

دراسة تأثير طبقات الزجاج على الأداء الحراري لجدار ترومب

إحسان فاضل عباس

مدرس مساعد

المعهد التقني الحويجة

الخلاصة

ل طاقة أشعة الشمس أهمية عالية جدا" في حياتنا ليس فقط للاحتياجات المعيشية والصناعية للإنسان و إنما لجميع الكائنات الحية على الأرض. أحد فوائد أشعة الشمس هي استخدامها في مجال التدفئة والتبريد بعدد من الأساليب منها الأسلوب السلبي ويتم من خلال استخدام جدار الخزن الحراري Trombe Wall. تم دراسة تأثير استخدام طبقات الزجاج في تغطية جدار ترومب من الخارج على أدائه الحراري بأربع حالات، وهي بدون غطاء وتغطية الجدار بطبقة وطبقتين وثلاث طبقات من الزجاج. تبين بان جدار ترومب بأبعاد $(4 \times 3 \times 0.29) m^3$ في الحالة الثانية يعطي نتائج أفضل في تدفئة غرفة بأبعاد $(4 \times 4 \times 3) m^3$ عندما تكون في الظروف مناخية مشابهة لمدينة بغداد في كانون الثاني لسنة 1994م مقارنة بالحالات الأخرى.

حيث كان معدل درجات حرارة الغرفة لهذه الحالة بحدود 26.75 درجة مئوية ، وهي من ضمن معدل درجة الحرارة المسموح بها (23-27) درجة مئوية . في حين أنظمة التدفئة في الحالتين الثالثة والرابعة تكون ذات سعة حرارية أعلى من احتياج تلك الغرفة وبالإمكان ملاءمتها لها إذا تم التقليل من سمك الجدار أو توسيع مساحة الغرفة.

الكلمات الدالة

الاستخدام السلبي، الطاقة الشمسية، تدفئة الأبنية

قائمة الرموز

الرمز	التفاصيل	الوحدة
A	المساحة	m^2
Ac	مساحة مقطع المجرى	m^2
b	عرض المجرى	m
B	نسبة مساحة فتحة التهوية إلى مساحة المجرى	
Cp	الحرارة النوعية	$J/kg \cdot ^\circ C$
d	القطر الهيدروليكي للمجرى	m
f	الخسارة في الطاقة	
g	التعجيل الأرضي	9.81 m/sec^2
Gr	رقم كراشوف	
h	معامل انتقال الحرارة بالحمل	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
hr	معامل انتقال الحرارة بالإشعاع	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
i	داخل	
k	الموصلية الحرارية	$W/m \cdot ^\circ C$
K	التصحيح	
l	المسافة العمودية بين فتحات التهوية	m
L	ارتفاع المجرى اللابعدى	
m'	تدفق الكتلة	$kg/sec.$
q	الحرارة المتولدة داخل الجدار	W/m^2
qs	الحرارة الممتصة من الشمس	W/m^2
Q'	معدل التدفق الحجمي للهواء لكل متر ارتفاع	$m^3/sec.m$
r	داخل الغرفة	
R	المقاومة الكلية للزجاج والمحيط الخارجي	$^\circ C/W$
t	سمك الجدار	m

الرمز	التفاصيل	الوحدة
T	درجة الحرارة	$^{\circ}\text{C}$
Δt	التغيير في الزمن	sec.
u	سرعة الهواء في المجرى	m/ sec.
U	معامل انتقال الحرارة الكلي	$\text{W/ m}^2. ^{\circ}\text{C}$
o	خارج	
Δx	سمك الطبقة	m
θ	درجة الحرارة اللابعدية	
β	معامل التمدد الحجمي	$\text{m}^3/ ^{\circ}\text{K}$
α	الانتشارية	m^2 / sec
ρ	الكثافة	kg/ m^3
ε	الامتصاصية للجدار	
ν	اللزوجة الكاينماتيكية	m^2 / sec
a	الهواء	
A	نقطة في منتصف عرض المجرى	
g	الزجاج	
i	داخل الى المجرى	
j	تسلسل الأسطح الداخلية	
m	السطح الساخن (الجدار او الزجاج)	
n	تسلسل الطبقات	
t	الزمن السابق	sec.
$t+1$	الزمن الحالي	sec.
w	الجدار	
w_{in}	الرياح	
o	خارج من المجرى	

المقدمة

تعد الطاقة المنبعثة من الشمس إلى الكون من أهم المصادر الطبيعية للطاقة ، فقد تم تحويلها لتشغيل الأجهزة والمعدات ومنظومات التدفئة والتبريد كبداية عن الطاقات الطبيعية أو الصناعية الأخرى، وكما معروف فإن هذا النوع من الطاقة خالي من التلوث البيئي و متوفر على الأرض. استخدمت هذه الطاقة في مجال تدفئة البيوت لكثير من بلدان العالم وبالأخص الدول الأوروبية وأمريكا وأستراليا وعلى نوعين^[1]:-

أ- الاستخدام المباشر للطاقة الشمسية (Active Use of Solar Energy).

في هذا النوع يتم استخدام الطاقة الشمسية من المحيط الخارجي عبر منظومات خاصة ،تعمل للتحكم في المناخ الداخلي للبناء لغرض التدفئة والتبريد، ولكن هذه المنظومات مكلفة و بعضها معقدة تحتاج إلى الصيانة بشكل دائمى لذا من الواجب توفير أيدي عاملة من الفنيين ذوي الخبرة في هذا المجال فضلا" عن ذلك فإن المعدات التي تستخدم للتبريد أكثر تعقيدا من منظومات التدفئة من حيث التشغيل والصيانة^[1].

ب- الاستخدام غير المباشر (السلبي) للطاقة الشمسية (Passive Use of Solar Energy).

