

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

الدكتور رامي جورج*

تاريخ الإيداع 10 / 2 / 2013. قُبل للنشر في 27 / 3 / 2013

▽ ملخص ▽

يهدف البحث إلى دراسة تأثير شكل البيت الزجاجي (Sunspace) على 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 شكل للبيت الزجاجي هو ذي المقطع المثلث حيث يكون حمل البناء أقل ما يمكن مقارنة باستخدام الأشكال الأخرى. حيث نحصل على نسب وفر في حمل التدفئة مقدارها [72.48%] و [84.55%] عند استخدام البيت الزجاجي ذي المقطع المربع والمثلث على الترتيب أي بزيادة مقدارها حوالي [12%] وهذا يؤدي بدوره إلى تخفيض استهلاك الطاقة التقليدية.

أظهر البحث أيضاً انخفاضاً في حمل الذروة عند استخدام البيت الزجاجي وتكون نسب الانخفاض في حمل الذروة الأعظمي خلال أشهر التدفئة هي [46%] و [43.1%] و [39.16%] من أجل مقطع مثلث وشبه منحرف ومربع على الترتيب أي أن استخدام البيت الزجاجي ذي المقطع المثلث أدى إلى انخفاض أكبر في حمل الذروة وبالتالي هذا يقلل من استطاعة نظام تدفئة البناء المطلوب.

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

Influence of Sunspace configuration on Heating Load and Interior Temperature of Residential Buildings

Dr. Rami George*

(Received 10 / 2 / 2013. Accepted 27 / 3 / 2013)

▽ ABSTRACT ▽

The objective of this research is to study the influence of the configuration of Sunspace attached to building on heating load and interior temperature of building using simulation program TRNSYS for the hourly weather conditions of Lattakia. This investigation showed that the best configuration of Sunspace is the one that has triangular section, where heating load is less than other configurations. We got the energy saving ratio about 72.48[%] and 84.55[%] for a square and triangle section of Sunspace respectively. That means more increase of energy saving ratio about 12[%], which in return reduces consumption of conventional energy.

This investigation showed reduction of peak load. The values of reduction ratio during heating months are 46[%], 43.1[%], 39.16[%] for a triangle, trapezoid and square section of Sunspace respectively. Also that means great saving ratio of the peak load is done when using sunspace with triangle section, which reduces the power of required building heating system.

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.

مقدمة:

إن الطلب على الطاقة وخاصة الطاقة المطلوبة لتدفئة الأبنية السكنية في تزايد مستمر بزيادة عدد السكان. لذلك نظراً للارتفاع المستمر في كلفة الوقود التقليدي وتلوث البيئة الناتج عن مخلفات هذا الوقود وتوقع نفاذه في المستقبل القريب كان لا بد من البحث عن مصادر طاقة نظيفة. تعد الطاقة الشمسية إحدى هذه المصادر الهامة المستخدمة في تخفيض متطلبات البناء من الطاقة التقليدية بالاختيار الأمثل لنظام التدفئة الشمسي السلبي للبناء الذي لا يحتوي على أجهزة ميكانيكية بل يعتمد على مكونات البناء لالتقاط الطاقة الشمسية وتخزينها ومن ثم توزيعها لتدفئة البناء. يعدّ البيت الزجاجي (Sunspace) واحداً من أنظمة التدفئة الشمسية السلبية المستخدمة في تدفئة الأبنية السكنية، حيث يقوم بامتصاص الإشعاع الشمسي المار من خلال الزجاج وتخزينه كحرارة محسوسة ضمن مكوناته. يتم انتقال الحرارة من البيت الزجاجي إلى داخل البناء الملاصق له إما عن طريق التوصيل عبر جدار البيت الزجاجي ثم بالإشعاع والحمل من السطح الداخلي للجدار إلى داخل البناء، أو بالحمل الحراري عن طريق مرور الهواء الساخن الموجود ضمن البيت الزجاجي من خلال فتحة موجودة في أعلى الجدار إلى داخل البناء الملاصق للبيت الزجاجي ودخول هواء البناء من خلال فتحة في أسفل الجدار وهكذا تستمر العملية طالما درجة حرارة هواء البيت الزجاجي أعلى من درجة حرارة هواء البناء الملاصق له.

ترشيد استهلاك الطاقة التقليدية في الأبنية وحماية البيئة من التلوث الناتج عن مخلفات الوقود التقليدي جعل الباحثون يلجؤون إلى استخدام الأشكال المختلفة لأنظمة تدفئة الأبنية السلبية. فمنهم من درس تأثير خواص مكونات البناء [1] و[2] أو المواد متغيرة الطور الخازنة للحرارة المستخدمة ضمن مكونات البناء [3] و[4] على الارتياح الحراري ضمن البناء. وهناك من بحث في تأثير استخدام الجدار الخازن للحرارة على حمل التدفئة في الأبنية السكنية [5] و[6] و[7]. بعض الباحثين قدم نموذجاً رياضياً جديداً من أجل التحليل الحراري للبيت الزجاجي ومقارنته تجريبياً من خلال تحديد درجة حرارة الهواء داخل البيت الزجاجي [8] و[9]، ومنهم أوجد نموذجاً رياضياً مبسطاً لتحديد عامل امتصاصية الإشعاع الشمسي للبيت الزجاجي [10].

