Journal of Engineering Sciences
Assiut University
Faculty of Engineering
Vol. 46
No. 4
July 2018
PP. 425 – 436

تأثير سمك الحائط الخارجى كأحد عناصر الغلاف الخارجى للمبنى على كفاءة إستهلاك الطاقة فى المبانى السكنية (دراسة لمبنى سكنى بمدينة السادس من أكتوبر)

تامر رفعت

قسم العمارة - الكلية الكندية الدولية القاهرة - مصر

Received 11 April 2018; Accepted 2 May 2018

ملخص البحث

يعتبر مؤشر الزيادة فى إستهلاك الطاقة على مستوى العالم إنذارا حول استنزاف الموارد بالإضافة على زيادة التأثير السلبى على البيئة (الاحتباس الحراري وتغير المناخ وظاهرة الجزر الحرارية، إلخ). حيث يستهلك المبنى 40٪ من إجمالي الطاقة وينتج 30٪ من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في العالم. [1]

كما يعتبر الأداء الحرارى للغلاف الخارجى للمباني (الحائط – السقف – الفتحات – أرضية المبنى) مشكلة كبيرة لأنه يعمل على إستهلاك الطاقة بصورة كبيرة من اجل تحقيق متطلبات الراحة الحرارية داخل المبانى. حيث يقدر الفقد الحرارى للمبانى ذات الطابق الواحد بمقدار 45٪ من الجدران والنوافذ الخارجية، و 42٪ من السطح والأرض و 13٪ من تسرب الهواء. بينما يقدر الفقد الحرارى فى المبنى المتعدد الطوابق بنحو 70٪ من الجدران والنوافذ الخارجية، و 13٪ من السطح وطبقة الطابق السفلي و 17٪ من تسرب الهواء.[2] ونتيجة لذلك فإن الغلاف الخارجى للمبنى يمثل أحد أهم العوامل المؤثرة على تحقيق الراحة الحرارية وكفاءة إستهلاك الطاقة فى المبانى السكنية وذلك لتعرضها المستمر للإشعاع الشمسى.

لذا تعتبر كفاءة إستهلاك الطاقة فى المبانى السكنية أحد الإتجاهات الحديثة التى يتجه لها العالم فى الوقت الحالى. حيث يمكن للمبنى أن يصل إلى كفاءة استهلاك للطاقة من خلال معالجة الحوائط الخارجية للوحدات السكنية كأحد مكونات الغلاف الخارجى للمبنى بما يتوافق مع متطلبات الكود المصرى وأسس التصميم البيئى.

الهدف من هذا البحث هو دراسة تأثير معالجة الحوائط الخارجية كأحد مكونات الغلاف الخارجى للمبنى في تحقيق كفاءة لإستهلاك الطاقة وزيادة الراحة الحراية داخل وحدة سكنية بمدينة السادس من أكتوبر كأحد المدن السكنية الجديدة التى تستقطب مشروعات الإسكان (الوحدة ذات توجيه واحد) ويتم دراسة هذا التأثير على التوجيهات التالية: شرق – غرب - جنوب.

تشمل المنهجية مراجعة الأدبيات والأساليب المتبعة لمعالجة الغلاف الخارجى للمبانى السكنية لتحقيق كفاءة إستهلاك الطاقة. بيليها دراسة عملية من خلال عمل محاكاه لوحدة سكنية لدراسة تاثير سمك الحائط الخارجى كأحد مكونات معالجة الغلاف الخارجى لوحدة سكنية ذات توجيه واحد بمدينة السادس من أكتوبر فى التوجيهات الأتية (جنوبا – شرقا – غربا) على كفاءة إستهلاك الطاقة. حيث نتج عن تغيير سمك الحائط من 12سم إلى 25سم فى حالة التوجيه جنوبا خفض فى إستهلاك الطاقة بمقدار 13.13% وفى حالة إستخدام حائط مزدوج سمك 12سم مع وجود تجويف هوائة 10سم 17.2%، أما فى حالة التوجيه شرقا كان الخفض فى إستهلاك الطاقة عند سمك 25سم 14.33، بينما فى حالة إستخدام حائط مزدوج سمك 12سم مع وجود تجويف هوائى 10سم 18.65%، وأخيرا فى حالة التوجيه غربا كان الخفض فى إستهلاك الطاقة عند سمك 25سم 15.26%، بينما فى حالة إستخدام حائط مزدوج سمك 12سم مع وجود تجويف هوائة 10سم 22.79%. ومن ثم ينتهى البحث ببعض التوصيات حول كيف يمكن معالجة الغلاف الخارجى لوحدة سكنية ليس فقط من خلال سمك الحائط بل أيضا بنوعية الطوب المستخدم فى الحائط ونوعية الزجاج المستخدم وعزل الأسقف فى حالة تعرضها للإشعاع الشمسى أن يعمل على تقليل إستهلاك الطاقة حيث تم الوصول إلى نسبة خفض 46% نتيجة لتقليل أحمال التبريد والتدفئة.

الكلمات الدالة: استهلاك الطاقة، الغلاف الخارجى، المبانى السكنية.

1. المقدمة

تستهلك المباني السكنية أكثر من 50٪ من إجمالي استهلاك الكهرباء. وتقدر نسبة الإضاءة الصناعية بحوالي 40٪ من الكهرباء المستخدمة في القطاع السكني و 35٪ من الكهرباء المستخدمة في نظام التدفئة والتهوية والتكييف. ومن المتوقع زيادة كبيرة في الطلب على الكهرباء خلال السنوات القليلة المقبلة بمعدل نمو يزيد عن 10 ٪. [3]

ويلعب سمك الحوائط الخارجية كأحد مكونات الغلاف الخارجى للمبنى دورا هاما فى تحقيق استهلاك الطاقة بالإضافة إلى تحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغات السكنية، مما يعمل على تحقيق بيئة داخلية أفضل للساكنين. [2] كما يعتبر أيضا عاملاً رئيسياً في التأثير الجمالي والبصري على المبنى. حيث تعتبر المرونة في تصميم الحوائط الخارجية لتلبية مختلف الجوانب البصرية والوظيفية، مكونًا مهمًا يمكن أن يشجع المهندسين المعماريين والعملاء ومستخدمى الفراغ على الإهتمام بتصميم بمواد تصميم الحوائط الخارجية كأحد عناصر الغلاف الخارجى. [3]

وهناك العديد من العوامل التى تؤثر على الأداء الحرارى للغلاف الخارجى للمبنى مثل: توجيه المبنى، التشكيل الهندسى، والمواد التي يتكون منها الغلاف الخارجى (حوائط – سقف – فتحات – أرضية المبنى)، والمقاومة الحرارية الخاصة بهذه المواد، ونسبة النوافذ إلى مساحة الجدار (Window to Wall Ratio – WWR%)، التسرب الحرارى. [4]

ونتيجة لأهمية تحقيق كفاءة إستهلاك الطاقة فى المبانى السكنية ودور الغلاف الخارجى للمبنى فى تحقيق هذا فإن الكود المصرى لكفاءة الطاقة فى المبانى السكنية قام بوضع معايير للتصميم تعتمد على تحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغات مما يعمل على تحقيق كفاءة إستهلاك الطاقة.