هنا يتم الاستفادة من طاقة أشعة الشمس بشكل غير مباشر وباستخدام أساليب تخزين الطاقة في كتل خزن حراري وبدون دخول المنظومات الميكانيكية فيها. وتصنف المنظومات التي تعمل بالأسلوب السلبي على النحو الآتي^[1]:-

- 1- منظومات الكسب المباشر (Direct-Gain Systems)
- 2- جدران الخزن الحراري (Thermal Storage Walls)
- 3- سقوف الخزن الحراري (Thermal Storage Roofs)
- 4- البيوت الزجاجية الملاصقة (Attached Greenhouses)
- 5- دوران الحمل (Convective Loops)

في هذه الدراسة تم اختيار النوع (2) من المنظومات آنفة الذكر والمعروف بـ (Trombe Wall) . يبنى عادة" من المواد الإنشائية الاعتيادية (الكونكريت ،

الطابوق ،الحصو) أو من مواد متغيرة الأطوار Phase Change Material وترمز بـ (PCM) تعبئ في كبسولات معدنية . سمك الجدار يتراوح من (20 إلى 40) سم موجه نحو الجنوب، ويغطى بالزجاج أو البلاستيك الشفاف، و يترك مسافة بينهما بمقدار (2.5 إلى 10) سم وتسمى بالمجرى (Channel). يطل السطح الخارجي للجدار باللون الأسود لزيادة امتصاصية الجدار لأشعة الشمس. توضع الفتحات لدوران الهواء داخل المجرى من الأسفل والأعلى . تكون حركة الهواء داخل المجرى من الأسفل إلى الأعلى بعد كسبه للحرارة بطريقة الحمل الحر (Free Convection) من الجدار وطبقة الزجاج .

قام الباحث Felix Trombe^[3,2] ببناء عدد من البيوت تحتوي على جدار ترومب من الكونكريت بمساعدة المعماري Jacques Michel في مدينة Odeillo الفرنسية، وجاء بنموذج رياضي بسيط لحساب تدفق كمية الهواء في مجرى جدار ترومب . أما الباحثان Balcomb و McFarland^[4] قدما نموذجا "رياضيا" للأداء الحراري السنوي لجدار ترومب بدقة 3% مقارنة بالحاكاة الرياضية التي تجرى لحساب الأداء الحراري خلال كل ساعة .

قام الباحثان Akbari و Borger^[5,1] بإيجاد علاقة لحساب المعدل الحجمي لتدفق الهواء في مجرى جدار ترومب بالاستناد على حل المعادلات الاستمرارية والزخم والطاقة ،سميت هذه العلاقة بـ (Akbari Method) .

أما الباحثان Pratt و Karaki^[1,6] وجدوا في العلاقة السابقة إهمال لتأثير المسافة بين الفتحات السفلى والعليا للجدار، حيث وضعوا طريقة لحساب الخسارة الحاصلة في الطاقة بسبب المسافة العمودية للفتحات وسميت Pratt Method .

أما الباحث د. جمال حميد وهيب^[7] قام بمقارنة سعة الخزن الحراري بالسلك المثالي لجدار ترومب في ظروف مناخية لمدينة بغداد . المواد التي استخدمت في بناء الجدار من المواد المتغيرة الطور والمواد شائعة الاستخدام (الكونكريت ،الطابوق ،والحجر) . استنتج بان المواد المتغيرة الطور مثل الملح المائي والشمع من افضل المواد للجدار الحراري حيث كانت نسبة التوفير في الطاقة بحدود 40%.

تهدف هذه الدراسة الى معرفه مدى تاثير طبقات الزجاج على الاداء الحرارى لجدر ترومب بابعاد $(4 \times 3 \times 0.29)m^3$ في تدفئة غرفة بابعاد $(4 \times 4 \times 3)m^3$ كما موضح في الشكل (1) ومعرض الى الظروف المناخية لمدينة بغداد خلال شهر كانون الثاني . 1994^[8] وللوصول إلى أفضل أداء للمنظومة في توفير مناخ مناسب للمعيشة لتلك الغرفة، فقد تم اختياراً ربع حالات وعلى النحو التالي:-

- 1- جدار ترومب بدون التغطية من الخارج .
 - 2- تغطية جدار ترومب بطبقة زجاج ذو سمك 6 ملم.
 - 3- تغطية جدار ترومب بطبقتين زجاج ذو سمك 6 ملم.
 - 4- تغطية جدار ترومب بثلاث طبقات زجاج ذو سمك 6 ملم.
- جدار ترومب من الناحية الهندسية يحتوي على فتحة عليا و فتحة سفلى بقياس $(2 \times 0.3)m^2$ والمسافة العمودية بينهما 2 m بالاضافة الى عرض المجري 0.1m. أما بالنسبة للمواصفات الفيزيائية لمواد البناء المستخدمة في هذا النموذج من الغرفة والهواء اعتمد المصدر^[9]، وبخصوص قيم U لطبقات الزجاج فقد تم الاستعانة بالمصدر^[5] .

فرضيات البحث

- 1- الغرفة معزولة حرارياً من جميع الجوانب عدا الواجهة الجنوبية.
- 2- الموصلية الحرارية ثابتة للجدار في اتجاه المحاور الثلاثة.
- 3- انتقال الحرارة باتجاه محور x.
- 4- معدل درجات الحرارة في الغرفة المسموح بها من $23^\circ C$ الى $27^\circ C$.

الأنموذج الرياضي

تستخدم المعادلة العامة للتوصيل الحراري^[10] لحساب درجات الحرارة على جدار ترومب الموضح مقطعاً منه في الشكل (2) و مقسم إلى العدد (n) نقطة.

$$\frac{\partial}{\partial x}(k_x \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(k_y \frac{\partial T}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(k_z \frac{\partial T}{\partial z}) + q = \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} \quad \dots\dots\dots(1)$$

تبسط المعادلة (1) إلى معادلة فورير (Fourier equation) بناءً على الفرضية (2) وعدم احتواء الجدار على توليد داخلي للحرارة .

