Journal of Al-Azhar University Engineering Sector

Vol.16, No. 59, April 2021, 362-374

MEASURING THE EFFICIENCY OF APPLYING PASSIVE DESIGN STRATEGIES TO A RESIDENTIALPROTOTYPE IN EGYPT

Shymaa Hamdy El Sayed*[1] Zainab Mohammad Al-Razaz[1], Mohammad Yasser Lotfy[1] and Hussam El-Din Mohamed Bakr[2]

[1]Department of Architectural Engineering Faculty of Engineering, Mataria, Helwan University.airo, Egypt.

[2] Department of Architectural Engineering BUE University.El-Shuruq, Cairo.

*Corresponding Author E-mail:Shymaa_waly@yahoo.com

ABSTRACT:

The residential buildings sector in Egypt is one of the largest sectors that consume electricity, which shows the extent of the need to balance the energy consumed and achieve thermal comfort for users. The research problem lies in the fact that the design of residential buildings does not take sufficiently into account energy saving considerations due to the complexity of environmental control calculations and the study of climate treatments in the design stage, which made residential buildings not achieve thermal comfort for the users and thus leads to dependence on various mechanical means that are economically costly and consuming non-renewable energy And polluting the environment greatly.So, the study aims to evaluate the negative strategies and treatments used to improve energy consumption efficiency in residential buildings to reach the maximum possible savings in energy consumption without affecting the thermal comfort of users, and to apply these strategies to a housing project in Cairo, and to study their impact on the chosen residential model with the help of By one of the simulation programs used to evaluate the thermal performance of buildings, Design Builder Program. The final results of the study achieved a total saving of energy consumption estimated at about 29.3% of the total energy consumed annually.

KEYWORDS: **Passive Design Strategies, Energy Saving, Social Housing Prototype, Processing the outer shell, Design Builder Program**.

قياس كفاءة تطبيق إستراتيجيات التصميم السلبى على نموذج سكنى فى مصر

شيماء حمدى السيد عبد الجواد*[١]، زينب محمد الرازاز[١]، محمد ياسر لطفى[١] و حسام الدين محمد بكر[٢]

[١] قسم الهندسة المعمارية، كلية هندسة المطرية، جامعة حلوان، القاهرة، مصر.

[٣]قسم الهندسة المعمارية، الجامعة البريطانية، الشروق، القاهرة، مصر.

الملخص:

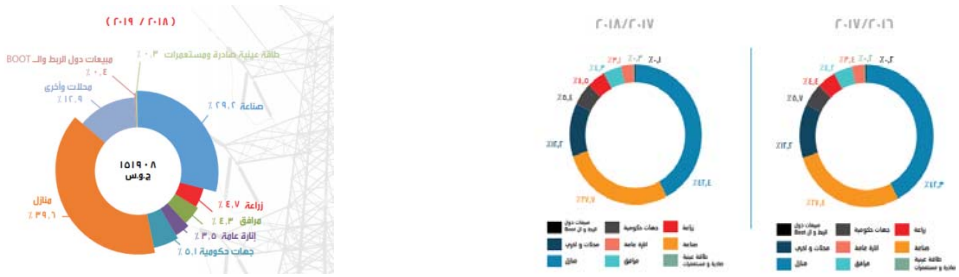
يعد قطاع المبانى السكنية فى مصر من أكبر القطاعات المستهلكة للكهرباء، وهو ما يظهر مدى الحاجة الى الموازنة بين الطاقة المستهلكة وتحقيق الراحة الحرارية للمستعملين. تكمن المشكلة البحثية فى أن تصميم المبانى السكنية لا يراعى بدرجة كافية إعتبارات توفير الطاقة نظرا لتعقيد حسابات التحكم البيئى ودراسة المعالجات المناخية فى مرحلة التصميم مما جعل المبانى السكنية لا تتحقق فيها الراحة الحرارية للمستعملين وبالتالى يؤدى إلى الإعتماد على الوسائل الميكانيكية المختلفة والمكلفة إقتصاديا والمستهلكة للطاقة غير المتجددة والملوثة للبيئة بشكل كبيرة.ولذا تهدف الدراسة إلى تقييم الإستراتيجيات والمعالجات السلبية المستخدمة فنتحسين كفاءة إستهلاك الطاقة فى المبانى السكنية للوصول إلى أقصى وفر