أهمية البحث وأهدافه:

تشيد معظم الأبنية الحديثة في سورية معمارياً دون الأخذ بالحسبان أهمية مكونات البناء في تخزين الطاقة الشمسية، حيث تبنى من مواد دون الأخذ بالحسبان أهميتها في امتصاص الإشعاع الشمسي وإمكانية تخزينه على شكل حرارة محسوسة من أجل الاستفادة منها في عملية التدفئة. هذا ما يؤدي إلى عدم الشعور بالارتياح الحراري للقاطنين في البناء وأيضاً إلى ارتفاع في أحمال التدفئة للبناء وبالتالي استهلاك متزايد في الطاقة التقليدية. لذلك تكمن أهمية البحث باستخدام البيت الزجاجي الملاصق للبناء كنظام تدفئة سلبي من أجل الاستفادة العظمى من الطاقة الشمسية لتخفيض حمل التدفئة وتأمين الشعور بالارتياح الحراري لسكان البناء وبالتالي ترشيد استهلاك الطاقة التقليدية الذي يعدّ المطلوب الأساسي للباحثين في الوقت الحاضر.

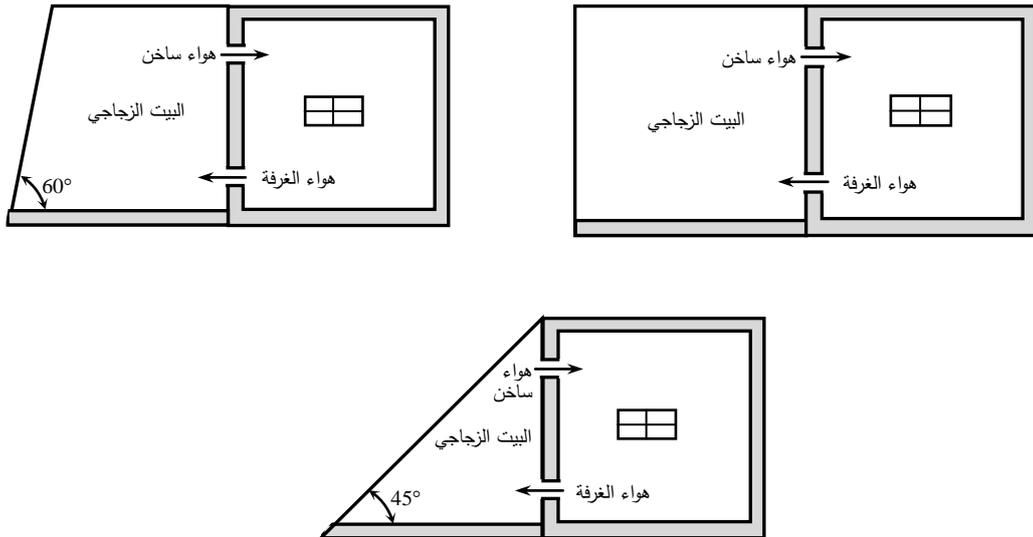
يهدف هذا البحث إلى دراسة الأداء الحراري لنظام التدفئة الشمسي السلبي الذي يستخدم البيت الزجاجي (Sunspace) الملاصق للبناء وفق أشكال مختلفة. حيث يتم في هذا البحث دراسة تأثير الأشكال المختلفة للبيت الزجاجي على حمل التدفئة ودرجة حرارة الهواء الداخلية الساعية لبناء واقع في مدينة اللاذقية من أجل تحديد الشكل الأفضل للبيت الزجاجي المراد استخدامه.

إن اختيار الشكل الأمثل للبيت الزجاجي يعني النقاط وتخزين أفضل للطاقة الشمسية عبر مكوناته، وبالتالي انتقال أفضل للحرارة بالحمل والإشعاع إلى داخل البناء الملاصق له، مما يضمن ارتفاع درجة حرارة الهواء الداخلية إلى مستوى يحسن الشعور بالارتياح الحراري لسكان البناء، وبالتالي تخفيض أحمال التدفئة والذي يؤدي بدوره إلى ترشيد استهلاك الطاقة التقليدية المستخدمة في تغطية هذه الأحمال وأيضاً إلى حماية البيئة من التلوث من مخلفات الوقود التقليدي.

طرائق البحث ومواده:

تم استخدام برنامج المحاكاة TRNSYS [11] الذي يعد أكثر برامج المحاكاة استخداماً وشيوعاً لتقييم السلوك الحراري للأبنية، حيث يأخذ بالحسبان تأثير متغيرات متعددة كالمعطيات المناخية ومكونات واتجاه البناء، بالإضافة إلى تأثير استخدام أشكال مختلفة من البيت الزجاجي (Sunspace) وخواصه وأبعاده على حمل التدفئة الكلي ودرجة الحرارة الداخلية. يقوم البرنامج بإجراء محاكاة للسلوك الحراري للبناء خلال فترة زمنية محددة وفقاً للمتغيرات السابقة وفي نهاية المحاكاة نستطيع معرفة مقدار الانخفاض (نسبة الوفرة) في حمل التدفئة وأيضاً الارتفاع في درجة الحرارة الداخلية من أجل أشكال مختلفة للبيت الزجاجي.