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} \quad (2)$$

حسب الفرضية (3) تبسط المعادلة (2) إلى

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} \quad (3)$$

يستخدم الحل العددي (Finite-Differences) لحل المعادلة (3) وتسمى المعادلة بعدها بـ (Explicit Finite-Difference Conduction equation) ومن خلالها تحسب درجات الحرارة لأية طبقة من الجدار ولأي زمن وكما يلي:-
1- لحساب درجة حرارة السطح الداخلي (0) من الشكل (2).
بما إن السطح (0) من الداخل يكون معرض الى انتقال حرارة بالحمل مع نقطة في منتصف الغرفة وكذلك انتقال الحرارة بالإشعاع مع الاسطح الخمسة المتبقية للغرفة ، لذا تكون الموازنة الحرارية حول النقطة (0) كما في المعادلة (4)^[10] .

$$\rho_w C p_w \frac{\Delta x}{2} \left(\frac{T_0^{t+1} - T_0^t}{\Delta t} \right) = k_w \left(\frac{T_1^t - T_0^t}{\Delta x} \right) + h i^t (T_r^t - T_0^t) + \sum_{j=1}^{j=5} h r_j^t (T_{0,j}^t - T_0^t) \quad (4)$$

$$\therefore M = \frac{(\Delta x)^2}{\alpha \Delta t} \text{ and } \alpha = \frac{k}{\rho_w C p_w} \quad (5)$$

$$T_o^{t+1} = \frac{2}{M} \left(T_1^t + \frac{\Delta x}{k_w} (h i^t T_r^t + \sum_{j=1}^{j=5} h r_j^t T_{0,i}^t) \right) + \left[1 - \frac{2}{M} \left(\frac{\Delta x}{k_w} (h i^t + \sum_{j=1}^{j=5} h r_j^t) + 1 \right) \right] T_o^t \quad (6)$$

2- استخدام المعادلة (6) لحساب درجة حرارة النقاط (1 إلى n-1) في الشكل (2)^[10]

$$T_1^{t+1} = \frac{1}{M}(T_0^t + T_2^t) + \left(1 - \frac{2}{M}\right)T_1^t \quad (7)$$

3- حساب درجة حرارة السطح الخارجي (n) من الشكل (2) .

بما ان السطح (n) من الخارج معرض الى انتقال الحرارة بالحمل مع وسط المجرى و بالاشعاع مع طبقة الزجاج بالاضافة الى سقوط اشعة الشمس عليه اثناء النهار، لذا تكون اجراء الموزانة الحرارية حول النقطة (n) كما في المعادلة (7)^[6].

$$\rho_w C p_w \frac{\Delta x}{2} \left(\frac{T_n^{t+1} - T_n^t}{\Delta t} \right) = k_w \left(\frac{T_{n-1}^t - T_n^t}{\Delta x} \right) + h_w^t (T_A^t - T_n^t) + h r^t (T_g^t - T_n^t) + \varepsilon . q_s \dots (8)$$

$$T_n^{t+1} = \frac{2}{M} \left(T_{n-1}^t + \frac{\Delta x}{k_w} (h_w^t . T_A^t + h r_g^t . T_g^t + \varepsilon . q_s) \right) + \left[1 - \frac{2}{M} \left(\frac{\Delta x}{k_w} (h_w^t + h r_g^t) + 1 \right) \right] T_n^t . (9)$$

$$\therefore \Delta x = \frac{t}{n} \quad (10)$$

لغرض استقرارية كل من المعادلات (6,7,9) ودقة في نتائجها يجب اختيار اكبر قيمة لـ (M) من المعادلات التالية :-

$$M \geq 2 \left(\frac{\Delta x}{k_w} (h i^t + \sum_{j=1}^{j=5} h r_j^t) + 1 \right) \quad (11)$$

$$M \geq 2 \quad (12)$$

$$M \geq 2 \left(\frac{\Delta x}{k_w} (h_w^t + h r_g^t) + 1 \right) \quad (13)$$

أما لإيجاد درجة الحرارة لكل من سطح الزجاج ومنتصف المجرى ودخول الهواء الى الغرفة من الفتحة العليا تحسب من المعادلات (14) إلى (18)^[6].

$$T_g^{t+1} = (h_g^{t+1} T_A^{t+1} + hr_w^{t+1} T_n^{t+1} + T_a^{t+1} / R) / (h_g^{t+1} + hr_w^{t+1} + 1 / R) \quad (14)$$

$$T_A^t = \frac{(T_i^t + T_o^t)}{2} \quad (15)$$

$$R = \frac{1}{ho.A_g} + \frac{1}{U} \quad (16)$$

يتم احتساب قيم كل من $(hr, hi, ho, h_g, hr_w, Gr)$ من المعادلات الواردة في الملحقين (A,B) أما لحساب T_o لأي زمن تستخدم المعادلات (17,18,19)^[1].

$$T_o^{t+1} = \frac{T_n^{t+1} + T_g^{t+1} + T_o^t (C - 1)}{1 + C} \quad (17)$$

$$C = m_a \cdot Cp_a / h_a \quad (18)$$

$$h_a = \frac{h_w + h_g}{2} \quad (19)$$

تحسب كمية التدفق الحجمي للهواء في المجرى بطريقة (Akbari Method) كما في المعادلات (20 الى 26)^[2,11].

$$Q = \nu Gr 10^{(C_1 + C_2 \cdot \log L + C_3 \cdot (\log L)^2)} \quad \dots\dots (20)$$

$$C_1 = 0.0851 \{1 - \exp[-3.412(\theta_g - 0.4217)]\}^2 - 0.92 \quad \dots\dots(21)$$

$$C_2 = 0.1331 + 0.6563 \exp(-8.521\theta_g) \quad \dots\dots(22)$$

$$C_3 = 0.0619 + 0.07125 \exp(-6.762\theta_g) \quad \dots\dots(23)$$

$$\theta_g = \frac{(T_g - T_o)}{(T_m - T_o)} \quad \dots\dots(24)$$

$$L = l/(Gr.b) \quad \dots\dots(25)$$

$$u = \frac{Q}{A_c \times l} \quad \dots\dots\dots(26)$$

استخدم Pratt Method لحساب مقدار الخسارة في الطاقة التي تحدث بسبب المسافة العمودية بين الفتحات العليا والسفلى للمجرى بالمعادلتين (28,27) [6].

$$f = 0.5K.u^2 \quad \dots\dots(27)$$

$$K = \left[\frac{1}{0.608B(1 - B^{2.6})(1 + (t/d)^{3.5}) + B^{3.6}} - 1 \right] \quad \dots\dots(28)$$

مناقشة النتائج

تم أعداد برنامج بلغة QBASIC لمحاكاة المعادلات الرياضية الخاصة بالحالات الأربعة التي بحثت في هذه الدراسة و كانت نتائج البرنامج هي حساب توزيع درجات الحرارة في جدار ترومب والتغير الحاصل في درجة الحرارة عند وسط الغرفة خلال شهر كانون الثاني لسنة 1994م .