ممكن فى إستهلاك الطاقة دون أن يؤثر ذلك على الراحة الحرارية للمستعملين، وتطبيق هذه الإستراتيجيات على مشروع سكنىبمدينة القاهرة، ودراسة تأثيرها على النموذج السكنى المختار بالإستعانه بأحد برامج المحاكاة المستخدمة فى تقييم الأداء الحرارى بالمبانى "برنامج ديزين بلدر". وقد حققت النتائج النهائية للدراسة إجمالي وفر فى استهلاك الطاقة يقدر بحوالي ٢٩,٣٪ من إجمالي الطاقة المستهلكة سنويا.

الكلمات المفتاحية: إستراتيجيات التصميم السلبى، توفير إستهلاك الطاقة، نموذج الإسكان الإجتماعى،معالجة الغلاف الخارجى، برنامج ديزين بلدر.

مقدمة:-

يعتبر قطاع المباني السكنية فى مصر من أول القطاعات المستهلكة للكهرباء حيث يستهلك حوالى ٤٠-٥٠٪ من مخزون الطاقة العالمى وأكثر من نصف الموارد الأولية الطبيعية (٣ مليارات طن سنويا) وبالتالي أصبحت عملية تصميم المبانى تحتاج إلى دراية كاملة بإستراتيجيات التصميم السلبى وتوظيفها خلال العملية التصميمية.(١) وبالاعتماد على الإحصائيات الخاصة بالشركة القابضة للكهرباء نجد أن معدلات الاستهلاك الكهرباء فى قطاع المباني السكنية خلال السنوات الثلاثة الماضية تقل من ٤٢,٣٪ خلال عام (٢٠١٧/١٠١٦) لتصل إلى ٣٩,٦٪ خلال عام (٢٠١٩/٢٠١٨)،ويوضح ذلك شكل(١).



شكل (١) التقرير السنوى للشركة القابضة للكهرباء مصر(٢٠١٧،٢٠١٧،٢٠١٨/٢٠١٦،٢٠١٨/٢٠١٩)يوضح إستهلاك الكهرباء بحسب القطاعات

ولتحقيق هذا الهدف المحدد من توفير الطاقة فى المبانى السكنية وتحقيق الراحة الحرارية لابد من التعامل مع المبنى على أنه نظام متكامل يجب تحقيق الوفر فى الطاقة فى كل عناصره إبتداءا من الغلاف الخارجى وإنتهاءا بمكونات المبنى الداخلية. وبالتالى فإن دراسة تأثير توظيف إستراتيجيات التصميم السلبى (المنفعل)خلال مراحل التصميم المختلفة أمرا ضروريا، وسوف يتم تطبيق ذلك بشكل عملى على نموذج سكنىبمدينة القاهرة بالخامات والمواد الشائعة الإستخدام فى مصر، والإستعانه فى ذلك بأحد البرامج المستخدمة فى محاكاة الأداء الحرارى فى المبانى (برنامج ديزين بلدر).

هدف البحث:

يهدف البحث إلى إيجاد إستراتيجية للوصول إلى مبنى سكنى موفر للطاقة من خلال دراسة تأثيرعدد مركب من المعالجات التصميمية والتى تتمثل فىالتوجية، مواد البناء، معالجة الغلاف الخارجى من أسقف، حوائط وفتحاتبهدف الوصول إلى تصميم وحدة سكنية تحقق الموازنة بين الطاقة المستهلكة والراحة الحرارية للمستعملين.

منهجية الدراسة:

لتحقيق الهدف الرئيسي من البحث فإن الدراسة البحثية تعتمد على المنهجية الآتية:
١- دراسة الأدبيات المرتبطة بمبادئ وإستراتيجيات التصميم السلبى (المنفعل)المستخدمة فى توفير الطاقة فى المباني .
٢- بناء نموذج رقمي للوحدة السكنية المختارة بالاستعانة بأحد برامج المحاكاة " برنامج Design Builder".
٣- محاكاة تأثير المعالجات السلبية المختلفة (التوجيه - مواد البناء - معالجات الغلاف الخارجي) وقياس كفاءتها ودور كلا منها فى خفض معدلات استهلاك الطاقة على نموذج سكنى بمدينة القاهرة.