1.1. إشكالية البحث

وتتمثل إشكالية البحث فى زيادة إستهلاك الطاقة فى المبانى السكنية بالإضافة إلى عدم تحقيق الراحة الحرارية بصورة متكاملة داخل الفراغات السكنية.

2.1. هدف البحث

تهدف الدراسة البحثية إلى قياس تأثير تصميم الغلاف الخارجى وتوجيه المبنى على كفاءة إستهلاك الطاقة داخل الفراغات المعمارية.

3.1. منهجية البحث

يعتمد البحث على المراجعة والتحليل للكود المصرى لكفاءة إستهلاك الطاقة ومتطلباته ومدى تأثيرها على كفاءة إستهلاك الطاقة فى المبنى ويتم ذلك من خلال ما يلى:

- الدراسة النظرية: إستعراض للكود المصرى لكفاءة الطاقة وذلك لمعرفة متطلبات الكود فى تصميم الغلاف الخارجى لضمان تحقيق كفاءة إستهلاك الطاقة.
  دور تصميم الغلاف الخارجى للمبنى ومدى تأثيره على كفاءة إستهلاك الطاقة.
- الدراسة العملية: عمل محاكاه (Simulation) لوحدة سكنية ذات توجيه واحد وذلك لدراسة تأثير سمك الحائط الخارجى للمبنى على كفاءة إستهلاك الطاقة.
- النتائج والتوصيات.

2. الكود المصرى لتصميم المسكن والمجموعة السكنية والكود المصرى لكفاءة إستهلاك الطاقة فى المبانى السكنية

تناول الكود المصري لكفاءة الطاقة فى المبانى السكنية معايير تصميم الوحدة السكنية كما تناول أيضا الجوانب الرئيسية في تصميم الوحدة السكنية حيث أن التصميم هو أحد العوامل الرئيسية الهامة الذي تتحقق به الراحة الحرارية وكفاءة إستهلاك الطاقة.[5] وذلك من خلال الجوانب الآتية:

أ- مكونات الوحدة السكنية: حدد الكود متطلبات أنشطه السكنى الواجب توافرها بالوحده السكنيه و الحد الأدنى لعدد الغرف المقفله وهو غرفه واحده على الاقل و كذلك الحد الادنى للمكونات الواجب

توافرها بالوحدة السكنية وهو (فراغ معيشة- نوم حمام أو دوره مياه- مطبخ). وتتكون الوحدة السكنية مما يلى: [6]

- معيشة
- طعام
- استقبال
- مطبخ
- استذكار
- دورة مياه
- نوم

كما تم تحديد نسبة مسارات الحركة والممرات مما لا يزيد عن 20%, بالإضافة إلى ألا يزيد معدل المساحة المخصصة الفرد فى الغرفة الواحدة عن 1.5 م/الغرفة. [6]

وأخيرا فقد قام الكود المصرى لكفاءة الطاقة بتحديد مقدار المقاومة الحرارية لكل مادة من المواد المستخدمة فى البناء وذلك لضمان تحقيق الراحة الحراية داخل الفراغات مما يؤدى بدوره إلى تحقيق كفاءة إستهلاك الطاقة نتيجة لتقليل أحمال التبريد والتدفئة فى الفراغات. بالإضافة إلى أنه تم تحديد أن نسبة النوافذ إلى الجدار بنسبة 15٪ : 20% تقلل من إجمالي استهلاك الكهرباء السنوي للمباني. كما تم حساب العوامل الشمسية (Solar Factor – SF) وعوامل توجيه النوافذ (Orientation Factor - OF) للتوجيهات الثمانية للجدار (شمال – جنوب – شرق – غرب – شمال شرق – شمال غرب – جنوب شرق – جنوب غرب). تم حساب القيمة الإجمالية للإنتقال الحرارى (Over All Thermal Transfer Value – OTTV) لكل اتجاه للمتغيرات المختلفة، على سبيل المثال. نسية النافذة للحائط، نوع الزجاج، التظليل، لون الجدار والأرضية الوسطى والعليا. تظهر النتائج أن كتلة وأنواع مواد البناء.، ونوع الزجاج والستائر ؛ التوجيه؛ سمك الجدار (25سم)، امتصاص الجدار الشمسي (α =.3) مما يعمل على الزيادة من معدل الأداء الحرارى للغلاف الخارجى للمبنى مما يؤدى بدوره إلى التقليل من حمولة التبريد بنسبة 60٪. [7]

ب- المقاومة الحرايـة (R-Value): [8] هو مقياس لمقاومة تدفق الحرارة من خلال سمك معين من المواد.، وكلما ارتفعت قيمة R، كلما زادت المقاومة.
المقاومة الحرارية = (فرق درجة الحرارة*المساحة*الوقت)/الفقد الحرارى.
ج- النفاذية الحرارية U-Value: [7] معدل إنتقال الحرارة (بالوات) خلال متر مربع واحد من المادة (وات/م^2).
النفاذية الحرارية = 1/المقاومة الحرارية.
د- القيمة الإجمالية للإنتقال الحرارى OTTV: [7] تشير القيمة الإجمالية لإجمالي النقل الحراري (OTTV) للغلاف الخارجى للمبنى إلى مقدار الحرارة المنقولة داخل المبنى من خلال واجهات المبنى والسقف والفتحات والأرضية المكونة للغلاف الخارجى.