لغرض معرفة الأداء المناسب للجدار للحالات المذكورة ومقارنتها، فقد تم اختيار نتائج اليوم الثامن بسبب سوء الظروف المناخية مقارنة بالأيام الأخرى خلال ذلك الشهر. عند تعبير النتائج على شكل علاقات بيانية كما في الأشكال (3,4,5,6) والتي تمثل علاقة (T_n-t) للحالات الرابعة على التوالي ، يلاحظ تأثير كبير لتغطية الجدار من الخارج على توزيع درجات الحرارة في الجدار. كما تبين من الأشكال المذكورة بان أعلى وأدنى قيمة لدرجات الحرارة للسطحين الخارجي والداخلي حدثتا عند الساعتين (6AM،2PM) و (12PM،12AM) ، وكانت قيم درجتي الحرارة العليا والدنيا على السطح الخارجي للحالات الأربعة على التوالي هي -26.5 (10.7°C و 50.7-29.8°C و 54.1-32.8°C

و $^{\circ}\text{C}$ (56-34.9) أما قيم درجتي الحرارة العليا والدنيا على السطح الداخلي للحالات الأربعة المذكورة على التوالي هي $^{\circ}\text{C}$ (16.1-12.5) و $^{\circ}\text{C}$ (25.3-29.6) و $^{\circ}\text{C}$ (27.3-31.9) و $^{\circ}\text{C}$ (28.9-33.6) .

كما يلاحظ أيضا" من الأشكال اعلاه بان قيم درجات حرارة على جدار ترومب للحالة الأولى تقل مقارنة" بقيم درجات الحرارة للجدار في الحالات الثلاثة الأخرى إلى 50%، كما هنالك فرق بين درجات الحرارة للحالات الثلاث التي يكون فيها جدار ترومب مغطى بالزجاج وبمعدل درجتان بين كل من الحالتين المتتاليتين.

كما يلاحظ تأثير كبير لتغطية الجدار من الخارج على درجة حرارة وسط الغرفة للحالات الأربعة كما موضح في الشكل (7) ، حيث كان معدل درجات الحرارة في وسط الغرفة $^{\circ}\text{C}$ 13.57 و $^{\circ}\text{C}$ 26.75 و $^{\circ}\text{C}$ 28.75 و $^{\circ}\text{C}$ 30.25 للحالات الأربعة بينما معدل درجة الحرارة للجو كان $^{\circ}\text{C}$ 10.95 بالإضافة إلى ذلك يلاحظ بان اتجاه انتقال الحرارة خلال الجدار طيلة ساعات اليوم من الخارج إلى داخل الغرفة للحالات الأربعة باستثناء الأوقات من 6AM إلى 10PM في الحالة الأولى يكون اتجاه انتقال الحرارة فيها معكوسا" أي من داخل الغرفة إلى الخارج .

الاستنتاجات والتوصيات

في الحالات الأربعة التي جاءت في هذه الدراسة تعتبر الحالة الرابعة هي أفضل الحالات من ناحية الخزن الحراري للجدار وهي تعد منظومة جيدة للتدفئة ولكن سعتها الحرارية لا تناسب الغرفة بالمواصفات المذكورة في هذه الدراسة ،كون درجات الحرارة داخل الغرفة أعلي من $^{\circ}\text{C}$ 27 ، كذلك بالنسبة للحالة الثالثة أيضا" ولكن بإمكان جعلهما ثلاثمان في تدفئة تلك الغرفة إذا قل من سمك جدارهما بما يضمن الخزن الحراري لإعطاء معدل درجة الحرارة للغرفة قريب من $^{\circ}\text{C}$ 27.

أما انسب حالة بين الحالات الأربعة لتدفئة تلك الغرفة هي الحالة الثانية حيث كان معدل درجات الحرارة فيها $^{\circ}\text{C}$ 26.5، كذلك اقتصاديا" من حيث كلفة الزجاج وصيانته اقل من الحالتين الثالثة والرابعة ،أما في الحالة الأولى كان معدل درجات الحرارة للغرفة متدنية جدا" وهي لا تناسب المعيشة.

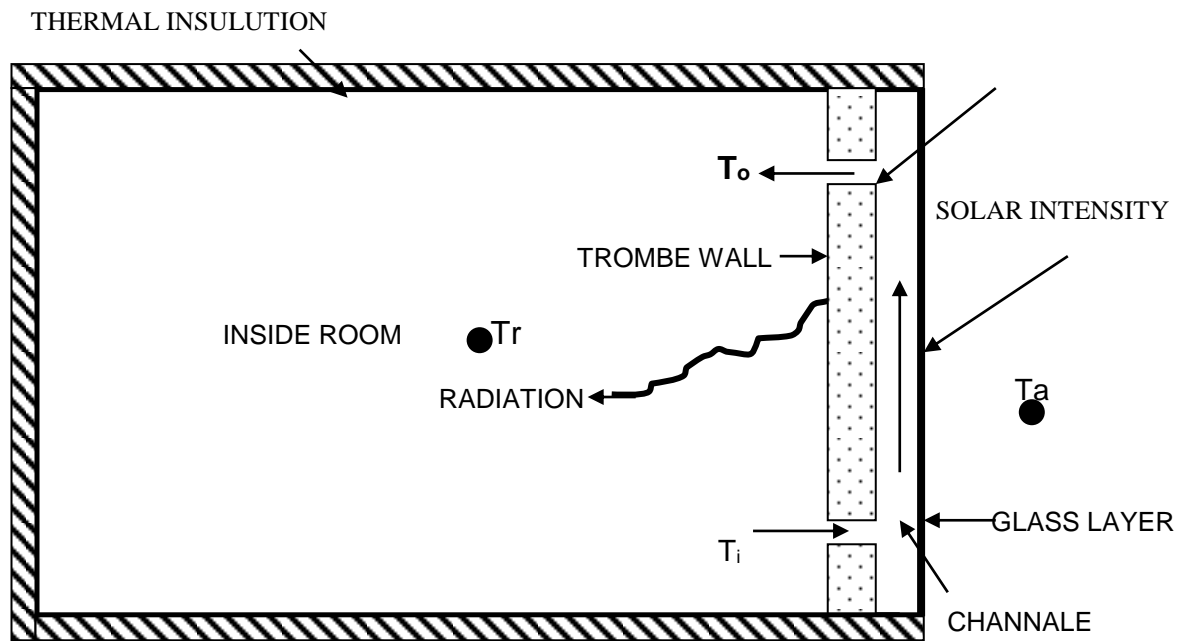
لغرض تطوير نتائج هذا البحث، ولتوخي نتائج أفضل في الحسابات فأنا نوصي بدراسة تأثير كل من الغطاء الزجاجي مع عرض المجرى على أداء الخزن الحراري لجدار ترومب في غرفة غير معزولة حرارياً".