تم إجراء المحاكاة على غرفتين متشابهتين أبعاد كل منهما [m] (3×3×3) وتحوي 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 مفرغ سماكته [cm] 20. الغرفة الأولى دون بيت زجاجي والثانية ملاصقة على الاتجاه الجنوبي لبيت زجاجي (Sunspace) ذي أشكال مختلفة (مقطع مربع أو شبه منحرف أو مثلث) كما هو مبين في الشكل (1). يبين الجدول (1) خواص البيت الزجاجي المستخدم في البحث. تم إجراء المحاكاة الساعية لكلا الغرفتين عند المعطيات المناخية نفسها لمدينة اللاذقية ثم تم مقارنة نتائج المحاكاة بين الحالتين من أجل أشكال مختلفة للبيت الزجاجي.



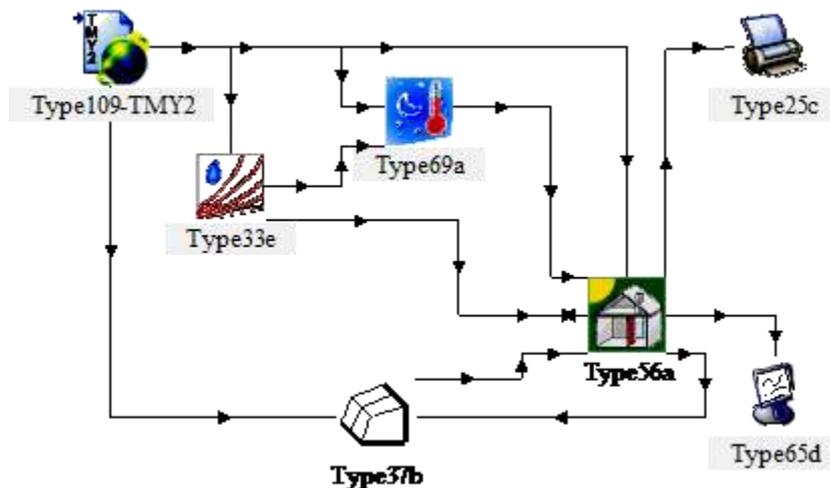
الشكل (1) الأشكال المختلفة للبيت الزجاجي الملاصق للبناء

الجدول (1) خواص البيت الزجاجي (Sunspace)

الواحدة	القيم	
m	0.2	سماكة جداره
m	3	ارتفاعه
m	3	عرضه
m	3	طوله الأمامي
$\text{kJ/h m}^\circ\text{C}$	4	إيصالية جداره
$\text{kJ/m}^3\text{C}$	2000	السعة الحرارية الحجمية لجداره

يبين الشكل (2) مخططاً لمكونات النظام وفق برنامج المحاكاة TRNSYS الخاص بالبناء المدروس ورقم كل مكون وعملية ربط هذه المكونات مع بعضها البعض من أجل محاكاة السلوك الحراري 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 Meteonorm [12]. 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.

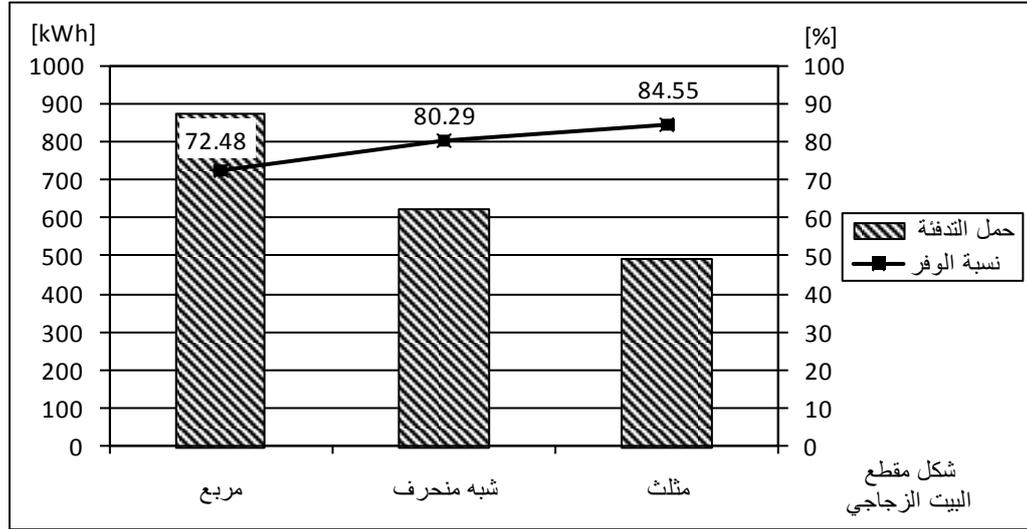


الشكل (2) لوحة محاكاة البناء وفق برنامج TRNSYS

النتائج والمناقشة:

