

تأثير خواص البيت الزجاجي (Sunspace) في حمل التدفئة ودرجة الحرارة الداخلية في الأبنية السكنية

الدكتور رامي جورج*

آنا قدسية**

(تاريخ الإيداع 2012 / 6 / 21. قُبِلَ للنشر في 2013 / 1 / 21)

□ ملخص □

يهدف البحث إلى دراسة تأثير خواص البيت الزجاجي (Sunspace) في حمل التدفئة ودرجة الحرارة الداخلية للبناء المدروس والملاصق للبيت الزجاجي وذلك باستخدام برنامج المحاكاة TRNSYS عند الشروط المناخية الساعية لمدينة اللاذقية.

أظهر البحث أن أفضل سماكة وسعة حرارية حجمية لجدار البيت الزجاجي هي [20cm] و [2000kJ/m³°C] على الترتيب، حيث نحصل على أعلى نسبة وفر في حمل التدفئة مقدارها [%]83.8 وعند أية زيادة لكليهما يكون مقدار الزيادة أقل من [%]1. كما وجدنا أن أفضل قيمة لعامل الإيصالية الحرارية للجدار هي [1W/m°]C ومع زيادته عن هذه القيمة يكون مقدار الزيادة في نسبة الوفر أقل من [%]1.

أظهر البحث انخفاضاً واضحاً في حمل التدفئة مع زيادة عامل امتصاصية كل من جدار البيت الزجاجي وأرضيته، حيث تكون نسب الانخفاض في حمل الذروة الأعظمي هي [%]39.95 و [%]46.77 من أجل $\alpha_w = \alpha_g = 0.5$ و $\alpha_w = \alpha_g = 0.9$ على الترتيب وهذا يقلل من استطاعة نظام التدفئة المطلوب. كما أظهر البحث ارتفاعاً واضحاً في درجة الحرارة الداخلية بتحسين خواص البيت الزجاجي حيث نحصل على أكبر زيادة في درجة الحرارة مقدارها [12.85°C] وهذا يحسن الارتياح الحراري ضمن البناء ويقلل استهلاك الوقود التقليدي.

الكلمات المفتاحية: البيت الزجاجي - تخزين الطاقة الحرارية - تدفئة سلبية - برنامج محاكاة TRNSYS.

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

** قائمة بالأعمال - قسم الميكانيك العام - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق - دمشق - سورية

Influence of Sunspace Properties upon Heating Load and Interior Temperature of Residential Buildings

Dr. Rami George*
Anna Kudsia**

(Received 21 / 6 / 2012. Accepted 21 / 1 / 2013)

□ ABSTRACT □

The objective of this study is to assess the influence of Sunspace properties attached to building on heating load and interior temperature of building using simulation program TRNSYS for the hourly Lattakia's weather conditions.

This research shows that the best values of thickness and heat capacity of Sunspace wall are 20[cm] and 2000[kJ/m³°C] respectively, where we got the highest energy saving ratio about 83.8[%]. Also we got the best value of wall conductivity equal to 1[W/m°C]. And with any increase above these values the increase of saving ratio will be less than 1[%].

This research shows reduction of heating load with increasing the absorptivity of wall and ground of Sunspace. The reduction ratios of maximum peak load are 39.95[%] and 46.77[%] for $\alpha_w=\alpha_g=0.5$ and $\alpha_w=\alpha_g=0.9$ respectively, which reduce the power of required heating system. Also this research showed significant increase of interior temperature with improving the properties of Sunspace, where the maximum increase in temperature is 12.85[°C] which improves the thermal comfort in building and reduces consumption of conventional energy.

Key words: Sunspace, Thermal energy storage, Passive heating, TRNSYS program

* Professor, Mechanical Power Engineering Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Academic Assistant, Power Engineering Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University, Damascus, Syria.

مقدمة

إن التزايد المستمر في عدد السكان والنمو الاقتصادي المتزايد أدى إلى ازدياد الطلب على الطاقة ولاسيما من أجل تدفئة الأبنية السكنية وتبريدها لتأمين الشعور بالارتياح الحراري لقاطني الأبنية. إن التلوث البيئي الناتج عن مخلفات الوقود التقليدي بالإضافة إلى الارتفاع المتزايد في ثمن الوقود التقليدي واحتمال نضوبه في المستقبل القريب دفع الباحثين للعمل على ترشيد استهلاك الطاقة التقليدية وذلك باللجوء لاستخدام الطاقات المتجددة والتي تعدّ الطاقة الشمسية إحدى أهم هذه الطاقات النظيفة غير الملوثة للبيئة والتي لا تتضب. لذلك لجأ الباحثون إلى الاهتمام بتطبيقات الطاقة الشمسية في تدفئة الأبنية وتبريدها باستخدام أنظمة التدفئة والتبريد الشمسية سواء الفعالة أو السلبية. إن أنظمة التدفئة الشمسية السلبية لا تحتوي على أجهزة ميكانيكية لالتقاط الطاقة الشمسية وتخزينها بل تؤدي مكونات البناء دور اللاقط والخزان الحراري للطاقة الشمسية من أجل تأمين التدفئة للأبنية. يعدّ البيت الزجاجي (Sunspace) واحداً من أنظمة التدفئة الشمسية السلبية الذي يربط مباشرة بالبناء المراد تدفئته، وبالتالي يمكن عدّه لاقطاً شمسياً وخزاناً حرارياً إذ إن الإشعاع الشمسي المار من خلال الزجاج يمتص من قبل جدار البيت الزجاجي وأرضيته، ويخزن على شكل حرارة محسوسة. إن الفراغ بين الزجاج والجدار للبيت الزجاجي كبير إلى حد يمكن استعماله كغرفة إضافية أو مكان للزراعة. يتم انتقال الحرارة من البيت الزجاجي إلى داخل البناء الملاصق له إما عن طريق الإشعاع والحمل من السطح الداخلي لجدار البيت الزجاجي، أو عن طريق الحمل بمرور هواء البناء البارد إلى البيت الزجاجي من خلال فتحات موجودة في أسفل وشم دخول الهواء الساخن عبر فتحات في أعلى الجدار إلى البناء الملاصق والمراد تدفئته.

إن ترشيد استهلاك الطاقة التقليدية في الأبنية وحماية البيئة من التلوث الناتج عن مخلفات الوقود التقليدي جعل الباحثين يلجؤون إلى استخدام الأشكال المختلفة لأنظمة تدفئة الأبنية السلبية. فمنهم من درس تأثير استخدام الجدار الخازن للحرارة وخواصه في حمل التدفئة في الأبنية السكنية [1] و[2] و[3]. وهناك من قام بمقارنة تجريبية لأنواع مختلفة من أنظمة التدفئة السلبية لتحديد شروط الشعور بالارتياح الحراري في الأبنية [4]. ومنهم من استخدم طرق مختلفة للتحليل الحراري وتحديد الوفر في الطاقة الكهربائية للبناء الملاصق للبيت الزجاجي [5] و[6]. بعض الباحثين قدم نموذجاً رياضياً جديداً من أجل التحليل الحراري للبيت الزجاجي ومقارنته تجريبياً من خلال تحديد درجة حرارة الهواء داخل البيت الزجاجي [7] و[8]، وآخرون أوجدوا نموذجاً رياضياً مبسطاً لتحديد عامل امتصاصية الإشعاع الشمسي في البيت الزجاجي [9].