المصادر

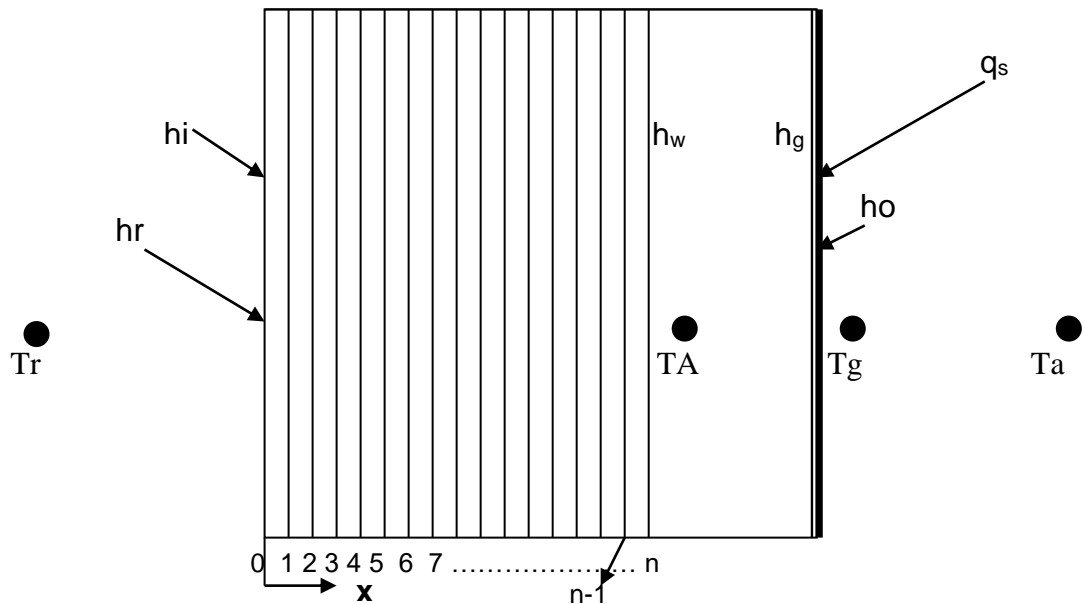
1. J. Richard Williams (1983) “ Passive Solar Heating ” Ahn Arbor Science publisher, pp. 1-13.
2. Trombe, F., J. R. Robert, M.Cabanat and B. Secolis (1976) “ Some Performance Characteristics of the CNRS Solar House Collectors” in proceedings of the Heating and Cooling Conference and Workshop, ERDA Report LA-6637-C, pp. 201 – 222.
3. Trombe, F., et al. (1975) “Some Performance Characteristics of the CNRS Solar Houses” in Transactions of the 1975 International solar Energy Congress (Newark, DE: American section, International Solar Energy Society) , pp. 366 – 367.
4. Balcomb, J. D., and R. D. McFarland (1978) “A Simple Empirical Method for Estimating the Performance of a Passive Solar Heated Building of the Thermal Storage Wall Type” in proceedings of the Second National Passive Solar Conference, Passive Solar State of the Arts, Vol.2, (Newark, DE: American section, International Solar Energy Society), pp.377-389.

5. Akbari, H., and T. R. Borghers (1978) “ Free Convective Laminar Flow Within the Trombe Wall Channel” Lawrence Berkeley Laboratory Report LBL-7802.
6. Pratt, R. G., and S. Karaki (1979) “ National Convection Between Vertical Plates with External Frictional Losses – Application to Trombe Walls” in proceedings of the Third National Passive Solar Conference, Passive Solar State of the Arts, Vol.3, (Newark, DE: American section, International Solar Energy Society), pp.61-68.
7. جمال حميد وهيب (2004) “استخدام الأملاح والشمع كمواد خزن حرارية في حائط ترومب” مجلة التقني، المجلد السابع عشر، العدد 1 - 2004.
8. Solar Energy Research Center, Solar Radiation Laboratory (1994) ”Solar Radiation and Collateral Weather Data for Baghdad City, January, 1994.
9. ASHRAE “Handbook of Fundamentals” ,2001.Chapter 30, Email: ashrae@ashrae.org.
10. Yunus A. Cengel (1998) “Heat Transfer A Practical Approach” WCB/ McGraw-Hill Co., pp. 303 – 320.
11. U.S. Department of Energy ,Energy Efficiency and Renewable Energy “Solar Heat Gain Control for Windows” ,
Content Last
Updated 05/04/2004. www.Eenergy%20Savers%20Solar%20Heat%20Gain%20Control.
12. Pratt A. W. “Heat Transmission in Buildings” John Wiley and Sons Ltd. 1981.