3. الغلاف الخارجى للمبنى

ويعرف الغلاف الخارجى للمبنى بأنه الفاصل المادي بين البيئة المكيفة والغير مكيفة للمبنى بما في ذلك مقاومة الهواء والماء والحرارة والضوء ونقل الضوضاء. ويمكن تعريفها أيضًا بأنها "الأجزاء الخارجية من مبنى التى يتم من خلالها نقل الطاقة الحرارية" و "هذا النقل الحراري هو العامل الرئيسي الذي يؤثر على مستوى الراحة الداخلية واستخدام الطاقة". [9] ويتكون الغلاف الخارجى للمبنى من: الجدران (الحوائط) والفتحات والأرضيات والأسقف الذي يتعرض للظروف المناخية الخارجية المحيطة.

ووفقا لكود البناء السكني الفعال للطاقة في الدول العربية لعام 2010 فإنه يوجد ثلاث طرق لتحقيق متطلبات الغلاف الخارجى للمبنى وهى كالأتى: [7]

أ- متطلبات المنظور (كتلة المبنى): يجب أن يكون مجموع قيم المواد العازلة المثبتة في الجدار، التجاويف والأغطية العازلة (عند استخدامها) مستوفياً أو يتجاوز الحد الأدنى المطلوب "قيمة الجدار R" للمناخ الملائم – بالنسبة لجمهورية مصر العربية (المقاومة الحرارية للأسقف 1.76 م2/°م وات, بينما الحوائط 1.00 م2/°م وات) وذلك وفقا لكود البناء السكني الفعال للطاقة في الدول العربية لعام 2010 [10]، بينما متطلبات الكود المصرى للطاقة فى المبانى السكنية (المقاومة الحرارية للأسقف 2.2 م2/°م وات, بينما الحوائط 1.4م2/°م وات)

ب-توافق الغلاف الخارجى: يمكن استخدام متطلبات القيمة الإجمالية للإنتقال الحرارى المحسوبة (Over All Thermal Transfer Value – OTTV)، (W / m2) [11] للمباني المكيفة في المتطلبات الإلزامية. لحساب OTTV، كما يجب حساب العوامل الشمسية (Solar Factor – SF) وعوامل التوجيه (Orientation Factor - OF) من متوسطات الإشعاع الشمسي المباشرة والمنتشرة كل ساعة، شهر وسنة. تم حساب البيانات الشمسية للتوجيهات الثمانية. [12]

ج- الأداء الشامل للمبنى: يجب أن يتوافق التصميم المقترح مع تكاليف الطاقة السنوية (8760 ساعة) التى يجب أن تتوافق بدورها مع التصميم القياسي. كما يجب تحديد التصميم المقترح والتصميم القياسي باستخدام نفس أداة محاكاة تحليل الطاقة المعتمدة، مثل VDOE أو Energy Plus أو Design Builder. [7]

4. الدراسة العملية – دراسة معالجة الغلاف الخارجى لوحدة سكنية ذات توجية واحد وتأثيرها على كفاءة إستهلاك الطاقة فى التوجيهات (جنوب – شرق – غرب)

الدراسة العملية على وحدة سكنية بمسطح 90م^2, بمنطقة السادس من اكتوبر والوحدة ذات توجيه واحد، والتجربة ستكون فى التوجيهات الأتية (جنوب – شرق - غرب) وتقع الوحدة فى الدور الاول وذلك لدراسة تأثير إختلاف سمك الحوائط الخارجية وتجاهل الإكتساب الحرارى للسقف على الأداء الحرارى للمبنى على معدل إستهلاك الطاقة

1.4. التعريف ببرنامج المحاكاه Design Builder

وفقا إلى قسم الطاقة الأمريكى (DOE, US Department of Energy, 9.7) فإن برنامج Design Builder يعتبر أول برنامج مقارنة يشمل نفس السطح البينى لبرنامج Energy Plus وتطوير برنامج Design Builderأدى إلى خلق معلومات تقديمية عن الخصائص المناخية والحرارية للمواد المستخدمة فى الوحدة ,كما أنه أيضا يمكنه حساب الأحمال الحرارية سواء للتدفئة او للتبريد معتمدا على البيانات المناخية من ASHREوبصورة مبسطة مشابهة لبرنامج Energy Plus مما يضمن دقة نتائج التجربة. [13]

هناك العديد من الدراسات التى قامت بهدف رقع كفاءة إستهلاك الطاقة فى المبانى ودراسة الفائدة الحرارية لعزل الغلاف الخارجى للمبنى. فقد قام Huang, Y. J., Akbari, H. Taha, & Rosendeld, A. (H., 1987)بدراسة ثلاث مبانى سكنية فى الولايات المتحدة الأمريكية واجهاتهم الاربعة بعد عزل الواجهات بإستخدام النباتات فكانت نسبة التخفيض فى إستخدام وسائل التهوية الميكانيكية بنسبة 10.5: 53.3%.[14] كما قام بيريز Perez بدراسة ثلاث عزل ثلاث واجهات لمبنى بأسبانيا (شمالية غربية ,جنوبية غربية، جنوبية شرقية) ووجد أن درجة حرارة الواجهات قلت بمقدار 5.5 درجات مئوية.

المحاكاه تم عملها على النموذج الأصلى (الوحدة السكنية) ودراسة تأثير مواد البناء المستخدمة فى الحائط الخارجى على معدل إستهلاك الطاقة والأداء الحرارى ثم بعد ذلك دراسة تغيير سمك ونوع طبقات الحائط الخارجى بما يتوافق مع متطلبات الكود.

لضمان جودة النتائج للبرنامج تم مقارنة متوسط معدل إستهلاك الوحدة السكنية ذات مسطح 90م^2 للكهرباء على مستوى العام فى حالة التوجيه جنوبا بالنتيجة التى تم إستخراجها من البرنامج فكانت النتيجة متقاربة حيث كانت النتيجة من حساب متوسطات فواتير الكهرباء للوحدة ما يعادل 3715.57 كيلووات/ساعة بينما كانت النتيجة من البرنامج 3598.17 كيلووات/ساعة.

2.4. نموذج التجربة

تم إختيار هذا النموذج نظرا لكونه أحد نماذج الإسكان التى يتم تكرارها فى مشاريع الإسكان بالمدن الجديدة، وأيضا نظرا وتم إختيار الوحدة ذات التوجيه الواحد لإحتوائها على حائط واحد فقط مع التقليل من نسبة الفتحات فى الحوائط لسهولة دراسة التأثير على الحائط الخارجى، وذلك نتيجة لكبر كمية الإشعاع الشمسى المكتسبة من خلال الفتحات الموجودة فى الحائط. ويوضح (جدول 1) بيانات الوحدة المستخدمة فى التجربة بينما يوضح الشكل (1) المسقط الافقى للوحدة السكنية.