أهمية البحث وأهدافه

تشيد معظم الأبنية الحديثة في سورية معمارياً دون الأخذ بعين بالحسبان أهمية مكونات البناء في امتصاص الطاقة الشمسية وتخزينها على شكل حرارة محسوسة للاستفادة منها في عملية التدفئة، لذلك تكمن أهمية البحث في الاستخدام الأمثل للبيت الزجاجي الملاصق للبناء من أجل الاستفادة المثلى من الطاقة الشمسية في تأمين التدفئة، والشعور بالارتياح الحراري لسكان البناء، والذي يؤدي بدوره إلى تخفيض استهلاك الوقود التقليدي المطلوب لنظام التدفئة.

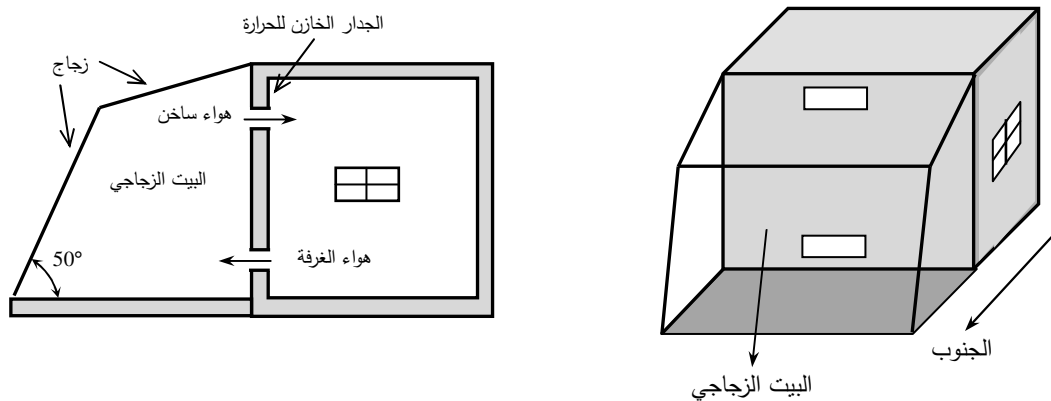
إن كمية الحرارة المخزنة في جدار البيت الزجاجي وأرضيته وعملية انتقالها إلى داخل البناء الملاصق له تعتمد على خواص مكونات البيت الزجاجي، لذلك يهدف هذا البحث إلى تقييم الأداء الحراري للبيت الزجاجي (Sunspace) الملاصق للبناء من خلال دراسة تأثير خواص مكونات البيت الزجاجي (Sunspace) في حمل التدفئة ودرجة حرارة

الهواء الداخلية الساعية لبناء واقع في مدينة اللاذقية من أجل تحديد الخواص المثلى للبيت الزجاجي المراد استخدامه. يعدّ البيت الزجاجي أحد أنظمة التدفئة الشمسية السلبية للأبنية السكنية، حيث يمثل نظام التقاط الطاقة الشمسية وتخزينها عبر مكوناته من أجل تزويد داخل البناء الملاصق عند الحاجة بالحرارة، من خلال تحديد الخواص المثلى لمكونات البيت الزجاجي يتم رفع درجة الحرارة الداخلية وتحسين الشعور بالارتياح الحراري للقاطنين في البناء، بالإضافة إلى تخفيض حمل التدفئة الذي يؤدي بدوره إلى تقليل استهلاك الطاقة التقليدية المطلوبة لنظام التدفئة الفعال وأيضاً إلى حماية البيئة من التلوث الناتج عن مخلفات الوقود التقليدي.

طرائق البحث ومواده

تم استخدام برنامج المحاكاة TRNSYS [10] الذي يعدّ أكثر برامج المحاكاة استخداماً وشيوعاً لتقييم السلوك الحراري الديناميكي للأبنية، حيث يأخذ بالحسبان تأثير متغيرات متعددة كالمعطيات المناخية ومكونات البناء واتجاهه ، بالإضافة إلى تأثير خواص مكونات البيت الزجاجي (Sunspace) في حمل التدفئة الكلي ودرجة الحرارة الداخلية. يقوم البرنامج بإجراء محاكاة للسلوك الحراري الديناميكي للبناء خلال فترة زمنية محددة وفقاً للمتغيرات السابقة وفي نهاية المحاكاة نستطيع معرفة مقدار الانخفاض (نسبة الوفر) في حمل التدفئة وأيضاً الارتفاع في درجة الحرارة الداخلية من أجل خواص ومتغيرات مختلفة للبيت الزجاجي.

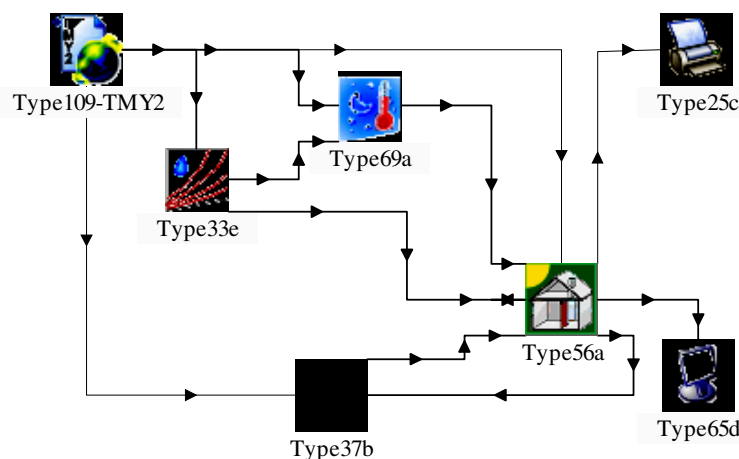
تم دراسة تأثير خواص البيت الزجاجي في حمل التدفئة ودرجة الحرارة الداخلية بإجراء المحاكاة الساعية ومقارنة النتائج عند المعطيات المناخية نفسها لمدينة اللاذقية على غرفتين متشابهتين أبعاد كل منهما [m] (3×3×3)، وتحتوي كل منهما على نافذة أبعادها [m] (1×1.5)، على كل من الجدار الشرقي والغربي وتتكون الجدران من توريقة أسمنتية من الخارج والداخل سماكتها [cm] 1.5 ومن بلوك اسمنتي مفرغ سماكته [cm] 20، الغرفة الأولى دون بيت زجاجي والثانية متصلة ببيت زجاجي (Sunspace) على الاتجاه الجنوبي للغرفة كما هو مبين في الشكل (1) حيث سماكة الزجاج [cm] 0.4 ومعامل أحادي الطول الموجي للامتصاص $K_{\lambda}=6.5[m^{-1}]$.