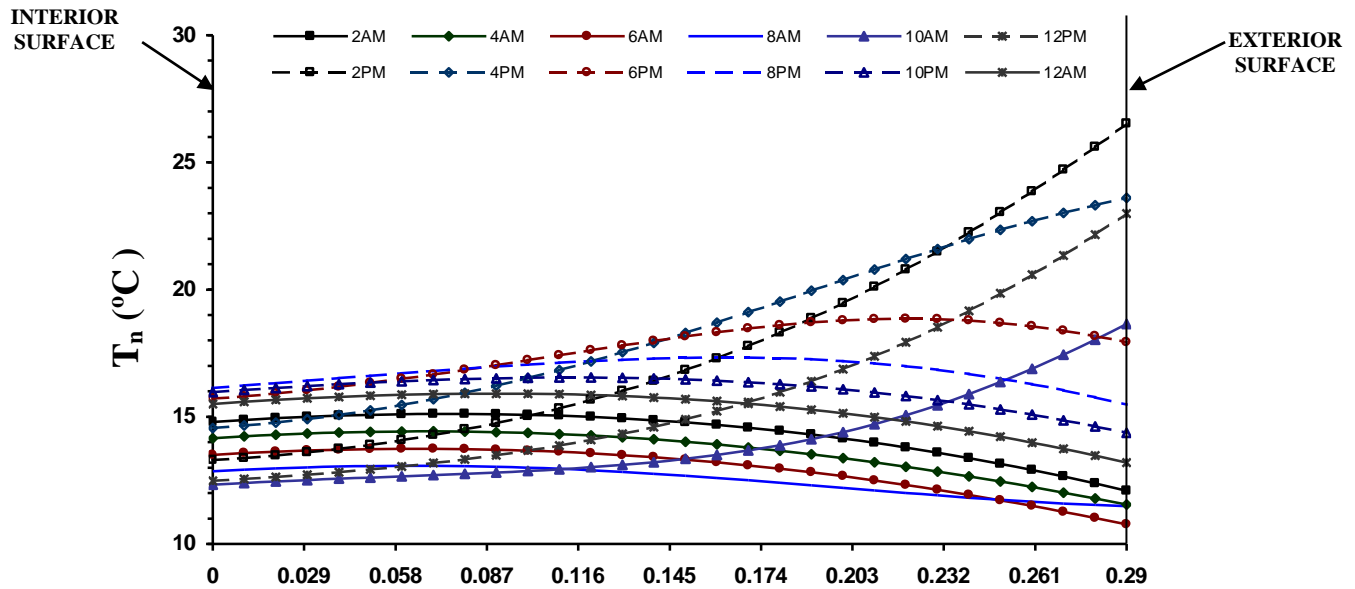
13. Donald R. Pitts, and Leighton E. Sissom (1977) "Heat Transfer" Schaum's Outline Series, Theory and Problems, McGraw-Hill-Book Co. pp.85-89 and pp. 201-204.
14. Khalifa A. J. N. , and R. H. Marshall "Validation of Heat Transfer Coefficient on Interior Building Surface Using a Real-Size Indoor Test Cell" Int. J. Heat Mass Transfer, Vol.33, No.10, pp.2219-1136, 1990.



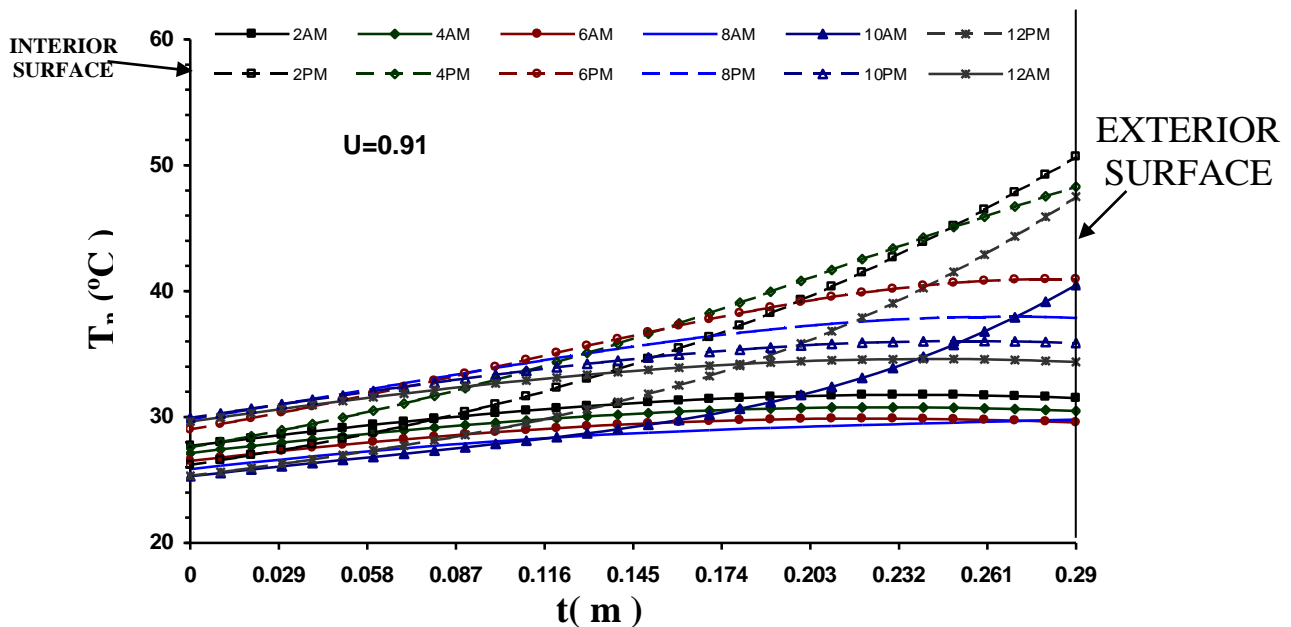
شكل (1) المخطط التوضيحي لجدار ترومب من الكونكريت^[5]



