ في الشكل (5) بان اعلى كمية من الطاقة الحرارية قد دخلت الى المنظومة (Q_{in}) خلال النهار كانت عند (b=35cm) والتي بلغت (2845W.Hr)، بينما اقل كمية من (Q_{in}) خلال النهار قد دخلت الى المنظومة الحرارية كانت عند(b=10cm) والتي بلغت (1471.3W.Hr)، وهذه الكمية من الطاقة الحرارية تشكل حوالي 51.7% مما وصلت الى المنظومة في الحالة السابقة بالرغم من ظروف الطقس كانت تقريبا متقاربة فيهما، في حين كمية (Q_{in}) للحالات الاربعة كانت W.Hr(2359.4، 2012، 2067.3، 2234.2) للقياسات (b) من (30cm الى 15) على التوالي، حيث تحولت هذه الطاقة الى مجموعة من الطاقات في المنظومة ولكن بنسب مختلفة في كل اختبار وكما موضح في الجدول (1). واما بالنسبة الاختبارات التي اجريت في الايام الغائمة او الممطرة فان مستوى (Q_{in}) بشكل عام كانت متدنية كما مبين في الشكل (6)، حيث اعلى كمية من (Q_{in}) قد دخلت الى المنظومة كانت عند (b=35 cm) والتي بلغت بحدود (1593W.Hr)، في حين اقل كمية لها دخلت المنظومة كانت عند(b=15cm) والتي بلغت (428.3W.Hr)،في حين لم تظهر كمية (Q_{in}) عند عرض (b=10cm) وذلك لعدم مصادفة ايام غائمة في فترة اختبار عليه. حيث معظم كمية (Q_{in})قد تحولت الى(Q_s) وذلك بسبب ظروف الطقس والتي جعلت من بيئة المنظومة نوع من تقارب في درجات الحرارة فيها مع درجة حرارة الجو، اما بالنسبة تحويل (Q_{in}) الى طاقات حرارية اخرى داخل المنظومة فانها موضحة في الجول (2).

5. الاستنتاجات

من خلال استعراض النتائج التي تم الحصول عليها من المنظومة الحرارية التي تحتوي على جدار ترومب من مادة متغيرة الطور (الشمع الصناعي)، وفي ست قياسات مختلفة لعرض الفجوة الهوائية وتحت ظروف طقس حصو وغائم. حيث تلخصت اهم استنتاجات بمايلي:

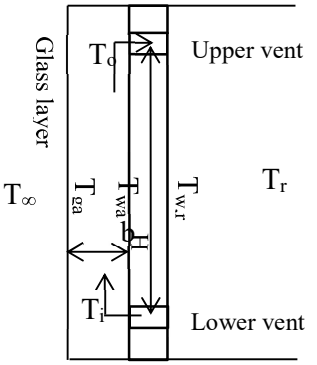
أ- كمية $\dot{m}$ خلال الفجوة الهوائية في الايام المشمشة اعتمدت على عاملين وهما b و($T_{w,ga}$-$T_{g,ga}$) في حالة المسافة بين نوافذ التهوية تكون ثابتة، ولم يطابق هذا الاستنتاج على حالات الاختبار في الايام الغائمة وفي $T_{w,ga}$- ($T_{g,ga}$) اقل من (4ºC) فقط.

ب- كمية (Q_{in}) اعتمدت على المسافة (b) في ظرفين للطقس (الصحو و الغائم) حيث اكبر كمية من (Q_{in}) دخلت الى المظومة الحرارية في الظرفين عند(b=35cm)، كما اعلى كمية من (Q_s) حصلت عند (b=20cm) في في

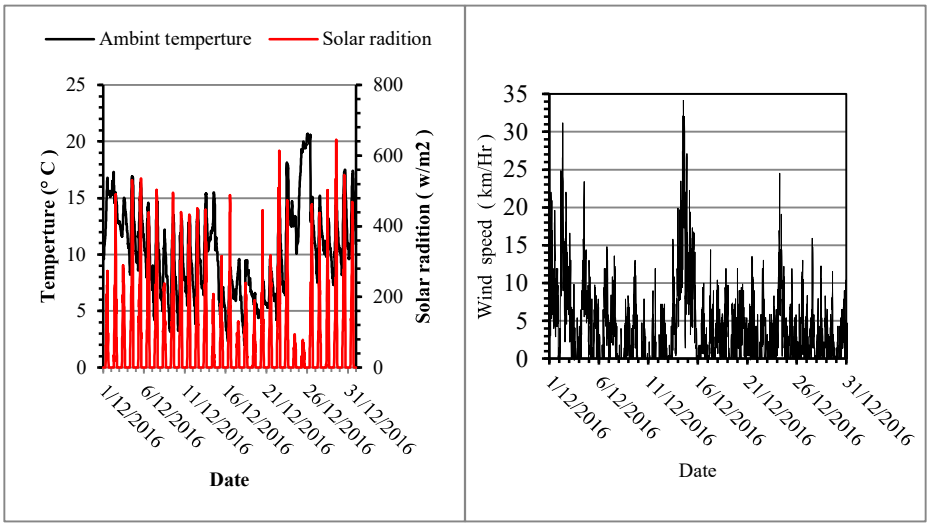
KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