الشكل (1) البيت الزجاجي الملاصق للبناء المستخدم في البحث

يبين الشكل (2) مخططاً لمكونات النظام وفق برنامج المحاكاة TRNSYS الخاص بالبناء المدروس، ورقم كل مكون، وعملية ربط هذه المكونات بعضها مع بعضها الآخر، من أجل محاكاة السلوك الحراري الديناميكي للبناء، إن كل مكون هو عبارة عن برنامج جزئي يدعى عادة Type ويعرف كل Type برقم مميز يرمز إلى وظيفة المكون. إن المكون الرئيسي في نظام المحاكاة TRNSYS الخاص بالبناء هو Type56a ويرمز إلى البناء متعدد المناطق الحرارية (Multi-Zone building) ويتم فيه إنشاء البناء المدروس وإدخال أبعاد وخواص مكوناته. والمكون Type37b يرمز إلى البيت الزجاجي (Sunspace) حيث يتم فيه تغيير الخواص الحرارية وأبعاد مكونات البيت الزجاجي المستخدم. المكون Type69a يرمز لحساب درجة حرارة السماء والمكون Type33e يرمز لحساب الرطوبة النسبية والمكون Type25c يرمز للطابعة والمكون Type65d يرمز إلى الراسم لإظهار النتائج التي يتم الحصول عليها من البرنامج بعد إدخال الثوابت والمتغيرات المتعلقة بكل مكون.

تم الحصول على قيم الإشعاع الشمسي الساعية الساقط على سطح أفقي والمعطيات المناخية لمدينة اللاذقية باستخدام برنامج Meteororm [11]. حيث يتم الحصول على ملف المعطيات المناخية بالتنسيق المعياري TMY والذي تتم قراءته من قبل برنامج TRNSYS باستخدام مكون (Type109-TMY2) الذي يقوم بحساب شدة الإشعاع الشمسي الساقط على جدران البناء والبيت الزجاجي.



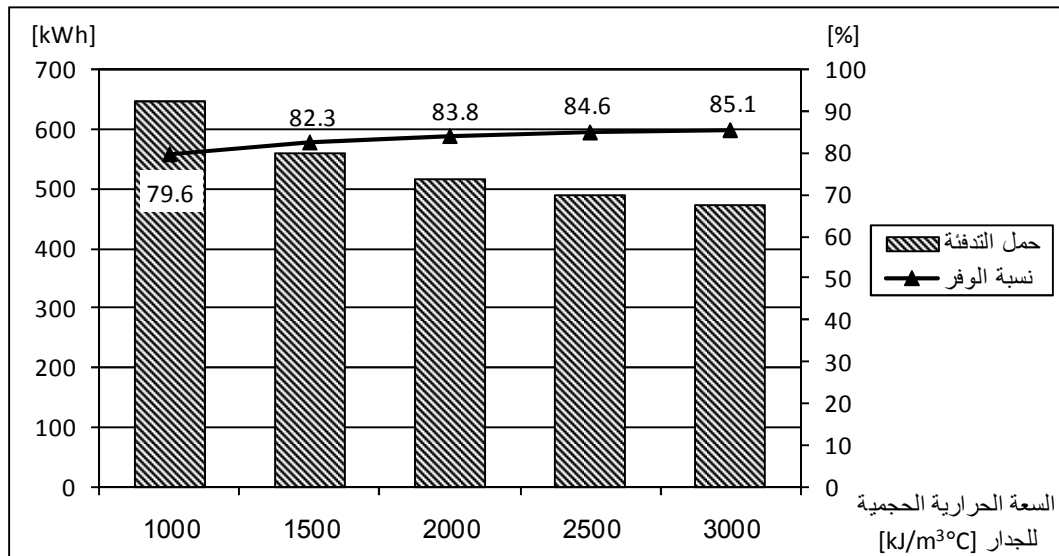
الشكل (2) لوحة محاكاة البناء وفق برنامج TRNSYS

النتائج والمناقشة

تأثير السعة الحرارية الحجمية لجدار البيت الزجاجي في حمل التدفئة الكلي ونسبة الوفر

يبين الشكل (3) تأثير السعة الحرارية الحجمية لجدار البيت الزجاجي الملاصق للواجهة الجنوبية للبناء المدروس على حمل التدفئة الكلي ونسبة الوفر في هذا الحمل الناتج من إجراء المحاكاة الساعية خلال كامل فصل الشتاء. نلاحظ من الشكل (3) أنه مع زيادة السعة الحرارية الحجمية ينخفض حمل التدفئة الكلي وبالتالي تزداد نسبة الوفر في هذا الحمل، وهذا ناتج عن تخزين كمية أكبر من الحرارة في جدار البيت الزجاجي خلال النهار (عطالة حرارية)، وبالتالي تزويد طاقة حرارية أكبر للغرفة الملاصقة له. نلاحظ من الشكل (3) أنه من أجل بارامترات ثابتة للبيت الزجاجي (سماعة جداره 20[cm] وعامل ايصالته $\lambda=1[W/m^{\circ}C]$ وعامل امتصاصيته $\alpha_w=0.9$ وعامل

امتصاصية أرضية البيت الزجاجي ($\alpha_f=0.5$) يكون مقدار الزيادة في نسبة الوفر في حمل التدفئة حوالي [%] 4.2 عند زيادة السعة الحرارية الحجمية للجدار من $1000[\text{kJ}/\text{m}^3\text{°C}]$ إلى $2000[\text{kJ}/\text{m}^3\text{°C}]$ (بتغيير مادة الجدار) على حين لا يتجاوز مقدار الزيادة في نسبة الوفر القيمة [%] 1 مع زيادة السعة الحرارية الحجمية للجدار عن القيمة $2000[\text{kJ}/\text{m}^3\text{°C}]$ وهذا يعود إلى أن الطاقة الشمسية الممتصة من قبل جدار البيت الزجاجي غير كافية لتخزين طاقة حرارية أكبر في الجدار ذي السعة الحرارية العالية.



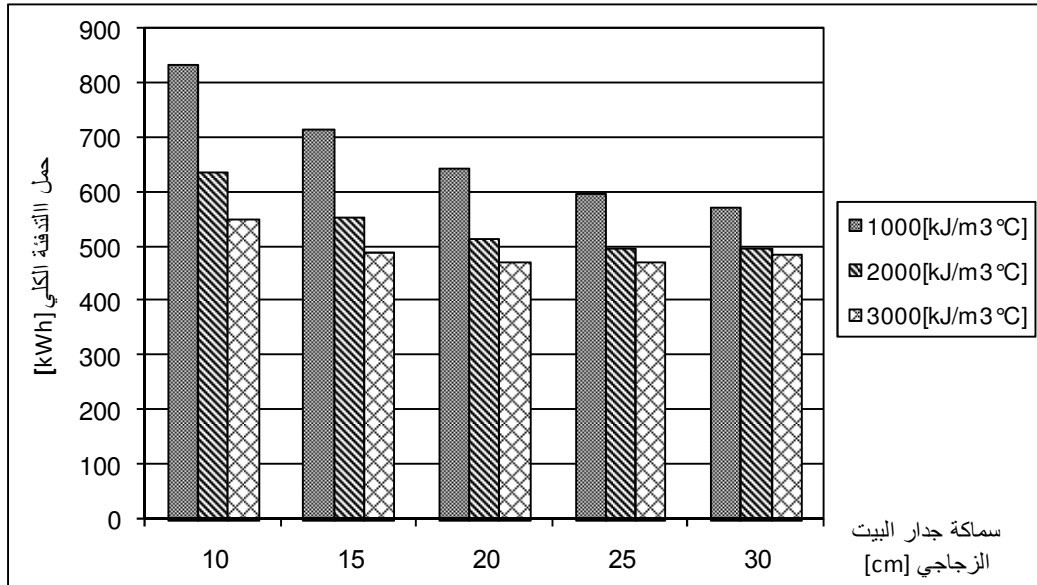
الشكل (3) تأثير السعة الحرارية الحجمية لجدار البيت الزجاجي على حمل التدفئة الكلي ونسبة الوفر