جدول 1: بيانات التجربة العملية (الوضع الأصلى)

الموقع	السادس من أكتوبر
البرنامج المستخدم للمحاكاه	Design Builder
بيانات الفراغ	نسبة الفتحات للحوائط WWR: 20% نوعية الزجاج: سمك 6مم – زجاج نقى شفاف
طبقات الحائط الخارجى	0.05م دهان 0.025م مونة اسمنتية 0.12م طوب خرسانى 0.025م مونة اسمنتية 0.05م دهان

شكل 1: المسقط الأفقى للوحدة ذات التوجيه الواحد

تم ملاحظة كمية الأحمال الحرارية على الوحدة من خلال أحمال التبريد والتدفئة التى تحتاجها الوحدة سنويا لتحقيق الراحة الحرارية مع تثبيت درجة الحرارة داخل الوحدة فى برنامج المحاكاه، وذلك فى حالة نقصها دل ذلك على خفض كمية الأحمال الحرارية المكتسبة من الغلاف الخارجى للوحدة.

1.2.4. دراسة تأثير تغيير سمك الحائط الخارجى فى التوجيهات المختلفة (جنوب – شرق – غرب)

ويوضح (جدول 2) معدل إستهلاك الطاقة وأحمال التبريد والتدفئة للوحدة فى حالة إستخدام طوب خرسانى (Concrete Brick) بعدة أسماك مختلفة 12سم، 25 سم، 34سم (حائط مزدوج سمك 12سم مع وجود تجويف هوائى سمك 10سم). والزجاج المستخدم فى النوافذ زجاج سمك 6مم – نقى.

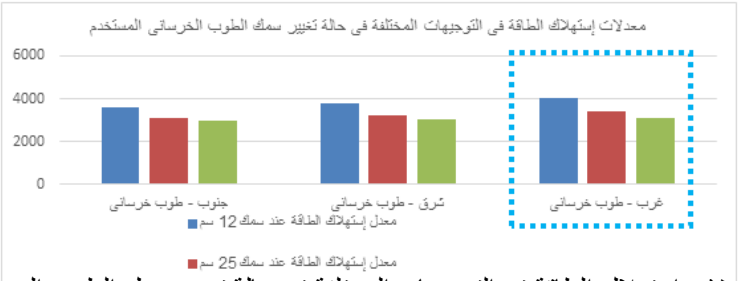
جدول 2: معدل إستهلاك الطاقة فى حالة إستخدام طوب خرسانى بعدة أسماك مختلفة فى حالة التوجيه جنوبا – شرقا - غربا

التوجيه	نوع الطوب المستخدم فى الحائط	سمك الطوب المستخدم فى الحائط	التبريد – سنويا (كيلووات/ساعة)	التدفئة - سنويا (كيلووات/ساعة)	معدل إستهلاك الكهرباء – سنويا (كيلووات/ساعة)	مقدار الخفض فى إستهلاك الكهرباء%
جنوب	طوب خرسانى	12 سم – (الوضع الأصلى)	2723.89	874.28	3598.17	
		25 سم	2378.96	746.51	3125.47	13.13
		حائط مزدوج سمك 12سم مع وجود تجويف هوائى سمك 10سم	2289.33	689.75	2979.08	17.2
شرق		12 سم – (الوضع الأصلى)	2833.27	934.37	3767.64	
		25 سم	2501.9	725.94	3227.84	14.33
		حائط مزدوج سمك 12سم مع وجود تجويف هوائى سمك 10سم	2443.05	621.91	3064.96	18.65
غرب		12 سم – (الوضع الأصلى)	3039.71	992.1	4031.81	
		25 سم	2635.25	781.5	3416.75	15.26
		حائط مزدوج سمك 12سم مع وجود تجويف هوائى سمك 10سم	2477.59	635.28	3112.87	22.79

ويمقارنة النتائج بين الثلاث توجيهات المختلفة (جنوب – شرق – غرب) نجد أن كلما زاد سمك الحائط قل معدل إستهلاك الطاقة فى الوحدة السكنية فى الثلاث توجيهات المختلفة، حيث فى حالة التوجيه جنوبا قل معد إستهلاك الطاقة بمقدار 13.13% فى حالة زيادة سمك الطوب الخرسانى إلى 25 سم، بينما قل بنسبة 17.2% فى حالة زيادة السمك إلى 34 سم (حائط مزدوج سمك 12 سم مع وجود تجويف هوائى بسمك 10 سم). بينما فى حالة التوجيه شرقا قل معد إستهلاك الطاقة بمقدار 14.33% فى حالة زيادة سمك الطوب الخرسانى إلى 25 سم، بينما قل بنسبة 18.65% فى حالة زيادة السمك إلى 34 سم (حائط مزدوج سمك 12 سم مع وجود تجويف هوائى بسمك 10 سم). بينما فى حالة التوجيه غربا قل معد إستهلاك الطاقة بمقدار 15.26% فى حالة زيادة سمك الطوب الخرسانى إلى 25 سم، بينما قل بنسبة 22.79% فى حالة زيادة السمك إلى 34 سم (حائط مزدوج سمك 12 سم مع وجود تجويف هوائى بسمك 10 سم)

كما نجد أيضا أن الإكتساب الحرارى للحائط يقل بزيادة سمك الحائط حيث يظهر ذلك فى مقدار أحمال التبريد والتدفئة للوحدة عند كل سمك (12سم، 25سم، 34 سم - حائط مزدوج سمك 12 سم مع وجود تجويف هوائى بسمك 10 سم)

وأيضا نجد أن معدل إستهلاك الطاقة فى حالة التوجيه جنوبا يكون أقل من التوجيهات شرقا وغربا وذلك نظرا لإرتفاع زاوية الشمس وأيضا لأن الشمس تكون عمودية فى حالة هذا التوجيه، بينما نجد أن التوجيه غربا أكثرهم إستهلاكا للطاقة وذلك نظرا لطول فترة الإشعاع الشمسى على الحائط فى هذا التوجيه. (شكل 2)



شكل 2: معدلات إستهلاك الطاقة فى التوجيهات المختلفة فى حالة تغيير سمك الطوب الخرسانى المستخدم