الايام المشمسة، ولكن في الايام الغائمة كانت معظم (Q_{in}) تتحول الى (Q_s) بسبب تقارب درجات الحرارة داخل المنظومة مع خارجها.

شكل (1) الصورة الفوتوغرافية يوضح الشكل الخارجي للمنظومة الحرارية و جدار ترومب من

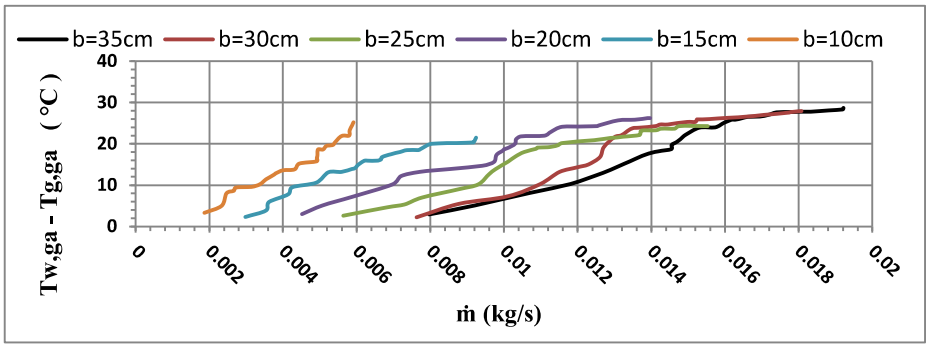


شكل (2) مخطط توضيحي لجدار ترومب في منظومة حرارية

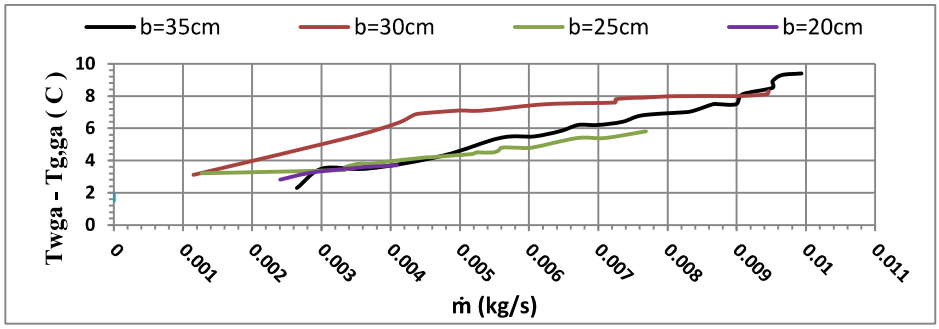


شكل(3) ظروف الطقس مدينة كركوك لشهر كانون الاول 2016

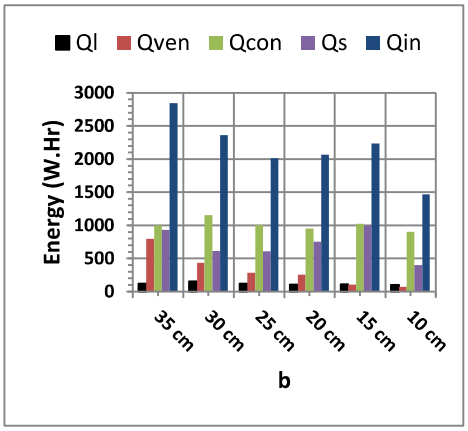
KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org



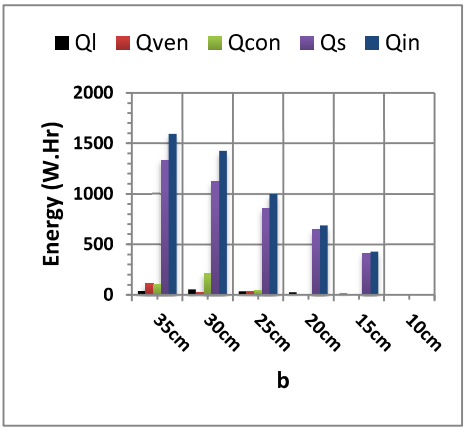
شكل(4) علاقة تدفق الهواء بدرجات الحرارة لسطحي الفجوة الهوائية لجدار ترومب في الايام المشمسة