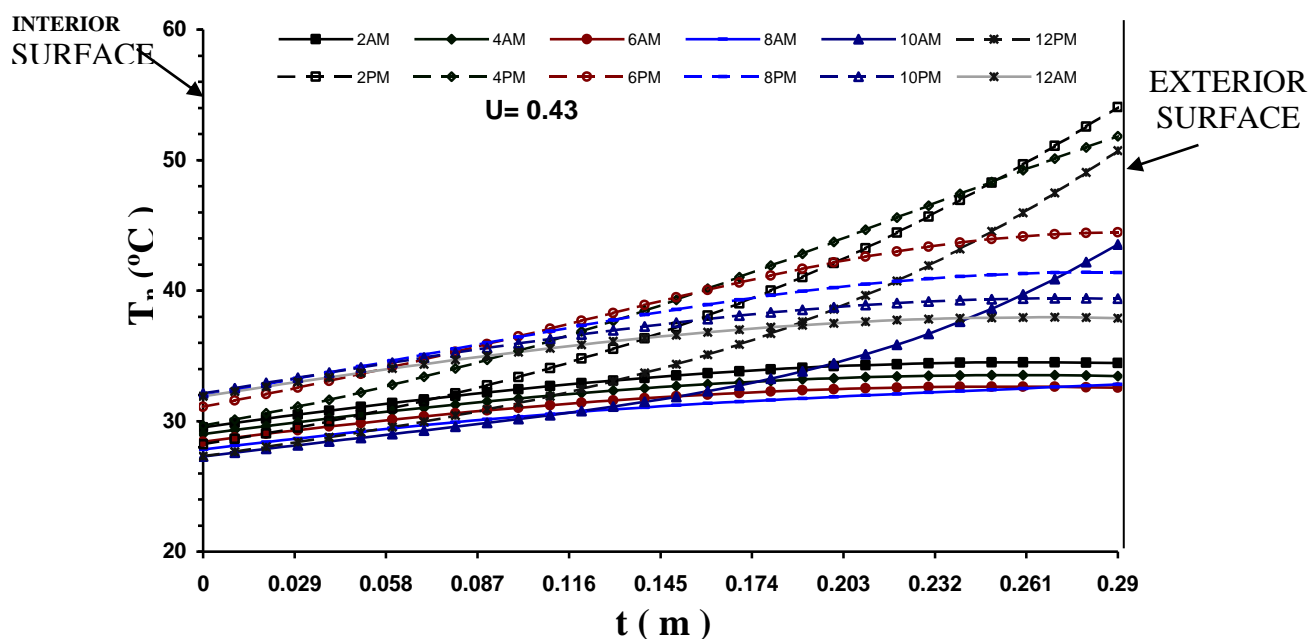
شكل (2) المخطط التوضيحي لمقطع من جدار ترومب مثبت عليه الظروف المناخية المتاخمة له^[5]



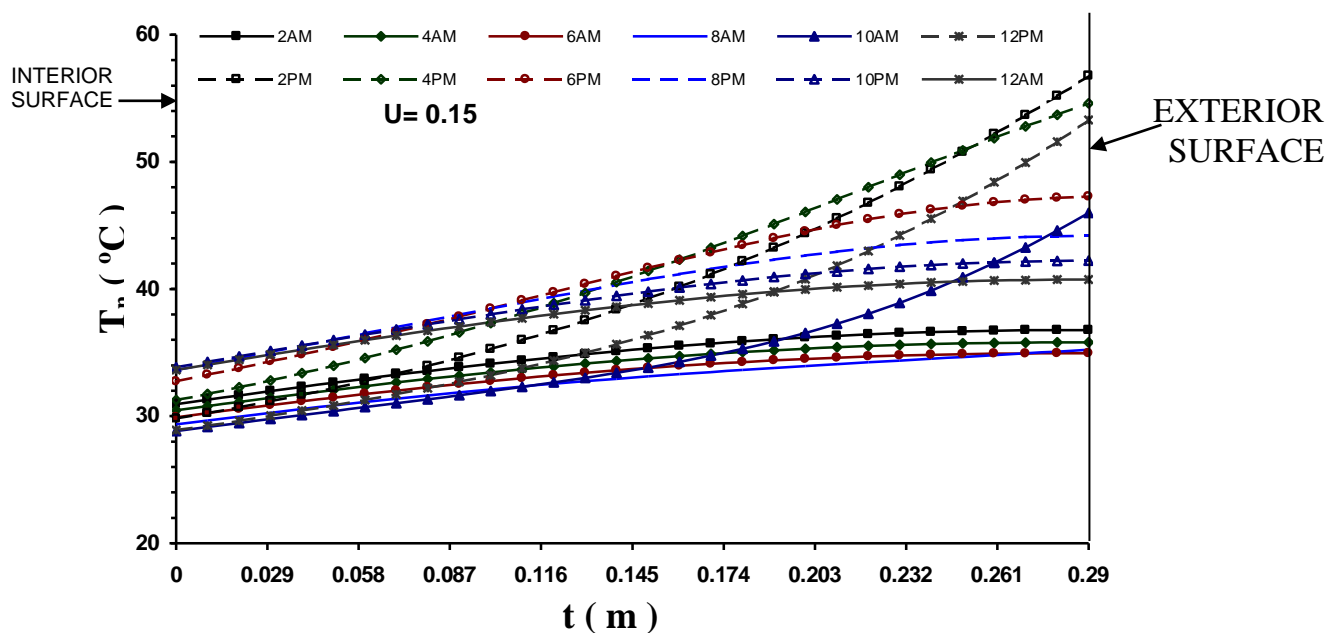
شكل (3) توزيع درجات الحرارة في جدار ترومب بدون تغطية سطحه الخارجي
بالزجاج تحت الظروف المناخية لمدينة بغداد ليوم 1994/1/8