تأثير سماكة جدار البيت الزجاجي على حمل التدفئة الكلي ونسبة الوفر

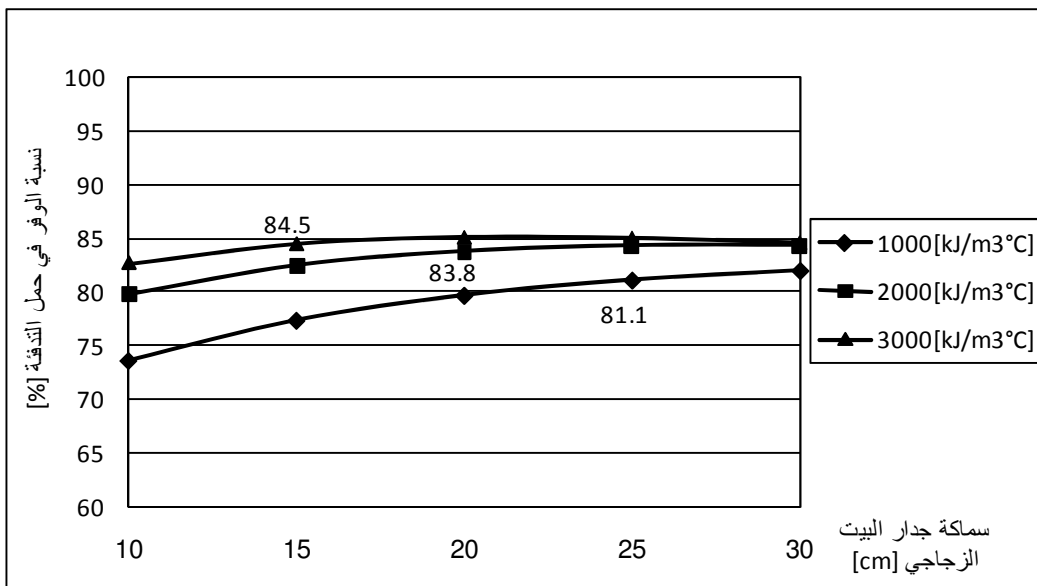
يبين الشكلان (4) و(5) نتائج المحاكاة الساعية لتأثير سماكة جدار البيت الزجاجي في حمل التدفئة الكلي ونسبة الوفر خلال فصل الشتاء للغرفة الملاصقة للبيت الزجاجي، من أجل قيم مختلفة للسعة الحرارية لجدار البيت الزجاجي (حيث عامل امتصاصية الجدار $\alpha_w=0.9$ وعامل ايصالته $\lambda=1[\text{W}/\text{m}^2\text{°C}]$ وعامل امتصاصية أرضية البيت الزجاجي $\alpha_f=0.5$). نلاحظ من الشكل (4) انخفاض حمل التدفئة الكلي للغرفة الملاصقة للبيت الزجاجي مع زيادة سماكة الجدار، ويكون هذا الانخفاض صغيراً جداً من أجل سماكات كبيرة وسعة حرارية عالية للجدار وهذا ناتج عن أن كمية الإشعاع الشمسي الساقطة على الجدار غير كافية لرفع درجة حرارة الجدار ذو السماكة الكبيرة والسعة الحرارية العالية إلى درجة حرارة أعلى وبالتالي عدم إمكانية وصول الحرارة المخزنة إلى داخل الغرفة عند السماكة العالية نتيجة تباطؤ السيلة الحرارية ضمن الجدار مع الزمن.

من الشكل (5) نجد أن نسبة الوفر في حمل التدفئة تزداد مع زيادة سماكة جدار البيت الزجاجي من أجل أية قيمة للسعة الحرارية الحجمية للجدار لكن هناك ارتباطاً واضحاً بين سماكة الجدار وسعته الحرارية الحجمية، نلاحظ أنه من أجل سعة حرارية حجمية عالية نحتاج إلى سماكة جدار أقل ونحصل على نسبة وفر أكبر. فمن أجل سعة حرارية حجمية للجدار قيمتها $1000[\text{kJ}/\text{m}^3\text{°C}]$ وسماكة جدار $25[\text{cm}]$ نحصل على نسبة وفر مقدارها [%] 81.1 على حين من أجل سعة حرارية حجمية قيمتها $2000[\text{kJ}/\text{m}^3\text{°C}]$ وسماكة جدار $20[\text{cm}]$ نحصل على نسبة وفر مقدارها [%] 83.8 في حين من أجل سعة حرارية حجمية قيمتها $3000[\text{kJ}/\text{m}^3\text{°C}]$ وسماكة جدار $15[\text{cm}]$ نحصل على

نسبة وفر مقدارها [%]84.5. نلاحظ من الشكل (5) أنه مع زيادة سماكة الجدار عن القيم السابقة من أجل السعة الحرارية الموافقة يكون مقدار الزيادة في نسبة الوفر أقل من [%]1 نستنتج من ذلك أنه لا بد من الاختيار المناسب لسماكة الجدار بما يتوافق مع سعته الحرارية الحجمية (نوع المواد المصنوع منها الجدار).



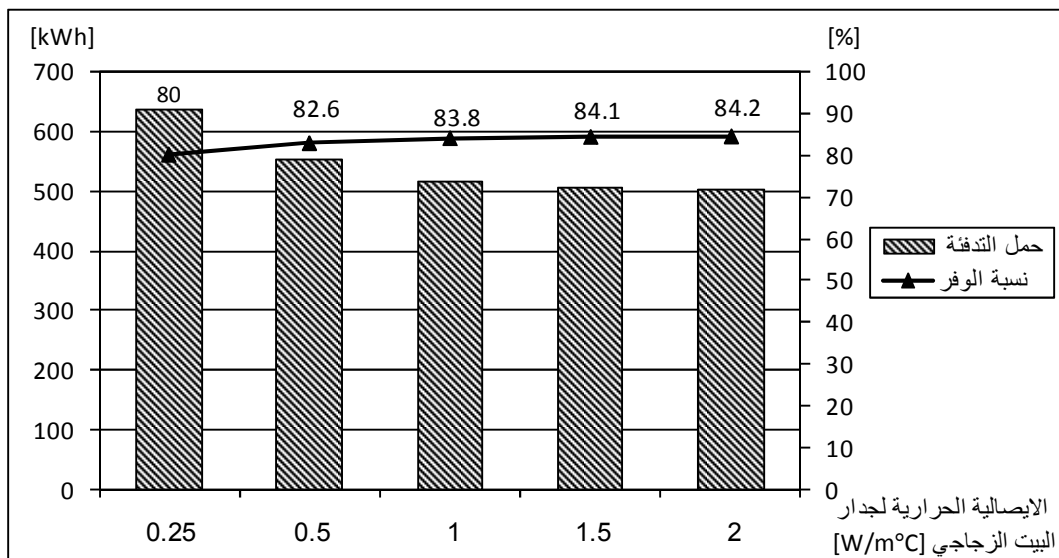
الشكل (4) تأثير سماكة جدار البيت الزجاجي على حمل التدفئة الكلي