تأثير شكل البيت الزجاجي على حمل التدفئة الكلي ونسبة الوفر

لقد تم إجراء المحاكاة الساعية باستخدام البرنامج TRNSYS خلال كامل فصل الشتاء لغرفتين الأولى مزودة بالبيت الزجاجي والثانية غير مزودة بالبيت الزجاجي لحساب أحمال التدفئة الساعية وبالتالي حساب حمل التدفئة الكلي في فصل الشتاء من أجل أشكال مختلفة للبيت الزجاجي ومقارنتها مع حمل التدفئة الكلي للغرفة غير المزودة بالبيت الزجاجي. وبعد ذلك تم حساب نسبة الوفر في حمل التدفئة الكلي الناتج عن استخدام البيت الزجاجي (النسبة بين الفرق في حمل التدفئة للغرفتين وحمل التدفئة للغرفة غير المزودة بالبيت الزجاجي). يبين الشكل (3) نتائج المحاكاة حيث نلاحظ من الشكل أننا نحصل على أقل حمل تدفئة من أجل بيت زجاجي ذي مقطع مثلث ثم يليه ذو مقطع شبه منحرف وأخيراً ذو مقطع مربع. بالنتيجة نحصل على نسب وفر في حمل التدفئة مقدارها [%]84.55 و [%]80.29 و [%]72.48 من أجل مقطع مثلث وشبه منحرف ومربع على الترتيب وبالتالي نستنتج أن أفضل شكل للبيت الزجاجي هو ذو مقطع مثلث حيث يؤمن أعلى نسبة وفر.

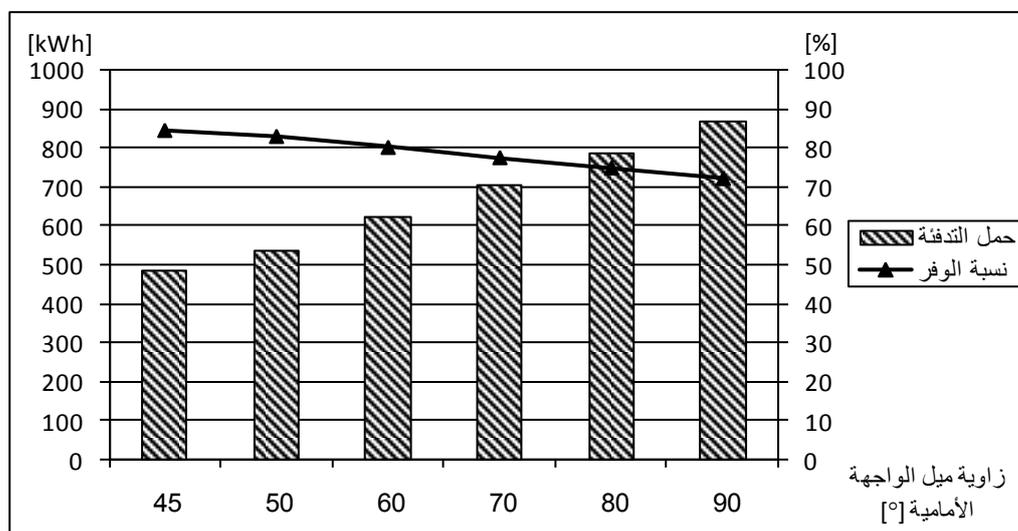


الشكل (3) تأثير شكل البيت الزجاجي على حمل التدفئة الكلي ونسبة الوفر

تأثير زاوية ميل الواجهة الأمامية للبيت الزجاجي على حمل التدفئة الكلي ونسبة الوفر

لقد تم إجراء المحاكاة الساعية خلال كامل فصل الشتاء وحساب حمل التدفئة الكلي من أجل زوايا مختلفة للواجهة الأمامية للبيت الزجاجي (Sunspace) الموضوع باتجاه الجنوب للبناء المدروس. يوضح الشكل (4) تأثير زاوية ميل الواجهة الأمامية للبيت الزجاجي على حمل التدفئة الكلي ونسبة الوفر في هذا الحمل مقارنة بالغرفة غير الملاصقة للبيت الزجاجي. نلاحظ من الشكل (4) أنه كلما قلت زاوية ميل الواجهة الأمامية ينخفض حمل التدفئة الكلي وبالتالي تزداد نسبة الوفر في هذا الحمل وهذا ناتج عن نفاذ كمية أكبر من الإشعاع الشمسي إلى داخل البيت الزجاجي عبر الواجهة الأمامية نتيجة صغر زاوية ورود الإشعاع الشمسي عليها والذي يؤدي بدوره إلى تخزين كمية أكبر من الحرارة في البيت الزجاجي خلال النهار وبالتالي تزويد طاقة حرارية أكبر للغرفة الملاصقة له. نلاحظ من الشكل (4) أنه من أجل زاوية ميل الواجهة الأمامية للبيت الزجاجي مقدارها $[45^\circ]$ (مقطع مثلث) تكون نسبة الوفر في حمل

التدفئة [%]84.55 وتتناقص مع زيادة زاوية ميل الواجهة الأمامية (أشكال ذات مقاطع شبه منحرفة) حتى نصل إلى زاوية ميل مقدارها 90° (مقطع مربع) تكون نسبة الوفر [%]72.48.