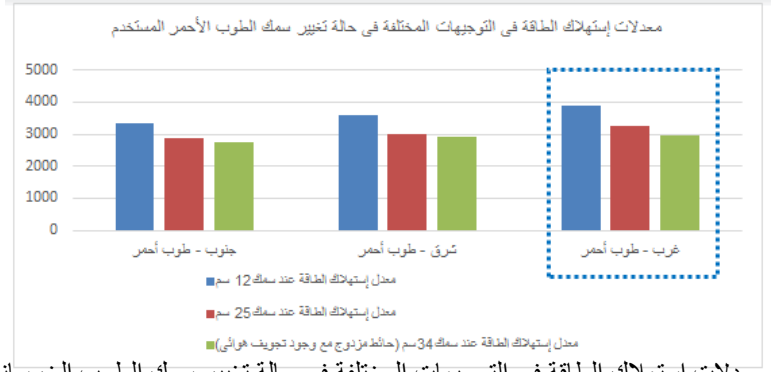
ونظرا لأن سمك الحائط ليس هو فقط المؤثر الوحيد على كفاءة إستهلاك الطاقة حيث أن المادة المستخدمة فى الحائط لها دور كبير فى زيادة أو نقص المقاومة الحرارية للحائط لذا تم تجربة تغيير نوع الطوب المستخدم فى الحائط لطوب أحمر (Red Blocks) نظرا لإرتفاع مقاومته الحرارية عن الطوب الخرسانى. وذلك لدراسة تأثيره على معدل إستهلاك الطاقة. (جدول 3)

جدول 3: معدل إستهلاك الطاقة فى حالة إستخدام طوب أحمر بعدة أسماك مختلفة فى حالة التوجيه جنوبا – شرقا - غربا

التوجيه	نوع الطوب المستخدم فى الحائط	سمك الطوب المستخدم فى الحائط	التبريد – سنويا (كيلووات/ساعة)	التدفئة – سنويا (كيلووات/ساعة)	معدل إستهلاك الكهرباء – سنويا (كيلووات/ساعة)	مقدار الخفض فى إستهلاك الكهرباء%
جنوب	طوب أحمر	12 سم – (الوضع الأصلى)	2587.16	759.56	3346.72	
		25 سم	2178.15	689.97	2868.12	14.3
		حائط مزدوج سمك 12سم مع وجود تجويف هوائى سمك 10سم	2058.08	669.76	2727.84	18.5
شرق		12 سم – (الوضع الأصلى)	2749.25	835.72	3584.97	
		25 سم	2234.76	786.98	3021.74	15.7
		حائط مزدوج سمك 12سم مع وجود تجويف هوائى سمك 10سم	2160.93	736.91	2897.84	19.2
غرب		12 سم – (الوضع الأصلى)	2946.7	948.09	3894.79	
		25 سم	2484.97	784.97	3269.94	16.1
		حائط مزدوج سمك 12سم مع وجود تجويف هوائى سمك 10سم	2190.83	763.84	2954.67	24.1

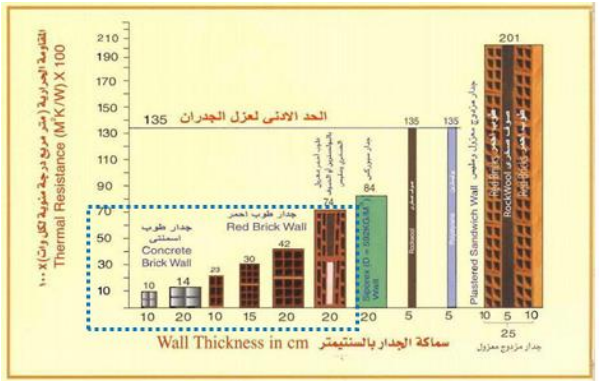
ويمقارنة النتائج بين الثلاث توجيهات المختلفة (جنوب – شرق – غرب) نجد أن كلما زاد سمك الحائط قل معدل إستهلاك الطاقة فى الوحدة السكنية فى الثلاث توجيهات المختلفة، حيث فى حالة التوجيه جنوبا قل معد إستهلاك الطاقة بمقدار 14.3% فى حالة زيادة سمك الطوب الخرسانى إلى 25 سم، بينما قل بنسبة 18.5% فى حالة زيادة السمك إلى 34 سم (حائط مزدوج سمك 12 سم مع وجود تجويف هوائى بسمك 10 سم). بينما فى حالة التوجيه شرقا قل معد إستهلاك الطاقة بمقدار 15.7% فى حالة زيادة سمك الطوب الخرسانى إلى 25 سم، بينما قل بنسبة 19.2% فى حالة زيادة السمك إلى 34 سم (حائط مزدوج سمك 12 سم مع وجود تجويف هوائى بسمك 10 سم). بينما فى حالة التوجيه غربا قل معد إستهلاك الطاقة بمقدار 16.1% فى حالة زيادة سمك الطوب الخرسانى إلى 25 سم، بينما قل بنسبة 24.2% فى حالة زيادة السمك إلى 34 سم (حائط مزدوج سمك 12 سم مع وجود تجويف هوائى بسمك 10 سم).

كما نجد أيضا أن معدل إستهلاك الطاقة فى حالة التوجيه جنوبا يكون أقل من التوجيهات شرقا وغربا وذلك نظرا لأن الشمس تكون عمودية فى حالة هذا التوجيه، بينما نجد أن التوجيه غربا أكقرهم إستهلاكا للطاقة وذلك نظرا لطول فترة الإشعاع الشمسى على الحائط فى هذا التوجيه. (شكل 3)



شكل 3: معدلات إستهلاك الطاقة فى التوجيهات المختلفة فى حالة تغيير سمك الطوب الخرسانى المستخدم

كما نجد أيضا أن معدل إستهلاكات الطاقة فى حالة إستخدام الطوب الأحمر أقل من معدلات إستخدام الطاقة فى حالة إستخدام الطوب الخرسانى نتيجة لزيادة المقاومة الحرارية للطوب الأحمر. (شكل 4)



شكل 4: المقاومة الحرارية لأنواع الطوب المختلفة. [15]

5. التوصيات

يجب مراعاه نوع المادة المستخدمة وسمك الحائط الخارجى عند تصميم الوحدة السكنية مع مراعاه التوجيه العام للمبنى حيث أنه فى حالة تصميم الوحدة السكنية ذات التوجيه غربا فإنه يجب مراعاه زيادة سمك الحائط عن 12سم وذلك لزيادة المقاومة الحرارية (R-Value) مما ينتج عنه تقليل فى الإكتساب الحرارى وإستهلاك الطاقة.