الشكل (5) تأثير سماكة جدار البيت الزجاجي على نسبة الوفر في حمل التدفئة الكلي

تأثير عامل الايصالية الحرارية لجدار البيت الزجاجي في حمل التدفئة ونسبة الوفر

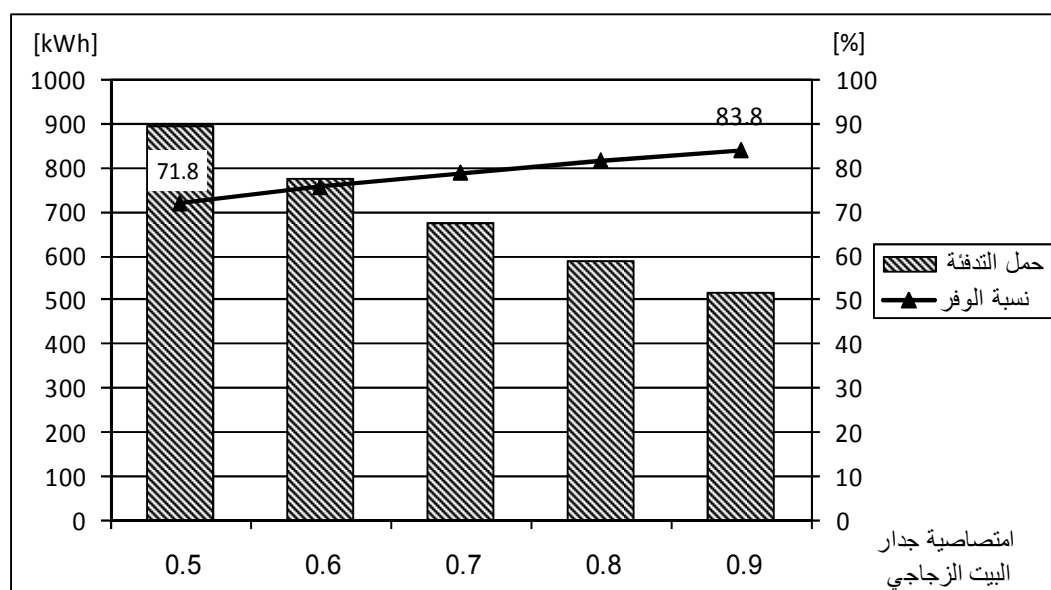
يبين الشكل (6) تأثير عامل الايصالية الحرارية لجدار البيت الزجاجي في حمل التدفئة الكلي ونسبة الوفر في الحمل خلال فصل الشتاء من أجل بارامترات ثابتة للبيت الزجاجي (سماعة جداره 20[cm] وعامل امتصاصيته $\alpha_w=0.9$ ، وسعته الحرارية الحجمية $K2000[kJ/m^3\text{°C}]$ وعامل امتصاصية أرضية البيت الزجاجي $\alpha_f=0.5$). نلاحظ من الشكل انخفاض حمل التدفئة وبالتالي زيادة نسبة الوفر في هذا الحمل مع زيادة قيمة عامل الايصالية الحرارية للجدار. حيث من أجل قيم لعامل الايصالية الحرارية للجدار $0.25[W/m\text{°C}]$ و $1[W/m\text{°C}]$ نحصل على نسب وفر في حمل التدفئة مقدارها 80% و 83.8% على الترتيب أي بزيادة قدرها 3.8% ، ومع زيادة عامل الايصالية الحرارية للجدار عن القيمة $1[W/m\text{°C}]$ يكون مقدار الزيادة في نسبة الوفر أقل من 1% . وهذا يعود إلى أن كمية الطاقة الحرارية المحددة والمخزنة في الجدار يتم انتقالها كلياً بالتوصيل إلى داخل الغرفة عند عامل ايصالية حرارية للجدار مقداره $1[W/m\text{°C}]$.



الشكل (6) تأثير عامل الايصالية الحرارية لجدار البيت الزجاجي على حمل التدفئة الكلي ونسبة الوفر

تأثير امتصاصية جدار البيت الزجاجي في حمل التدفئة ونسبة الوفر

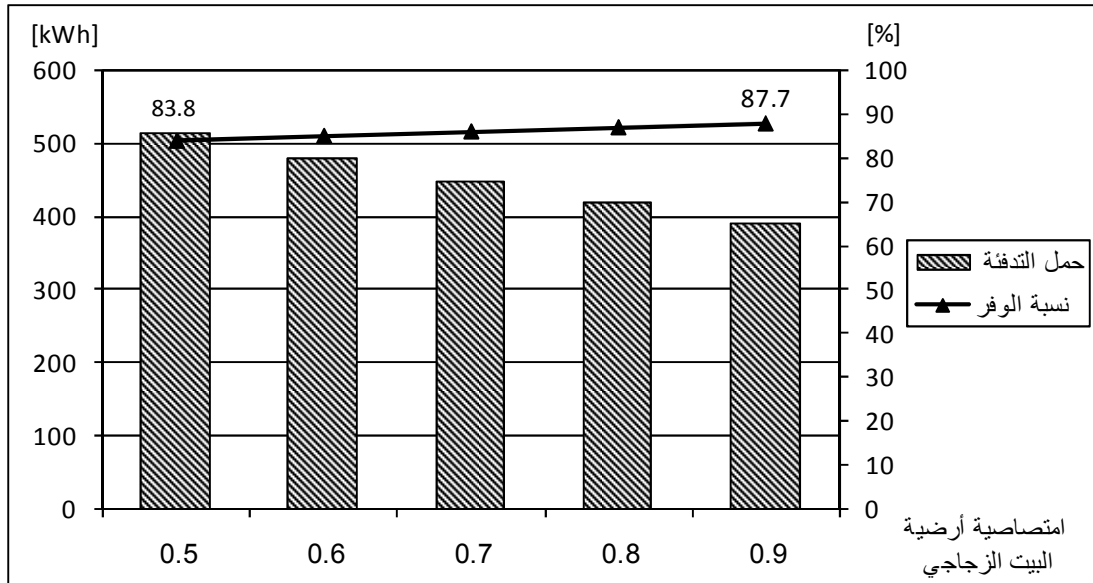
يبين الشكل (7) نتائج المحاكاة الساعية لتأثير امتصاصية جدار البيت الزجاجي في حمل التدفئة الكلي ونسبة الوفر خلال فصل الشتاء للبناء الملاصق للبيت الزجاجي من أجل بارامترات ثابتة للبيت الزجاجي (سماعة جداره 20[cm] وسعته الحرارية الحجمية $2000[kJ/m^3\text{°C}]$ وعامل ايصاليته $\lambda=1[W/m\text{°C}]$ وعامل امتصاصية أرضية البيت الزجاجي $\alpha_f=0.5$). نلاحظ من الشكل (7) انخفاضاً كبيراً في حمل التدفئة الكلي للبناء الملاصق للبيت الزجاجي وبالتالي زيادة كبيرة في نسبة الوفر في حمل التدفئة مع زيادة امتصاصية الجدار. نلاحظ من الشكل (7) أنه من أجل امتصاصية للجدار مقدارها 0.5 تكون نسبة الوفر في حمل التدفئة 71.8% على حين من أجل امتصاصية مقدارها 0.9 تكون نسبة الوفر 83.8% ، أي أننا نحصل على زيادة في نسبة الوفر مقدارها حوالي 12% ناتج عن تخزين حراري أكبر. نستنتج من ذلك أن لامتصاصية جدار البيت الزجاجي تأثير كبير في حمل التدفئة لذلك يفضل استخدام مواد في الجدار ذات امتصاصية عالية للإشعاع الشمسي.