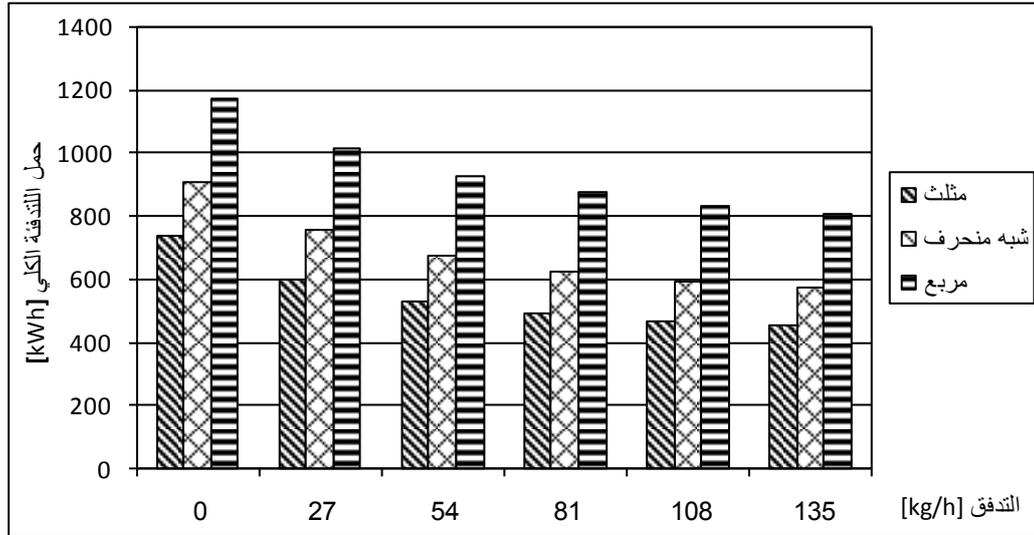


الشكل (4) تأثير زاوية ميل الواجهة الأمامية للبيت الزجاجي على حمل التدفئة الكلي ونسبة الوفر

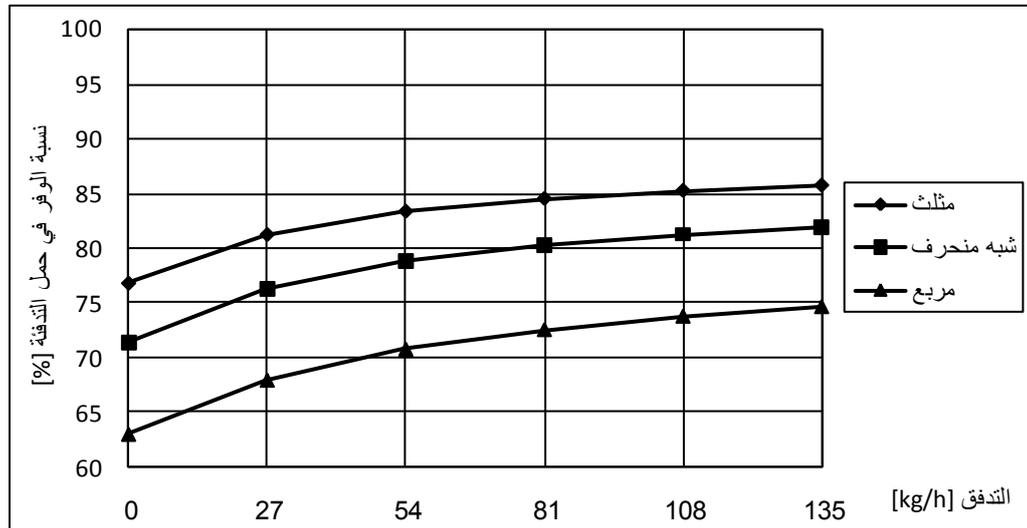
تأثير تدفق هواء التهوية في البيت الزجاجي على حمل التدفئة الكلي ونسبة الوفر

يبين الشكلان (5) و(6) نتائج المحاكاة الساعية لتأثير التهوية في البيت الزجاجي على حمل التدفئة الكلي ونسبة الوفر خلال فصل الشتاء للغرفة الملاصقة للبيت الزجاجي من أجل أشكال مختلفة للبيت الزجاجي دون تهوية (انتقال الحرارة من البيت الزجاجي إلى البناء الملاصق يتم عبر الجدار فقط) أو مع قيم متغيرة لتدفق هواء التهوية (انتقال الحرارة عبر الجدار وعن طريق الهواء المتدفق عبر فتحات الجدار). نلاحظ من الشكلين (5) و(6) أن حمل التدفئة الكلي للغرفة الملاصقة للبيت الزجاجي مع تهوية أقل مقارنة بالغرفة الملاصقة للبيت الزجاجي دون تهوية لجميع الأشكال ومن أجل أية قيمة للتدفق وكذلك تزداد نسبة الوفر بشكل كبير مع زيادة تدفق التهوية حتى القيمة $81[\text{kg/h}]$ حيث بعدها تكون الزيادة في نسبة الوفر صغيرة جداً لا تتعدى [%]1.

من الشكل (6) نجد أن نسبة الوفر في حمل التدفئة تزداد بشكل كبير من القيمة [%]76.78 في حالة عدم وجود تهوية إلى القيمة [%]84.55 عند تدفق مقداره $81[\text{kg/h}]$ أي بزيادة مقدارها [%]7.8 من أجل بيت زجاجي ذي مقطع مثلث. أما من أجل بيت زجاجي ذي مقطع شبه منحرف تكون نسبة الوفر [%]71.36 في حالة عدم وجود تهوية و [%]80.29 عند التدفق نفسه أي بزيادة مقدارها [%]8.93. ومن أجل بيت زجاجي ذي مقطع مربع تكون نسبة الوفر [%]63 في حالة عدم وجود تهوية و [%]74.55 عند التدفق نفسه أي بزيادة مقدارها [%]9.48. وهذه الزيادة في نسبة الوفر ناتجة عن الحرارة المزودة للغرفة من قبل الهواء الساخن الموجود في البيت الزجاجي والمتدفق إلى داخل الغرفة الملاصقة للبيت الزجاجي عبر الفتحات الموجودة في جدار البيت الزجاجي وبالتالي تقليل الضياعات الحرارية إلى الوسط الخارجي.