يفضل إستخدام الطوب الأحمر بدلا من الطوب الخرسانى نظرا لإرتفاع مقاومته الحرارية مما يعمل على تقليل الإكتساب الحرارى داخل الفراغات.

يجب مراعاة نوع الزجاج المستخدم فى الوحدة السكنية وذلك لتقليل الإكتساب الحرارى داخل الفراغات مما يعمل على تقليل إستهلاك الطاقة، حيث يوضح (الجدول 4) معدل إستهلاك الطاقة وأحمال التبريد والتدفئة للوحدة فى حالة زجاج نقى سمك 6مم وزجاج مزدوج وزجاج ثلاثى وزجاج Low-E فى حالة أكثر التوجيهات إستهلاكا للطاقة (غربا) مع إستخدام حائط مزدوج سمك 12 سم مع وجود تجويف هوائى بسمك 10 سم. فى حالة كان نوع الطوب المستخدم طوب أحمر وذلك نظرا لكونه أعطى أكثر نسبة فى خفض إستهلاك الطاقة نتيجة لأرتفاع مقاومته الحرارية.

جدول 4: معدل إستهلاك الطاقة فى حالة إستخدام زجاج مزدوج وثلاثى و Low-E – توجيه غربا – حائط مزدوج سمك 12سم مع وجود تجويف هوائى 10سم – طوب أحمر

التوجيه	نوع الزجاج المستخدم	نوع وسمك الطوب المستخدم فى الحائط	معدل إستهلاك الكهرباء – سنويا (كيلووات/ساعة)	مقدار الخفض فى إستهلاك الكهرباء%
غربا	زجاج سمك 6مم – نقى	طوب أحمر 12 سم – (الوضع الأصلى)	3894.79	
	زجاج سمك 6مم – نقى	طوب أحمر - حائط مزدوج سمك 12سم مع وجود تجويف هوائى سمك 10سم	2954.67	24.1
	زجاج مزدوج	طوب أحمر - حائط مزدوج سمك 12سم مع وجود تجويف هوائى سمك 10سم	2787.94	28.4
	زجاج ثلاثى	طوب أحمر - حائط مزدوج سمك 12سم مع وجود تجويف هوائى سمك 10سم	2591.24	33.5
	زجاج Low-E	طوب أحمر - حائط مزدوج سمك 12سم مع وجود تجويف هوائى سمك 10سم	2476.42	36.4

ويمقارنة النتائج فى حالة التوجيه غربا بين الوضع الأصلى (حائط 12سم طوب خرسانى + زجاج 6مم نقى) نجد أنه فى حالة تغيير سمك الحائط فقط إلى 34 سم (حائط مزدوج سمك 12 سم مع وجود تجويف هوائى بسمك 10 سم) قل إستهلاك الطاقة بمعدل 24.1% بينما فى حالة تغيير سمك الحائط مع إستخدام زجاج مزدوج قل إستهلاك الطاقة بمقدار 28.4%، بينما فى حالة تغيير سمك الحائط وإستخدام زجاج ثلاثى قل الإستهلاك بمقدار 33.5%، وأخيرا فى حالة تغيير سمك الحائط وإستخدام زجاج Low-E قل الإستهلاك بمقدار 36.4%. لذا يجب مراعاة إختيار نوع الزجاج بدقة لضمان تحقيق جودة الأداء الحرارى لغلاف المبنى وتقليل معدل إستهلاك الطاقة

كما يجب أيضا مراعاة عزل الأسقف وحجبها عن الإشعاع الشمسى المباشر فى حال كانت الوحدة فى الدور الأخير حيث يعتبر السقف أكثر عناصر الغلاف الخارجى تعرضا للإشعاع الشمسى المباشر، حيث ويوضح (جدول 5) معدل إستهلاك الطاقة وأحمال التبريد والتدفئة للوحدة فى حالة النموذج الأصلى وتغطية السقف بكاسر شمسى من الخشب أوزراعة السقف بالنباتات فى حالة أكثر التوجيهات إستهلاكا للطاقة (غربا) مع إستخدام حائط مزدوج سمك 12 سم مع وجود تجويف هوائى بسمك 10 سم. فى حالة كان نوع الطوب المستخدم طوب أحمر نظرا لكونه أعطى أكثر نسبة فى خفض إستهلاك الطاقة نتيجة لأرتفاع مقاومته الحرارية، وأيضا فى حالة كان نوع الزجاج المستخدم Low-E.

جدول 5: معدل إستهلاك الطاقة فى حالة إستخدام سقف النموذج الأصلى وتغطيته بكاسر شمسى من الخشب على السقف وسقف مزروع – توجيه غربا – حائط مزدوج سمك 12سم مع وجود تجويف هوائى 10سم – طوب أحمر – زجاج Low-E

التوجيه	نوع السقف المستخدم	نوع الزجاج المستخدم	نوع وسمك الطوب المستخدم فى الحائط	معدل إستهلاك الكهرباء – سنويا (كيلووات/ساعة)	مقدار الخفض فى إستهلاك الكهرباء%
غربا	طبقات السقف –الوضع الأصلى	زجاج سمك 6مم – نقى	طوب أحمر 12 سم –(الوضع الأصلى)	3894.79	
	طبقات السقف –الوضع الأصلى	زجاج Low-E	طوب أحمر - حائط مزدوج سمك 12سم مع وجود تجويف هوائى سمك 10سم	2476.42	36.4
	فى حالة تغطية السقف بكاسر شمسى من الخشب	زجاج Low-E	طوب أحمر - حائط مزدوج سمك 12سم مع وجود تجويف هوائى سمك 10سم	2141.24	45.02
	فى حالة إستخدام السقف المزروع	زجاج Low-E	طوب أحمر - حائط مزدوج سمك 12سم مع وجود تجويف هوائى سمك 10سم	2087.94	46.4

ويمقارنة النتائج فى حالة التوجيه غربا بين الوضع الأصلى (حائط 12سم طوب خرسانى + زجاج 6مم نقى) نجد أنه فى حالة تغيير سمك الحائط فقط إلى 34 سم (حائط مزدوج سمك 12 سم مع وجود تجويف هوائى بسمك 10 سم) مع تغيير نوع الزجاج إلى زجاج Low-E قل إستهلاك الطاقة بمعدل 36.4% بينما فى حالة تغيير سمك الحائط ونوعية الزجاج المستخدم وتغطية السقف بإستخدام كاسر شمسى من الخشب قل معد الإستهلاك بنسبة 45.02%، بينما فى حالة تغيير سمك الحائط ونوعية الزجاج المستخدم وزراعة السقف قل معدل الإستهلاك بنسبة 46.4%.