الشكل (7) تأثير امتناسية جدار البيت الزجاجي على حمل التدفئة الكلي ونسبة الوفر

تأثير امتناسية أرضية البيت الزجاجي على حمل التدفئة ونسبة الوفر

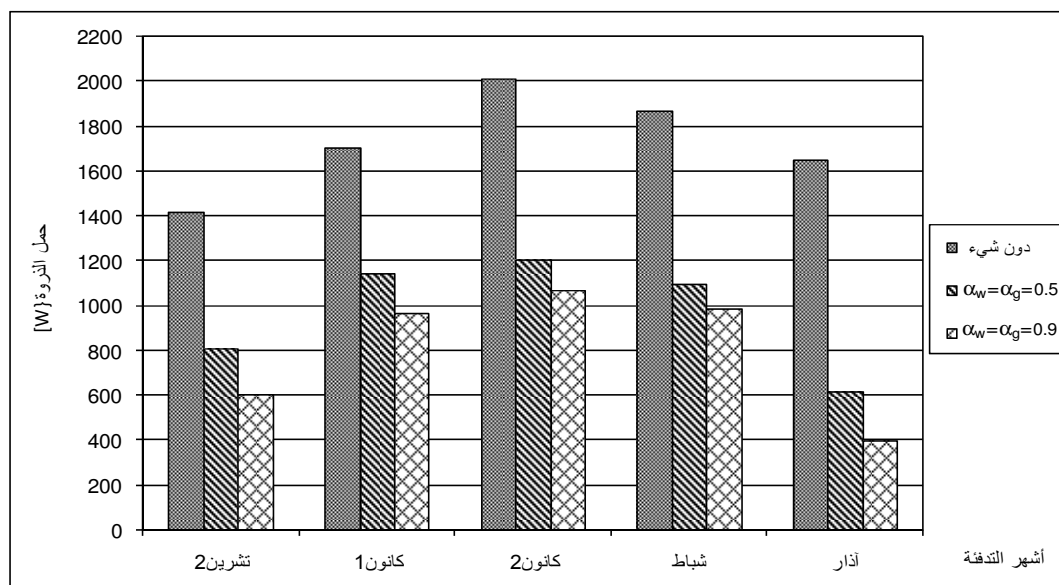
يبين الشكل (8) نتائج المحاكاة الساعية لتأثير امتناسية أرضية البيت الزجاجي في حمل التدفئة الكلي ونسبة الوفر خلال فصل الشتاء للبناء المدروس الملاصق للبيت الزجاجي من أجل بارامترات ثابتة للبيت الزجاجي (سماكة جداره $20[\text{cm}]$ ، وعامل امتناسيته $\alpha_w=0.9$ ، وسعته الحرارية الحجمية $2000[\text{kJ}/\text{m}^3\text{C}]$ ، وعامل إيصالته $(\lambda=1[\text{W}/\text{m}^2\text{C}]$)، نلاحظ من الشكل (8) انخفاض حمل التدفئة الكلي للبناء الملاصق للبيت الزجاجي وبالتالي زيادة في نسبة الوفر في حمل التدفئة مع زيادة امتناسية أرضية البيت الزجاجي. نلاحظ من الشكل (8) أنه من أجل امتناسية للأرضية مقدارها 0.5 تكون نسبة الوفر في حمل التدفئة $83.8[\%]$ ، على حين من أجل امتناسية مقدارها 0.9 تكون نسبة الوفر $87.7[\%]$ ، أي أننا نحصل على زيادة في نسبة الوفر مقدارها حوالي $4[\%]$ نستنتج من ذلك أن لامتناسية أرضية البيت الزجاجي تأثير مقبول على حمل التدفئة لكنه أقل من تأثير امتناسية جدار البيت الزجاجي لذلك يفضل أيضاً استخدام مواد في أرضية البيت الزجاجي ذات امتناسية عالية للإشعاع الشمسي مما يؤدي إلى تخزين حرارة أكبر وبالتالي تقليل الضياعات الحرارية الذي يؤدي بدوره إلى انخفاض حمل التدفئة.



الشكل (8) تأثير امتصاصية أرضية البيت الزجاجي على حمل التدفئة الكلي ونسبة الوفر

تأثير امتصاصية جدار وأرضية البيت الزجاجي في حمل ذروة التدفئة

يبين الشكل (9) تأثير امتصاصية جدار (α_w) وأرضية (α_g) البيت الزجاجي في حمل الذروة للتدفئة في أشهر الشتاء للبناء الملاصق للبيت الزجاجي مقارنة بالبناء غير الملاصق للبيت الزجاجي من أجل بارامترات ثابتة للبيت الزجاجي (سماكة جداره 20[cm]، وسعته الحرارية الحجمية $2000[\text{kJ}/\text{m}^3\text{°C}]$ ، وعامل ايصالته $\lambda=1[\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}]$). نلاحظ من الشكل انخفاضاً كبيراً في حمل الذروة للبناء الملاصق للبيت الزجاجي مقارنة بالبناء غير الملاصق للبيت الزجاجي ويكون هذا الانخفاض أكبر من أجل امتصاصية عالية لجدار البيت الزجاجي وأرضيته. نجد من الشكل (9) أن حمل الذروة الأعظمي للتدفئة يحدث في شهر كانون الثاني وتكون نسب الانخفاض في هذا الحمل هي $39.95[\%]$ و $46.77[\%]$ من أجل $\alpha_w=\alpha_g=0.5$ و $\alpha_w=\alpha_g=0.9$ ، على الترتيب. كما نجد من الشكل (9) أن أكبر انخفاض في حمل الذروة يحصل في شهر آذار حيث تكون نسب الانخفاض في حمل الذروة هي $62.55[\%]$ و $75.84[\%]$ من أجل $\alpha_w=\alpha_g=0.5$ و $\alpha_w=\alpha_g=0.9$ على الترتيب وهذا يعود إلى أن فترة الإشعاع الشمسي أطول وكذلك شدة الإشعاع الشمسي أكبر مما يؤدي إلى انخفاض أكبر في حمل الذروة في شهر آذار. نستنتج من ذلك أن استخدام بيت زجاجي ذي امتصاصية عالية لجداره وأرضيته يؤدي إلى انخفاض أكبر في حمل الذروة في جميع أشهر التدفئة وبالتالي هذا يقلل بشكل كبير من استطاعة الأجهزة الميكانيكية المطلوبة لتأمين حمل التدفئة للبناء.