شكل(5) علاقة تدفق الهواء بدرجات الحرارة لسطحي الفجوة الهوائية لجدار ترومب في الايام الغائمة



شكل(6) تمثل تحليل الأحصائي للطاقة داخل المنظومة الحرارية خلال النهار ليوم مشمس



شكل(7) تمثل تحليل الأحصائي للطاقة داخل المنظومة الحرارية خلال النهار ليوم غائم

KJPS Al-Kitab Journal for Pure Science
Vol.2 (2), ISSN: 2617-1260 (print), 2617-8141(online)
www.kjps.isnra.org

جدول (1) نسب توزيع (Q_{in}) الى طاقات اخرى داخل المنظومة الحرارية في الايام المشمسة

Energu Type	Width of Air Gap (b cm)					
	35	30	25	20	15	10
Q_s	33%	26%	30%	37%	27%	27%
Q_{con}	35%	49%	50%	46%	61%	61%
Q_{ven}	28%	18%	14%	12%	5%	5%
Q_l	4%	7%	6%	5%	7%	7%

جدول (2) نسب توزيع (Q_{in}) الى طاقات اخرى داخل المنظومة الحرارية في الايام الغائمة و الممطرة

Energu Type	Width of Air Gap (b cm)					
	35	30	25	20	15	10
Q_s	84%	79%	87%	95%	97%	-
Q_{con}	7%	15%	5%	1%	0	-
Q_{ven}	7%	2%	3%	1%	0	-
Q_l	2%	4%	5%	3%	3%	-

المصادر

[1] Fang X, and Yang T.,"***Regression Methodology for Sensitivity Analysis of Solar Heating Walls***", Applied Thermal Engineering, vol. 28,(17-18), pp. 2289-2294 (2008).

[2] Duffie J. and Beckman W., ***"Solar Engineering of Thermal Processes "***, 4th edition, John Wiley and Sons, Inc. (2006).

[3] Bare,S., ***"The Drum wall In proceedings of the Solar Heating and Cooling for Buildings Workshop***", National Science Foundation, Washington, DC, pp.186-187 (1973).

[4] جمال حميد و هيب، " ***استخدام الأملاح والشمع كمواد خزن الحراري في جدار ترومب*** " مجلة التقني، المجلد (17) ، العدد (1) ص 110-117(2004) .

[5] عدنان محمد حسين،***"دراسة نظرية للحمل الحر الطباقي خلال جدار ترومب مسامي بإستخدام الطاقة الشمسية السلبية***" مجلة التقني، المجلد(21)، العدد 1، ص 140-150 (2008) .

[6] Dimassi N. and Dehmani L., ***"Natural Convection of a Solar wall in a Test Room Under Tunisian Climate"***, ISRN Renewable Energy Volume 2012, Article ID 573176, 9 pages doi:10.5402/2012/573176 (2012).

[7] Whaib J.H., ***"Comparative Study of Thermal Performance For Various Heating System Which are Acting Passively"***, Journal of the Iraqi Eng. Research, serial-148, (4), pp.(50-66) (2001).

[8] Khalifa A.J.N. and Abbas E.F., ***"A Compartive Performance Study of Some Thermal Storage Materials Used for Solar Space Heating"***, Energy and Building, Vol 41,(4),pp.407-415. (2009).

[9] Jaber S.and Ajib S., ***"Optimum technical and energy efficiency design of Residential building in Mediterranean region"***, Energy and Buildings, Vol.43 (8), pp.1891-1834 (2011).

[10] Chaichan M. T. and Abbas K. I., ***"Performance Amelioration of a Trombe Wall by Using Phase Change Material (PCM)"***, Engineering and Technology Vol.2, (4), pp 1-6 (2015).

[11] Bansal N. K., Mathur R., Bhandari M.S., ***"Solar chimney for enhanced stack ventilation***", Building and Environment, Vol.28,(3), pp.373-377. (1993).

[12] Churchill S.W. and Chu H.H.S., ***"Correlating equations for laminar and turbulent free convection from a vertical plate"***, International Journal of Heat and Transfer, Vol. 18,(11), pp.1323-1329 (1975).

[13] Abbas E. F. "***A Comparative Performance Study of Some Thermal Storage Materials Used for Solar Space Heating***", (Master's thesis, University of Technology, Baghdad, Iraq). (1999).

DOI: http://10.32441/kjps.02.02.p19