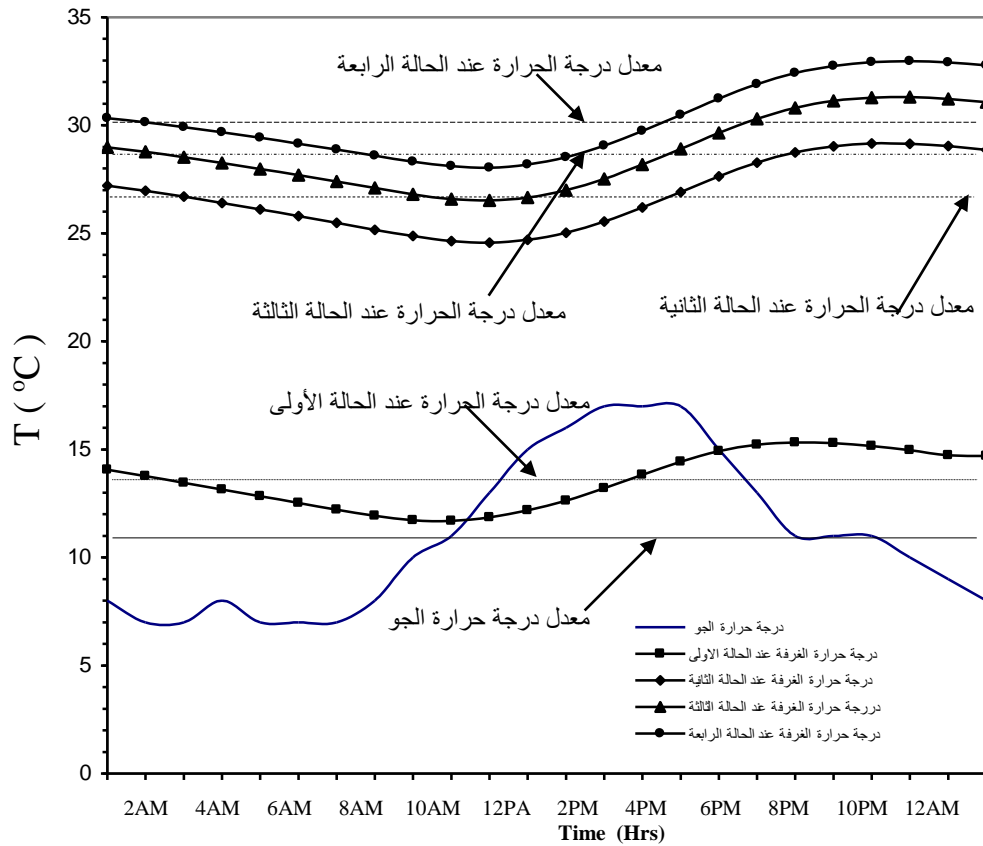
شكل (4) توزيع درجات الحرارة في جدار ترومب مغطى سطحه الخارجي بطبقة
من الزجاج تحت الظروف المناخية لمدينة بغداد ليوم 1994/1/8



شكل (5) توزيع درجات الحرارة في جدار ترومب مغطى سطحه الخارجي بطبقتين
الزجاج تحت الظروف المناخية لمدينة بغداد ليوم 1994/1/8



شكل (6) توزيع درجات الحرارة في جدار ترومب تغطى سطحه الخارجي بثلاث
طبقات من الزجاج تحت الظروف المناخية لمدينة بغداد ليوم 1994/1/8



شكل (7) تغير درجات الحرارة لكل من درجة حرارة الجو ودرجة حرارة الغرفة المكيفة بجدار ترومب للحالات الأربعة مع الزمن تحت الظروف المناخية لمدينة بغداد ليوم

ملحق A

نماذج من الصيغ الرياضية المستخدمة في حساب الحمل الحر

الأسطح الصيغة الرياضية حدود التطبيق

A. السطح العمودي (الارتفاع = L) [13] $Nu = 0.59Ra^{1/4}$ $10^4 < Ra < 10^9$

$10^9 < Ra < 10^{12}$ $Nu = 0.125Ra^{1/3}$

B. السطح الأفقي (متوسط الأبعاد) [13]

• السطح العلوي ساخن والسفلي بارد $Nu = 0.54Ra^{1/4}$ $10^5 < Ra < 2 \times 10^7$

$2 \times 10^7 < Ra < 3 \times 10^{10}$ $Nu = 0.14Ra^{1/3}$

• السطح العلوي بارد والسفلي ساخن $Nu = 0.44Ra^{0.2}$ $10^5 < Ra < 2 \times 10^7$

C. دوران هواء الساخن في المجرى [14]

• للسطح

$$2 \times 10^9 < Gr < 8 \times 10^9 \quad Nu = 0.201 Gr^{0.293}$$

$$Gr > 8 \times 10^9 \quad Nu = 0.045 Gr^{0.358}$$

• للزجاج

$$2 \times 10^9 < Gr < 8 \times 10^9 \quad Nu = 0.221 Gr^{0.27}$$

$$Gr > 8 \times 10^9 \quad Nu = 0.0437 Gr^{0.341}$$

ملحق B

الكميات اللابعديّة Dimensionless Quantity

الكمية	المعادلة
A. رقم برانتل	$P_r = \frac{V_a}{\alpha_a}$
B. رقم كراشوف	$Gr = \frac{g\beta(T_1 - T_2)x^3}{\nu^2}$
C. رقم نصلت	$Nu = \frac{hx}{k_a}$
D. رقم رايلي	$Ra = Gr \times P_r$
* للأسطح الداخلية	$(T_1 - T_2) = (T_0 - T_r) \quad , \quad x = L$
الأسطح داخل المجرى	$(T_1 - T_2) = (T_n - T_g) \quad , \quad x = b$

الملاحظة

- حساب معامل انتقال الحرارة بين سطحين (A و B) [1]

$$hr = \left[\frac{\sigma(T_A^4 - T_B^4)}{\frac{1}{\varepsilon_A} + \frac{1}{\varepsilon_B} - 1} \right] / (T_A - T_B)$$

- حساب معامل انتقال الحرارة بالحمل خارج الغرفة [12]

$$ho = 5.7 + u_{win}$$

STUDY THE EFFECT OF GLASS LAYERS ON THERMAL PERFORMANCE OF TROMBE WALL

Ihsan Fadel Abbas

**Assistant Lecturer
Technical Institute-Al-Haweja**

ABSTRACT

The energy of solar intensity is very important in our life, not only for industrial and human needs, but also for living beings on earth. One of the advantages of solar intensity is using it in heating and cooling field in a number of activities among them the passive use. Thus can be done by using storage wall called (Trombe Wall).

The effective of glass layers have been studies they are used to cover trombe wall from outside to measure its performance, selecting four conditions(i.e) (non-covering, single, double, and treble layers of glasses).

The study shows that trombe wall in second condition with dimension $(4 \times 3 \times 2.9) \text{ m}^3$ gives the best result in heating a room with dimension $(4 \times 4 \times 3) \text{ m}^3$. Under an environment condition of Baghdad city in Jan., 1994 in comparison with the other conditions. The average room temperature was approximately 26.75°C , it is among within included in average temperature allowable range $(23-27)^\circ\text{C}$. But the systems of heating in the third and fourth conditions have heat capacity higher than the demand; they can be adjusted to be suitable for their room if reducing the thickness of the wall until

gives an among within included an average temperature allowable range .

KEYWORDS

Passive Solar Heating Use in Building)