الشكل (5) تأثير تدفق هواء التهوية في البيت الزجاجي على حمل التدفئة الكلي

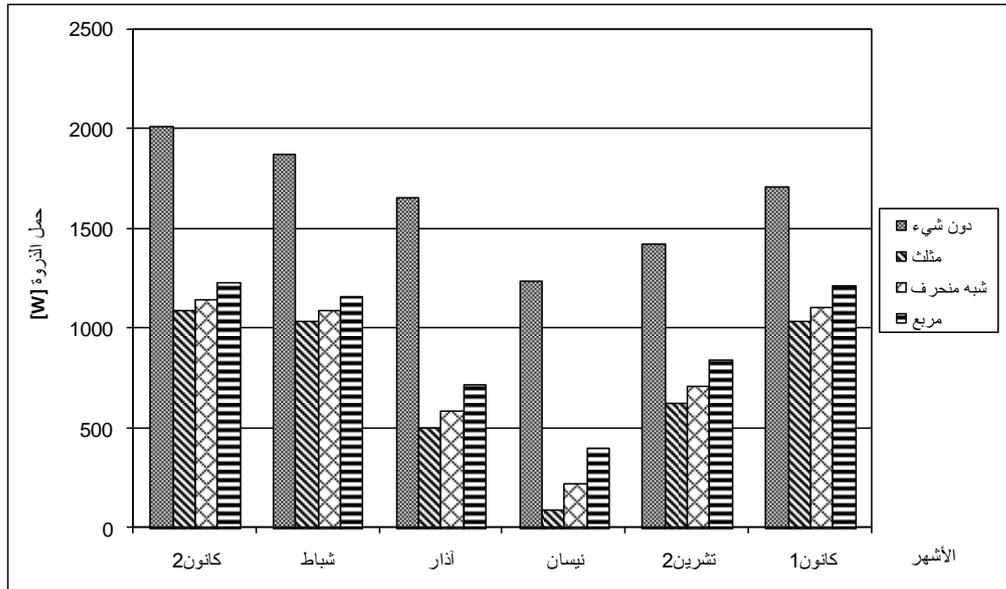


الشكل (6) تأثير تدفق هواء التهوية في البيت الزجاجي على نسبة الوفر في حمل التدفئة الكلي

تأثير شكل البيت الزجاجي على حمل الذروة للبناء

يبين الشكل (7) حمل الذروة في أشهر الشتاء للغرفة المرجعية غير الملاصقة للبيت الزجاجي والغرفة الملاصقة للبيت الزجاجي من أجل أشكال مختلفة. نلاحظ من الشكل انخفاضاً كبيراً في حمل الذروة للغرفة الثانية (الملاصقة للبيت الزجاجي) مقارنة مع الغرفة المرجعية ويكون هذا الانخفاض أكثر وضوحاً في حالة البيت الزجاجي ذي المقطع المكعب. نجد من الشكل (7) أن حمل الذروة الأعظمي يحدث في شهر كانون الثاني وتكون نسب الانخفاض في هذا الحمل هي 46[%] و 43.1[%] و 39.16[%] من أجل مقطع مكعب وشبه منحرف ومربع على الترتيب. كما نجد من الشكل (7) أن أكبر انخفاض في حمل الذروة يحصل في شهر نيسان حيث تكون نسب الانخفاض في حمل الذروة خلاله هي 93.3[%] و 82.5[%] و 68.2[%] من أجل مقطع مكعب وشبه منحرف ومربع على الترتيب وهذا يعود لزيادة شدة الإشعاع الشمسي وانخفاض حمل التدفئة في شهر نيسان مقارنة مع بقية أشهر

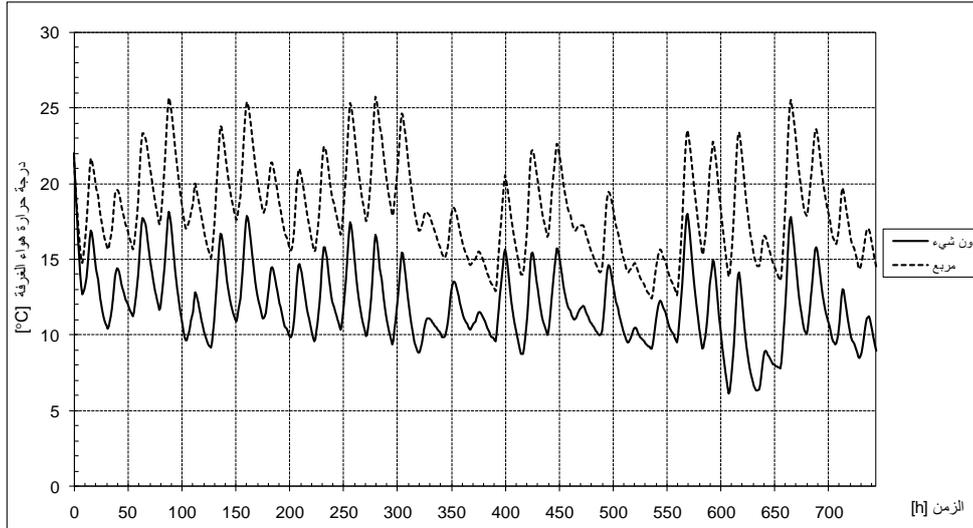
الشتاء. نستنتج من ذلك أن استخدام البيت الزجاجي ذي المقطع المثلث أدى إلى انخفاض أكبر في حمل الذروة في جميع أشهر التدفئة وبالتالي هذا يقلل بشكل كبير من استطاعة الأجهزة الميكانيكية المطلوبة لتأمين حمل التدفئة للبناء.