أولا: الدراسة النظرية

١/ تعريف التصميم السلبي (المنفعل):

وهو نهج لتصميم المباني المعمارية يستخدم لتقليل استهلاك الطاقة وتحسين الأداء الحرارى داخل المبانى.(٢)ويهدف إلى إيجاد حلول تصميمية تستفيد من تدفقات الطاقة بإستخدام وسائل طبيعية وتقليل الحاجة إلى نظم التبريد والتدفئة

الميكانيكية[٣]، ويمكن تنفيذ نهج التصميم السلبى لأقصى حد ممكن لخفض إستهلاك الطاقة فى المبانى من خلال تطبيق مبادئ التصميم السلبى والتى تتمثل فى (الموقع والتوجية، شكل المبنى وكتلته، التهوية الطبيعية، مواد البناء، ..).[٢]

٢/ مبادئ و إستراتيجيات التصميم السلبى المستخدمه لتوفير إستهلاك الطاقة فى المبانى السكنية:-

١/٢/ الموقع والتوجية

ويعد توجيه واجهات المبنى واحد من العناصر الرئيسية للعديد من إستراتيجيات التصميم السلبيحيث يؤثر هذا التوجيه على الطاقة والراحة الحرارية عن طريق نسبة مساحة النافذة إلى الجدار، التظليل، واختيار اللون الخارجي[٢]، يمكن التحكم فى توجيهات المباني بهدف الوصول إلى أفضل إضاءة طبيعية دون أن يؤثر ذلك على كمية الإشعاع النافذ إلى الفراغات الداخلية للمبنى[٤]

٢/٢ شكل المبنى وكتلتة

حيث يحدد الشكل الهندسى للمبنى مدى تعرضة للظروف المناخية المحيطة به والتى تتمثل فى درجة الحرارة والإشعاع الشمسى وغيرها[٥]، كما يؤثر التلاعب في أشكال البناء بشكل كبير على حمل التبريد للمبنى فكلما زادت مساحة سطح الشكل المعرض لإشعاع الشمس، زادت قدرته على التبريد، كلما إنخفضت نسبة السطح إلى الحجم، كلما زاد ضغط النموذج، وانخفض حمل التبريد.[٦]

٣/٢ مواد البناء

حيث تتعرض المبانى لأشعة الشمس الحارة فى فصل الصيف مما يشكل عبئا على السكان بسبب الحرارة النافذة إلى الداخل والتى تتسبب فى إرتفاع درجات حرارة الفراغات ويتسسب ذلك فى الإرهاق للسكان وعدم شعورهم بالراحة[٧]. ولذلك يفضل أن تكون مواد بناء الحوائط والأسقف سمكية وذات سعة حرارية عالية حتى تأخر من زمن وصول الحرارة إلى داخل فراغات المبنى.[٨]

٤/٢ معالجة الغلاف الخارجى للمبنى:-

- معالجة الأسقف

وذلك من خلالإستخدام مواد عازلة للحرارة، إستخدام مواد عاكسة للحرارة، العزل بتوفير فراغ هوائى، إستخدام الأسقف المزدوجة ، إستخدام أشكال منحنية فى السقف، إستخدام المواد ذات الألوان الفاتحة، وإستخدام الأسقف الخضراء.

-معالجات الحائط الخارجى

وذلك من خلال إستخدام مادة عازلة فى الحائط الخارجى، إستخدام مواد بطيئة الإكتساب والنفاذ الحرارى لأشعة الشمس ، إستخدام الحائط المزدوج وعمل فراغ عازل، عمل حوائط مزدوجة تسمح بمرور الهواء بينهما وتجديدة وتقليل الحمل الحرارى النافذ إلى الفراغ، تكسية الحائط بمادة عاكسة للحرارة، وتظليل أجزاء من الحوائط الخارجية بالبروزات.[٤]

- تصميم الفتحات

تعتبر النوافذ هى أكثر العناصر اكتسابا للإشعاع الشمسى، حيث أن النفاذ الحرارى لها يفوق أكثر من ٣٠ ضعف الحادث من خلال الأسطح المعتمه. وهناك عوامل يجب أخذها فى الإعتبار عند تصميم الفتحات وهى موقع وتوجية الفتحات، أبعاد الفتحات، نوع المواد المصنع منها الفتحات، وتظليل الفتحات.