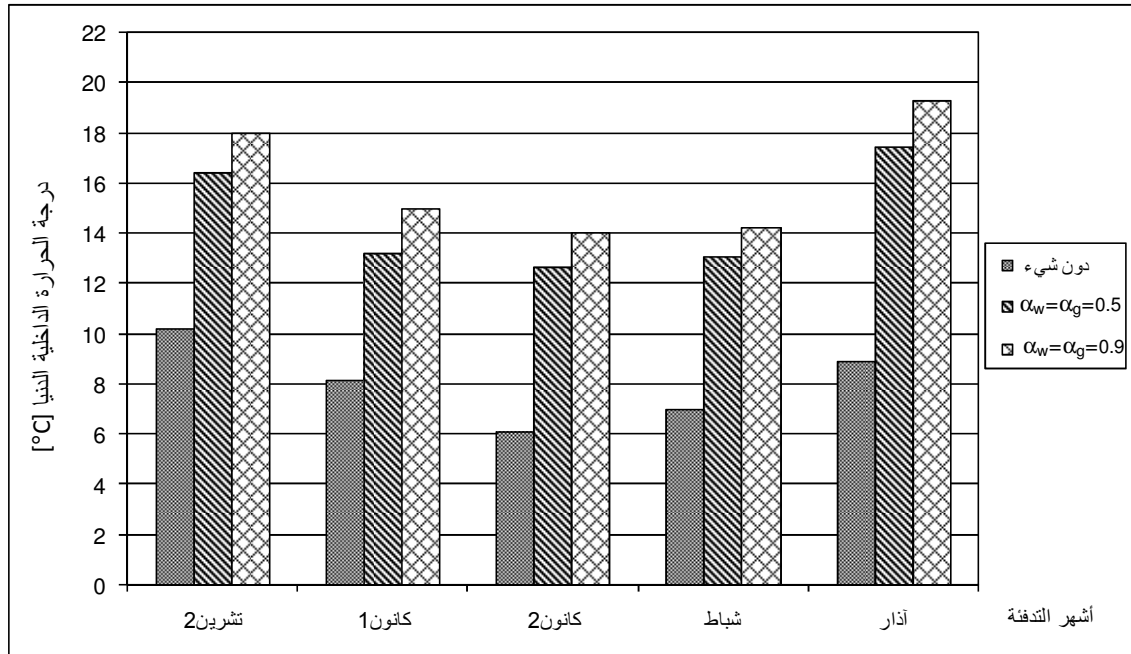


الشكل (9) تأثير امتصاصية جدار وأرضية البيت الزجاجي على حمل الذروة خلال أشهر التدفئة

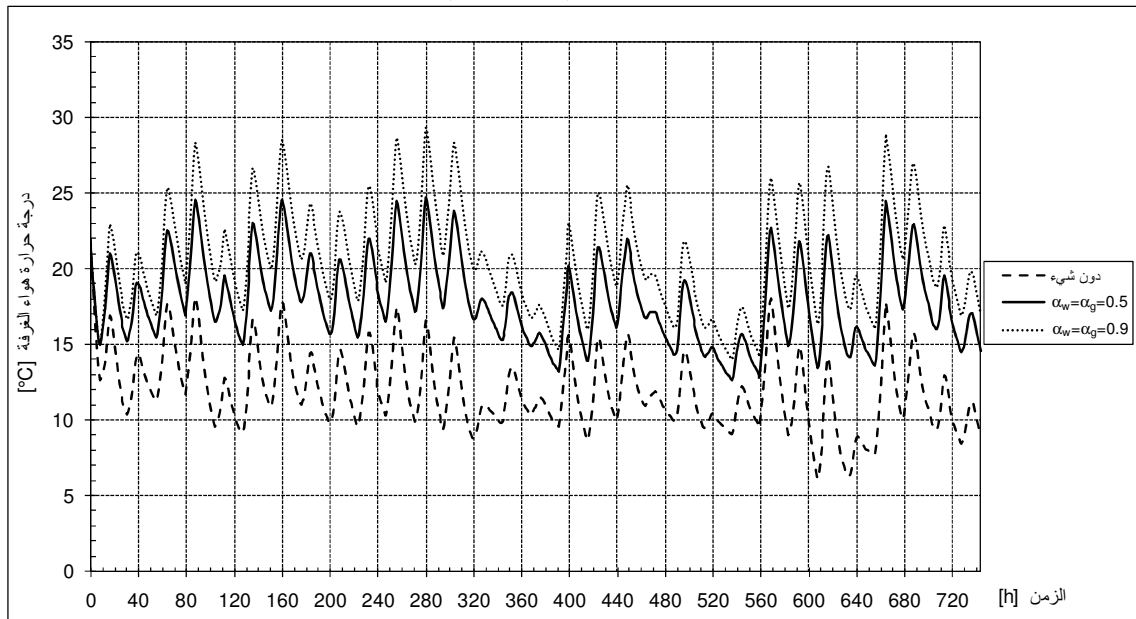
تأثير خواص البيت الزجاجي في درجة حرارة الهواء الداخلية للبناء

يبين الشكل (10) تأثير امتصاصية جدار (α_w) وأرضية (α_g) البيت الزجاجي في درجة الحرارة الداخلية الدنيا في أشهر الشتاء للبناء الملاصق للبيت الزجاجي مقارنة بالبناء غير الملاصق للبيت الزجاجي من أجل بارامترات ثابتة للبيت الزجاجي (سماعة جداره 20[cm] وسعته الحرارية الحجمية $2000[\text{kJ}/\text{m}^3\text{C}]$ ، وعامل إيصالته $[\lambda=1[\text{W}/\text{m}^2\text{C}]$ ، نلاحظ من الشكل ارتفاعاً كبيراً في درجة الحرارة الدنيا للبناء الملاصق للبيت الزجاجي مقارنة بالبناء غير الملاصق للبيت الزجاجي ويكون هذا الارتفاع أكبر من أجل امتصاصية عالية لجدار البيت الزجاجي وأرضيته. نجد من الشكل (10) أن أكبر ارتفاع في درجة الحرارة الداخلية الدنيا يحدث في شهر آذار حيث تزداد بمقدار $8.51[^\circ\text{C}]$ و $10.36[^\circ\text{C}]$ من أجل $\alpha_w = \alpha_g = 0.5$ و $\alpha_w = \alpha_g = 0.9$ على الترتيب وهذا ناتج عن أن شدة الإشعاع الشمسي أكبر وبالتالي إمكانية تخزين حراري في الجدار أكبر.