ونستنتج من ذلك أيضا أن لعزل السقف دور كبير فى تقليل الإكتساب الحرارى المباشر من اشعة الشمس نظرا لكونه مساحة أفقية مفتوحة معرضة للإشعاع الشمسى طوال فترات النهار, كما نجد أن الفرق فى مقدار الخفض فى إستهلاك الطاقة بين تغطية السقف بكاسر شمسى من الخشب أو زراعته بالنباتات بسيط (1.4%) نظرا لكون الطريقتان تعمل على حجب الإشعاع الشمسى المباشر تمام من سقف الوحدة السكنية.

وأخيرا يجب على الدولة أن تضع القوانين الإلزامية بضرورة الإلتزام بمتطلبات الكود المصرى لكفاءة الطاقة فى المبانى السكنية لضمان تحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغات وتقليل إستهلاك وسائل التبريد والتدفئة مما ينتج عنه خفض فى إستهلاك الطاقة وتقليل كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة مما يحسن من تأثير المبانى السكنية على البيئة الطبيعية.

6. الإستنتاجات

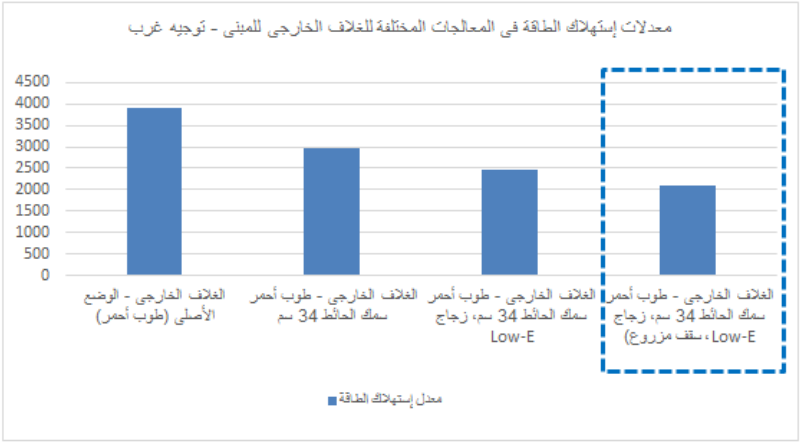
من خلال الدراسات والتحليلات السابقه فأن للغلاف الخارجى دور كبير فى تحسين الأداء الحرارى للمبنى وتحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغات السكنية. بالإضافة إلى أنه يمكنه تحسين التأثير السلبى للمبنى على البيئة الطبيعية من خلال تقليل إنبعاثات غاز ثانى أكسيد الكربون الذى بدوره يعمل على تقليل تأثير ظاهرة الإحتباس الحرارى والجزر الحرارية.

وتعتبر المبانى الأكثر إستهلاكا للطاقة حيث تستهلك 60% من إجمالى الطاقة المستهلكة لذا فإنه بمراعاه سمك الحائط الخارجى ونوع الطوب المستخدم بالإضافة إلى سمك ونوع الزجاج المستخدم ومحاولة حجب الإشعاع الشمسى المباشر عن سقف المبنى فإنه يمكن تقليل إستهلاك الطاقة والحفاظ على الراحة الحرارية وذلك نتيجة لتقليل كمية الإكتساب الحرارى الناتج من الغلاف الخارجى للمبنى (حوائط – أسقف – فتحات). لذلك أتجه الكود المصرى لكفاءة الطاقة فى المبانى السكنية و كود البناء السكني الفعال للطاقة في الدول العربية لعام 2010 إلى تحديد المقاومة الحراية اللازمة لعناصر الغلاف الخارجى للمبانى السكنية وفقا لكل إقليم مناخى لضمان تقليل الأحمال الحرارية على المبانى وتحقيق الراحة الحرارية لمستخدميها.

من خلال التجربة العملية فإنه يمكن تحقيق كفاءة لإستهلاك الطاقة فى المبانى السكنية من خلال تغيير سمك الحائط الخارجى لوحدة سكنية (تغيير سمك الحوائط إلى 25 سم – إستخدام حائط مزدوج سمك 12سم مع وجود تجويف هوائى بسمك 10سم) بالإضافة إلى تغيير نوع الطوب المستخدم (طوب خرسانى – طوب أحمر) وذلك لتقليل الإكتساب الحرارى الناتج من الحوائط مما يحقق وفرا فى استهلاك الطاقة يصل إلى يتراوح بين 13.13% و 22.79% فى حالة طوب خرسانى و 14.3% و 24.1% فى حالة طوب أحمر فى حالة التوجيهات المختلفة (جنوب – شرق – غرب)، بينما فى حالة تغيير نوع الزجاج (زجاج مزدوج – ثلاثى – Low-E) قل إستهلاك الطاقة بنسبة تتراوح بين 28.4% و 36.4% فى حالة التوجيه غربا مع إستخدام حائط مزدوج سمك 12سم مع وجود تجويف هوائى بسمك 10سم نظرا لكونه أكثر التوجيهات إستهلاكا للطاقة، وأخيرا فى حالة تغطية سقف الوحدة (كاسر شمسى من الخشب – سقف مزروع) قل إستهلاك الطاقة بنسبة تتراوح بين 45% و 46.4% فى حالة التوجيه غربا مع إستخدام حائط مزدوج سمك 12سم مع وجود تجويف هوائى بسمك 10سم وزجاج Low-E.

يعتبر التوجيه غربا من أسوأ التوجيهات التى يمكن إستخدامها فى المبانى السكنية نظرا لطول مدة التعرض للإشعاع الشمسى ما يعمل على زيادة فى مقدار الإكتساب الحرارى داخل الفراغات لذا يجب محاولة تجنب توجيه الوحدات السكنية فى هذا التوجيه، وعند الإضطرار إلى هذا التوجيه يجب معالجة الغلاف الخارجى للمبنى وعزله قدر الإمكان لتقليل الإكتساب الحرارى داخل الفراغات.

إستخدام الطوب الأحمر بدلا من الطوب الخرسانى يعطى خفض فى إستهلاك الطاقة نظرا لإرتفاع مقاومته الحرارية ويوضح (شكل 5) الفرق بين إستهلاك الكهرباء للوحدة السكنية فى حالة الوضع الأصلى (حائط سمك 12 سم طوب أحمر – زجاج نقى سمك 6مم – طبقات السقف العادية) وبين فى حالة معالجة الغلاف الخارجى (حائط سمك 34سم طوب أحمر – زجاج Low-E – سقف مزروع).