أ/ موقع وتوجية الفتحات:-

يعتبر أفضل موقع للفتحات فى الواجهات الجنوبية حيث تتلقى أكبر قدر من الإشعاع الشمسي فصل الشتاء فى حين تكون كمية الأشعاع الشمسى أقل ما يمكن فى فصل الصيف ، وذلك بسبب إختلاف زوايا ميل الأشعة الشمسية التى تكون أقل مايمكن فى فصل الشتاء وتزيد لتقترب من العمودية فى فصل الصيف.

وتعتبر فتحات الواجهة الشمالية أقل الفتحات إستقبالا لأشعة الشمس على مدار العام مما يجعلها من أكثر المناطق برودة فى المبنى خلال فصل الشتاء، أما الفتحات الموجودة على الواجهتين الشرقية والغربية فإنها تتلقى الإشعاع الشمسى خلال فترات محددة عند شروق الشمس وقبل غروبها.

ب/ أبعاد الفتحات:-

تساهم مساحة الفتحات بصورة كبير ة فى كمية الإشعاع الشمسى النافذ إلى فراغات المبنى، ولذلك يجب مراعاة تصميمها بطريقة لا تؤثر على كمية الإضاءة المطلوبة للفراغات الداخلية للمبنى. بحيث يمكن أن تصل نسبة مساحة الفتحات إلى الواجهة إلى ٢٥٪ للواجهة الجنوبية، من ١٠-٢٠٪ فى الواجهتين الشرقية والغربية.[٩]

جـ/ نوع المواد المصنع منها الفتحات:-

يؤثر نوع الزجاج المستخدم فى الفتحات على معدل دخول الإشعاع الشمسى إلى داخل فراغات المبنى، وتختلف نسبة نفاذية الأشعة الشمسية خلال زجاج الفتحات وفقا لعدة عوامل مثل:-

زاوية سقوط الأشعة الشمسية، نوع مادة الزجاج المستخدم فى الفتحات وسمكه، وعدد الأسطح الزجاجية للفتحات.

وتعد فتحات المبانى من أضعف عناصره من حيث مقاومتها للأحمال الحرارية،ولذلك يراعى تصميمها بطريقة توفر الإضاءة الطبيعية، وعزل الصوت، ومنع تسرب الحرارة إلى داخل فراغات المبنى.[١٠]

د/ تظليل الفتحات:

١-استخدام الكاسرات الشمسية:

تهدف كاسرات الشمس إلى منع الإشعاع الشمسى فى الأوقات الغير مرغوب فيها فى فصل الصيف ، التقليل قدر الإمكان من إستهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة فى عمليات التكيف.[٩]

الكاسرات الأفقية :تكون أكثر فاعلية على نوافذ الواجهة الجنوبية حيث تمنع دخول الإشعاع الشمسى خصوصا فى فصل الصيف،وذلك لأن زاوية إرتفاع الشمس تكون كبيرة فى هذة الفترة.

الكاسرات الرأسية: تكون أكثر فاعلية على نوافذ الواجهة الشمالية أما فى حالة الواجهتين الشرقية والغربية تكون كاسرات الشمس الرأسية المتحركة أكثر فاعلية من كاسرات الشمس الرأسية الثابتة.

كاسرات الشمس المركبة: يمكن إستخدامها لتظليل نوافذ الواجهة الجنوبية.وتستخدم على الواجهتين الشرقية والغربية فى حالة جعل الأسلحة الرأسية متحركة والأفقية ثابتة أو العكس.[١١]

كاسرات الشمس المتحركة أتوماتيكيا :يستخدم هذا النظام بواسطة التحكم بماتور كهربائيا أوتوماتيكى وتكون فعالة حيث أنها تتحكم فى كمية الأشعة الشمسية النافذة إلى داخل الفراغ وخاصة الآلي منها وذلك حسب الحاجة وحسب وظيفة كل فراغ.[١٢]

ثانيا: الدراسة التطبيقية

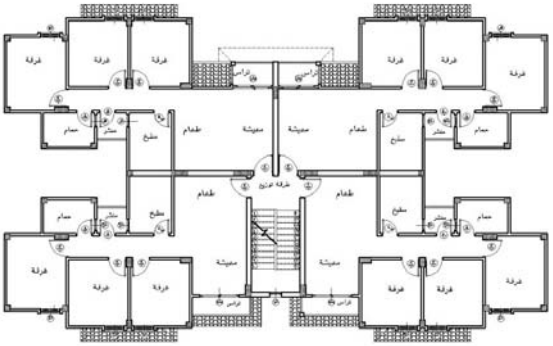
١/ وصف النموذج:

ا/ تم إختيار نموذج سكنى مكون من أربع شقق سكنية بإجمالى مساحة ٣٤٥م٢وبمساحة ٨٧,٥ م٢ تقريبا لكل شقة، وإرتفاع (أرضى + ٤أدوار)، بمتوسط ٥ أفراد للشقة الواحدة.