يبين الشكل (11) تأثير امتصاصية جدار (α_w) وأرضية (α_g) البيت الزجاجي في درجة الحرارة الداخلية الساعية خلال شهر كانون الثاني للبناء الملاصق للبيت الزجاجي مقارنة بالبناء غير الملاصق للبيت الزجاجي. نلاحظ من الشكل ارتفاعاً واضحاً في درجة حرارة هواء البناء الملاصق للبيت الزجاجي مقارنة بالبناء غير الملاصق للبيت الزجاجي، ويكون هذا الارتفاع أكثر وضوحاً من أجل البيت الزجاجي ذي امتصاصية أكبر لجداره وأرضيته، ويصل أكبر زيادة في درجة حرارة هواء البناء الملاصق للبيت الزجاجي مقارنة بالبناء غير الملاصق للبيت الزجاجي إلى $9.66[^\circ\text{C}]$ و $12.85[^\circ\text{C}]$ من أجل $\alpha_w = \alpha_g = 0.5$ و $\alpha_w = \alpha_g = 0.9$ على الترتيب. على حين نحصل على أعظم زيادة في درجة الحرارة الداخلية مقدارها $4.58[^\circ\text{C}]$ عند زيادة الامتصاصية من $\alpha_w = \alpha_g = 0.5$ إلى $\alpha_w = \alpha_g = 0.9$. إن الارتفاع في درجة الحرارة الداخلية ناتج عن دور البيت الزجاجي في امتصاص الحرارة وتخزينها، ومن ثم طرحها إلى داخل الغرفة الملاصقة له بالحمل والإشعاع من السطح الداخلي لجدار البيت الزجاجي، وبالحمل من خلال تمرير الهواء من البيت الزجاجي إلى داخل الغرفة الملاصقة له، وهذا ما يضمن الشعور بالارتياح الحراري للقائنين داخل البناء.



الشكل (10) تأثير امتصاصية جدار البيت الزجاجي وأرضيته، في درجة الحرارة الداخلية الدنيا خلال أشهر التدفئة



الشكل (11) التغير الساعي لدرجة الحرارة الداخلية من أجل قيم مختلفة لامتصاصية جدار البيت الزجاجي وأرضيته في كانون الثاني

الاستنتاجات والتوصيات

بعد إجراء المحاكاة اللحظية لدراسة تأثير شكل البيت الزجاجي (SunSpace) في حمل التدفئة ودرجة الحرارة الداخلية للغرفة الملاصقة له باستخدام برنامج المحاكاة TRNSYS نستنتج ما يلي:

1. إن أفضل سماكة وسعة حرارية حجمية لجدار للبيت الزجاجي هي $20[\text{cm}]$ و $2000[\text{kJ}/\text{m}^3\text{°C}]$ ، على الترتيب، حيث نحصل على أعلى نسبة وفر في حمل التدفئة مقدارها 83.8% ، وعند أية زيادة لكليهما يكون مقدار الزيادة أقل من 1% ، وهذا يؤدي بدوره إلى استهلاك أقل في الطاقة التقليدية المستخدمة في تغطية حمل التدفئة.

2. أن أفضل قيمة لعامل الإيصالية الحرارية لجدار البيت الزجاجي هي $1[W/m^{\circ}C]$ ، حيث من أجل قيم لعامل الإيصالية الحرارية للجدار $0.25[W/m^{\circ}C]$ و $1[W/m^{\circ}C]$ نحصل على نسب وفر في حمل التدفئة مقدارها 80% و 83.8% ، على الترتيب أي بزيادة قدرها 3.8% ومع زيادة عامل الإيصالية الحرارية للجدار عن القيمة $1[W/m^{\circ}C]$ يكون مقدار الزيادة في نسبة الوفر أقل من 1% .
3. أظهر البحث انخفاضاً واضحاً في حمل التدفئة وحمل الذروة مع زيادة عامل امتصاصية كل من جدار البيت الزجاجي وأرضيته، حيث تكون نسب الانخفاض في حمل الذروة الأعظمي (في شهر كانون الثاني) هي 39.95% و 46.77% من أجل $\alpha_w=\alpha_g=0.5$ و $\alpha_w=\alpha_g=0.9$ على الترتيب، وهذا يقلل من استطاعة نظام التدفئة المطلوب.
4. أظهر البحث ارتفاعاً واضحاً في درجة الحرارة الداخلية بالاختيار المناسب لخواص البيت الزجاجي حيث نحصل على أكبر زيادة في درجة الحرارة مقدارها $12.85^{\circ}C$ وهذا يحسن الشعور بالارتياح الحراري ضمن البناء ويقلل استهلاك الوقود التقليدي.
5. متابعة البحث في دراسة تأثير استخدام البيت الزجاجي وتأثير خواصه الحرارية في حمل التبريد.

المراجع

1. HASSANIAN, A. A, HOKAM, E. M., MALLICK, T. K. Effect of solar storage wall on the passive solar heating constructions. Energy and Building, Vol. 43, 2011, 737-747.
2. JABER, S., AJIB, S. Optimum design of Trombe wall system in Mediterranean region. Solar Energy, Vol. 85, 2011, 1891-1898.
3. YILMAZ, Z., KUNDAKCI, A. B. An approach for Energy conscious renovation of residential buildings in Istanbul by Trombe wall system. Building and Environment, Vol. 43, 2008, 508-517.
4. GONZALEZ, F. A. Analysis of the thermal performance and comfort conditions produced by five different passive solar heating strategies in the United States midwest. Solar Energy, Vol. 81, 2007, 581-593.
5. BAKOS, C. G. Electrical energy saving in a passive-solar-heated residence using a direct gain attached sunspace. Energy and Building, Vol. 35, 2003, 147-151.
6. BAKOS, C. G. Improved energy management method for auxiliary electrical energy saving in a passive-solar-heated residence. Energy and Building, Vol. 34, 2002, 699-703.
7. ROUX, J. J., TEODOSIU, C., COVALET, D., CHAREILLE, R. Validation of a glazed space simulation model using full-scale experimental data. Energy and Buildings, Vol. 36, 2004, 557-565.
8. MOTTARD, M. J., FISSORE, A. Thermal simulation of an attached sunspace and its experimental validation. Solar Energy, Vol. 81, 2007, 305-315.
9. OLIVETI, G., DE SIMONE, M., RUFFOLO, S. Evaluation of the absorption coefficient for solar radiation in sunspaces and windowed rooms. Solar Energy, Vol. 82, 2008, 212-219.
10. KLEIN, S. A. et al., TRNSYS – a transient simulation program, version 16.1, User Manual. University of Wisconsin-Madison, USA. 2006.
11. Meteonorm, 4.00, Global Meteorological Database for Solar Energy Applied Meteorology. Nov 1999.