شكل 5: الفرق فى معدلات إستهلاك الطاقة فى حالة معالجة عناصر الغلاف الخارجى (حوائط – فتحات – أسقف) فى حالة التوجيه غربا

وأخيرا يمكن تحقيق وفرا فى إستهلاك الطاقة يصل إلى 46% فى حالة مراعاة نوع وسمك المواد المستخدمة فى تصميم الغلاف الخارجى للوحدات السكنية مما ينتج عنه وفر فى المدفوعات النقدية شهريا من قبل ساكنى الوحدات (نظرا لإرتفاع قيمة الكيلووات من الكهرباء) كما ينتج عن ذلك أيضا توفير فى الإحتياجات السنوية من الكهرباء للوحدات السكنية وتقليل التأثير السلبى للمبانى السكنية على البيئة الطبيعية نتيجة لتقليل كمية الوقود المستخدمة فى محطات توليد الكهرباء بالإضافة إلى تقليل كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعثة.

REFERENCES

[1] Ozdil, O.S., 2010, Sürdürülebilir Yap laşma Sorunu ve Çelik (Sustainable Building Issues and Steel). Access on: Jan., 2016 from http://www.tucsa.org/images/yayinlar/makaleler/Surdurulebilir-Yapilasma-Sorunu-ve-Celik.pdf
[2] Basarir, B., Diri, B. S., and Diri, C., 2012, Energy efficient retrofit methods at the building envelopes of the school buildings.
[3] Sozer, H., 2010. Improving energy efficiency through the design of the building envelope. Build. Environ. 45 (12), 2581–2593.
[4] Samuelson, Holly, 2016, Claussnitzer, Sebastian, Goyal, Apoorv, Chen, Yujiao, Romo-Castillo, Alejandra. Parametric energy simulation in early design: high-rise residential buildings in urban contexts. Build. Environ. 101.
[5] Prof. Magda Metwally, Ayman Hamza Thabet, 2016, The role of the Egyptian code for the design of housing and residential group in improving the efficiency of the urban environment in Egypt
[6] The Egyptian Code for Residential and Residential Design, 2009, National Research and Housing Center
[7] George B. HANNA, 2010, Energy Efficient Residential Building Code for Arab Countries, 10th International Conference for Enhanced Building Operations, Kuwait.
[8] Kahn, Jeffery, 1991, Aerogel Research at LBL, the Lab to the Marketplace, Lawrence Berkeley National Laboratory.
[9] Cleveland, Cutler J., and Christopher G. Morris, 2009, Building envelopergy. Expanded Edition, Elsevier
[10] Energy Efficiency Commercial Building Code of Vietnam, 2002, Second Draft.
[11] ASHRAE, 1997, Hand Book of Fundamentals, ASHRAE, Atlanta, GA.
[12] Energy Efficiency Residential Building Code, 2003, Ministry of Housing, HBRC, Egypt.
[13] Design Builder Official Website, https://www.designbuilder.co.uk, Access on: November, 2017
[14] Huang, Y. J., Akbari, H. Taha, & Rosendeld, A. H, 1987, The Potential of Vegitation in Reducing Summer Cooling Loads in Residential Building, Journal of climate and applied meteorology, 1987, P. 1102-1116.
[15] http://blocksjordan.net/ar-jo/Rvalue, Access on: April, 2018

JES, Assiut University, Faculty of Engineering, Vol. 46, No. 4, July 2018, pp.425–436

THE EFFECT OF EXTERNAL THICKNESS AS A PART OF BUILDING ENVELOPE ON THE EFFICIENCY OF ENERGY CONSUMPTION IN RESIDENTIAL BUILDINGS (CASE STUDY: RESIDENTIAL BUILDING IN 6TH OCTOBER CITY)

ABSTRACT

The energy consumption increase in a whole world considers as a warning about the depletion of resources and also increasing the negative impact on the environment (global warming, climate change, thermal island phenomenon, etc.). Where the building consumes 40% of total energy and produces 30% of the world's CO2 emissions. [1]

The thermal performance of the building's envelope (Walls – Opening – Ceiling – Flooring) is also considers as a serious problem because it works to consume energy to achieve the requirements of thermal comfort inside the buildings. The thermal loss of single-storey buildings is estimated about 45% of walls and outside windows, 42% of surface and ground and 13% of air leakage. While the thermal loss in the multi-storey building (5 floors) is estimated about 70% of the walls and outside windows, 13% of the surface and ground and 17% of the air leakage. [2] As a result, the exterior of the building is one of the most important factors affecting the thermal comfort and energy efficiency of residential buildings according to the Solar Radiation.

Therefore, the efficiency of energy consumption in residential buildings is one of the new trends that the world is currently heading towards where the building can achieve energy efficiency through the treatment of the external walls of residential units as one of the components of the building envelope in accordance with the requirements of the Egyptian code and the principles of environmental design.

The aim of this study is studying the effect of external wall thickness as a component of the building envelope in achieving efficiency of energy consumption and increase the comfort of residential units in the 6th of October City one which considers as a one of new city that allows to create new residential projects (unit with one direction). This effect is examined in the following directions: East - West - South.

The methodology includes reviewing the literature and methods that used to address the external envelope of residential buildings to achieve energy efficiency. A practical study was carried out by simulating a housing unit to inherit the effect of external wall thickness as a component of the external casing of a single-oriented residential unit in the 6th of October city in the directions (south – east - west) on the efficiency of energy consumption. The change in thickness of the wall from 12 cm to 25 cm in the south direction reduced the energy consumption by 13.13% and in the case of the use of double wall thickness of 12 cm with 10 cm air cavity 17.2%, while in the east direction the reduction in energy consumption at 25 cm was 14.33% while in the case of using a double wall thickness of 12 cm with 10 cm air cavity 18.65%, and finally in the case of west direction, the reduction in energy consumption at the thickness of 25 cm 15.26%, while in the case of a double wall thickness of 12 cm with a cavity of 10 cm 22.79%. Then the research concludes with some recommendations on how to reduce energy consumption by 46% and improve thermal performance in residential buildings by building envelope treatment not only by the thickness of the wall but also by the material of the wall, type of glazing, and covering the ceiling in case of exposed to the solar radiation.

Keywords: Energy Consumption, Building Envelope, Residential Buildings.