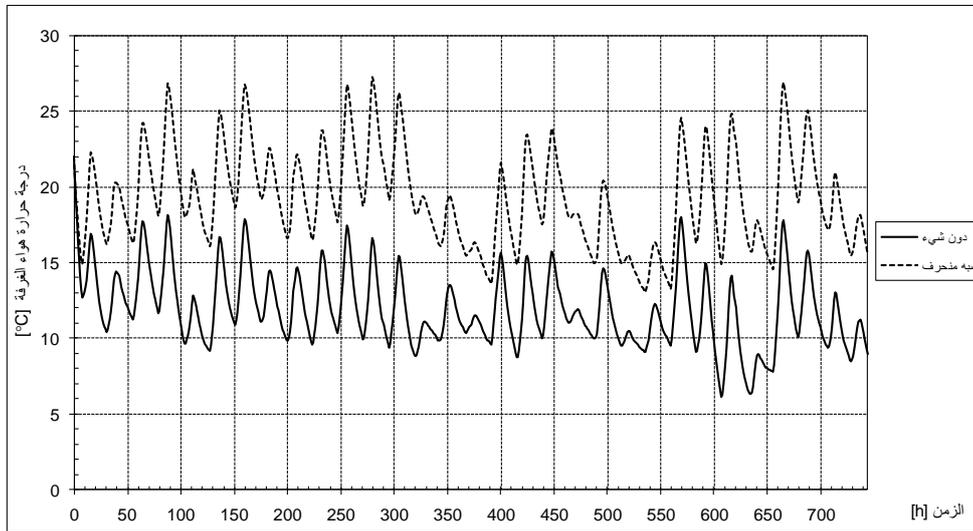
الشكل (7) تأثير شكل البيت الزجاجي على حمل الذروة للبناء الملاصق خلال أشهر التدفئة

تأثير شكل البيت الزجاجي على درجة حرارة الهواء الداخلية للبناء

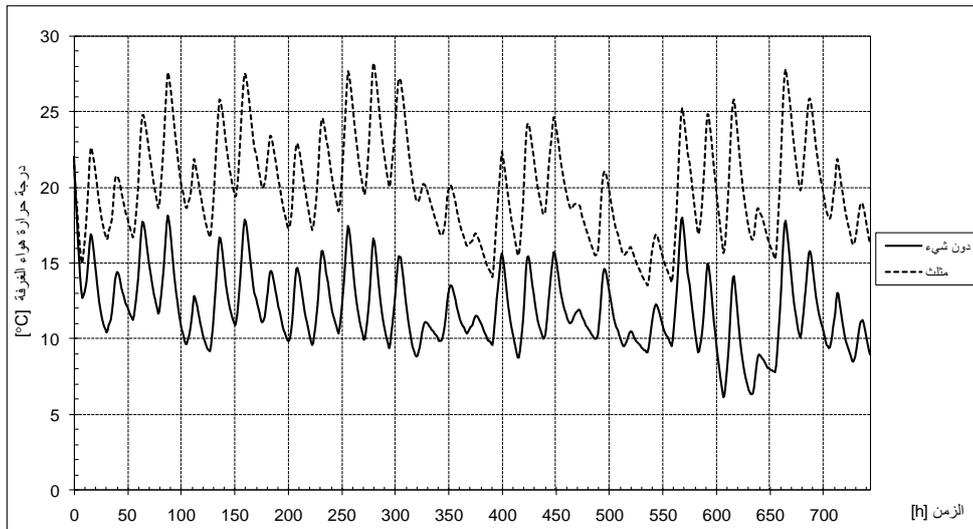
تبين الأشكال (8) و (9) و (10) التغير الساعي خلال شهر كانون الثاني لدرجة حرارة الهواء الداخلية لغرفتين الأولى غير ملاصقة للبيت الزجاجي والثانية ملاصقة له من أجل أشكاله المختلفة. نلاحظ من الأشكال السابقة الارتفاع الواضح في درجة حرارة هواء الغرفة الملاصقة للبيت الزجاجي مقارنة بالغرفة غير الملاصقة للبيت الزجاجي ويكون هذا الارتفاع أكثر وضوحاً من أجل البيت الزجاجي ذي المقطع المثلث ويصل أكبر ارتفاع في درجة الحرارة $11.92[^\circ\text{C}]$ و $11[^\circ\text{C}]$ و $9.6[^\circ\text{C}]$ من أجل مقطع مثلث وشبه منحرف ومربع على الترتيب. إن الارتفاع في درجة الحرارة الداخلية ناتج عن دور البيت الزجاجي في امتصاص وتخزين الحرارة 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 يحسن الشعور بالارتياح الحراري للقاطنين داخل البناء.



الشكل (8) تغير درجة حرارة هواء الغرفتين دون ومع بيت زجاجي ذي مقطع مربع خلال كانون الثاني



الشكل (9) تغير درجة حرارة هواء الغرفتين دون ومع بيت زجاجي ذي مقطع شبه منحرف خلال كانون الثاني



الشكل (10) تغير درجة حرارة هواء الغرفتين دون ومع بيت زجاجي ذي مقطع مثلث خلال كانون الثاني

الاستنتاجات والتوصيات:

- بعد إجراء المحاكاة اللحظية لدراسة تأثير شكل البيت الزجاجي (Sunspace) على حمل التدفئة ودرجة الحرارة الداخلية للغرفة الملاصقة له باستخدام برنامج المحاكاة TRNSYS نستنتج ما يلي:
1. إن أفضل شكل للبيت الزجاجي هو ذو مقطع مثلث حيث نحصل على أكبر نسبة وفر في حمل التدفئة تصل إلى [%]84.55 بينما نحصل على القيمة [%]72.48 من أجل مقطع مربع أي بزيادة مقدارها [%]12 وهذا يؤدي بدوره إلى تخفيض استهلاك الطاقة التقليدية.
 2. ينخفض حمل التدفئة الكلي وبالتالي تزداد نسبة الوفر في هذا الحمل كلما قلت زاوية ميل الواجهة الأمامية وهذا ناتج عن نفاذ كمية أكبر من الإشعاع الشمسي إلى داخل البيت الزجاجي عبر الواجهة الأمامية نتيجة صغر زاوية ورود الإشعاع الشمسي عليها والذي يؤدي بدوره إلى تخزين كمية أكبر من الحرارة في البيت الزجاجي خلال النهار وبالتالي تزويد طاقة حرارية أكبر للغرفة الملاصقة له.
 3. تزداد نسبة الوفر في حمل التدفئة بشكل واضح مع زيادة التدفق حتى القيمة [%]81 حيث بعدها تكون الزيادة في نسبة الوفر صغيرة جداً لا تتعدى [%]1 من أجل جميع أشكال البيت الزجاجي. تزداد نسبة الوفر من [%]76.78 في حالة عدم وجود تهوية إلى القيمة [%]84.55 عند تدفق مقداره [%]81 أي بزيادة مقدارها [%]7.8 من أجل بيت زجاجي ذي مقطع مثلث.
 4. ينخفض حمل الذروة عند استخدام البيت الزجاجي وتكون نسب الانخفاض في حمل الذروة الأعظمي خلال أشهر التدفئة هي [%]46 و [%]43.1 و [%]39.16 من أجل مقطع مثلث وشبه منحرف ومربع على الترتيب أي استخدام البيت الزجاجي ذي المقطع المثلث أدى إلى انخفاض أكبر في حمل الذروة وبالتالي هذا يقلل من استطاعة نظام تدفئة البناء المطلوب.
 5. تزداد درجة حرارة الهواء الداخلية بشكل واضح عند استخدام البيت الزجاجي ويكون هذا الارتفاع أكثر وضوحاً من أجل البيت الزجاجي ذي المقطع المثلث حيث يصل أكبر ارتفاع في درجة الحرارة إلى [%]11.92 في شهر كانون الثاني وهذا ما يؤمن الشعور بالارتياح الحراري للقائمين في البناء.
 6. متابعة البحث في دراسة تأثير بعض الخواص الحرارية الأخرى للبيت الزجاجي على حمل التدفئة. وكذلك دراسة تأثير استخدام البيت الزجاجي وخواصه الحرارية على حمل التبريد.

المراجع:

- [1]. ASTE, N., ANGELOTTI, A., BUZZETTI, M. *The influence of the external walls thermal inertia on the energy performance of well insulated buildings*. Energy and Buildings, Vol. 41, 2009, 1181-1187.
- [2]. KUHN, T. E., HERKEL, S., FRONTINI, F., STRACHAN, P., KOKOGIANNAKIS, G. *Solar control: A general method for modeling of solar gains through complex facades in building simulation programs*. Energy and Buildings, Vol. 43, 2011, 19-27.
- [3]. XIAO, W., WANG, X., ZHANG, Y. *Analytical optimization of interior PCM for energy storage in a lightweight passive solar room*. Applied Energy, Vol. 86, 2009, 2013-2018.
- [4]. DIACONU, M. B. *Thermal energy savings in building with PCM-enhanced envelope: influence of occupancy pattern and ventilation*. Energy and Buildings, Vol. 43, 2011, 101-107.
- [5]. 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.
- [6]. JABER, S., AJIB, S. *Optimum design of Trombe wall system in Mediterranean region*. Applied Energy, Vol. 85, 2011, 1891-1898.
- [7]. 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.
- [8]. 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.
- [9]. MOTTARD, M. J., FISSORE, A. *Thermal simulation of an attached sunspace and its experimental validation*. Solar Energy, Vol. 81, 2007, 305-315.
- [10]. 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.
- [11]. KLEIN, S. A. et al., *TRNSYS – a transient simulation program, version 16.1, User Manual*. University of Wisconsin-Madison, USA. 2006.
- [12]. *Meteonorm, 4.00, Global Meteorological Database for Solar Energy Applied Meteorology*. Nov 1999.