٢/ إفتقاد النموذج للوسائل والمعالجات التصميمة التى تساعد على خفض معدلات الطاقة المستهلكة دون أن يأثر ذلك على الراحة الحرارية للمستعملين.

٣/ إجريت عملية المحاكاة بالدور الأخيربالكامل للنموذج نظرا لكونة أكثر الأدوار عرضه للإشعاع الشمسى المباشرمعظم أوقات النهار،وكذلك العوامل المناجية الأخرى.

ويوضح شكل (١) مسقط أفقى للدور المتكررلنموذج السكنى المختار.



شكل (١) مسقط أفقى للدور المتكررلنموذج السكنى المختار.(١١)

٢/محاكاة الأداء الحرارى للنموذج بدون معالجات:-

١/ من خلال بناء النموذج السكنى بإستخدام برنامج Deign builder وإدخال البيانات الخاصة بالنموذج وتحديد الموقع وإدخال البيانات المناخية الخاصة به،وتحديد أماكن الفراغات داخل المبنى وتحديد أماكن الفتحات وأنظمة التبريد والتكييفالخاصة بكل فراغ بما يحقق الراحة الحرارية داخل الفراغات وتحليل عناصرالنموذج السكنى لتكوين نموذج رقمى يحاكى الوضع الإفتراضى بدون معالجات.

٢/درجة الحرارة المطلوبة عند تشغيل وحدات التكييف : ضبط درجة الحرارة عند ٢٥°س.

٣/ الحوائط الداخلية والخارجية من الطوب الطفلى المفرغ وبسمك ١٢سم.

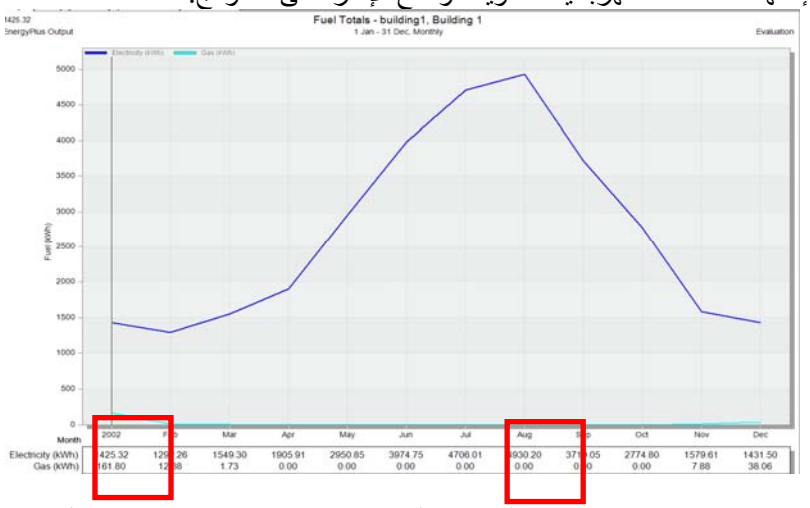
٤/ السقف الخرسانى بسمك ١٥سم وبدون عازل حرارى.

٥/ تم إدخال البيانات المناخية الخاصة بمدينة القاهرة.

٣/ رصد نتائج التحليل المناخى لنموذج السكنى بإستخدام برنامج Design builder للحالة المرجعية بدون معالجات:-

١/ معدلات إستهلاك الطاقة الكهربائية على مدار العام:-

يوضح الشكل (٢) نتيجة محاكاة إستهلاك الطاقة للوضع الإفتراضى لنموذج الدراسة على مدار العام، حيث يسجل شهر أغسطس أعلى قيم لإستهلاك الطاقة الكهربائية حيث يصل إلى٤٩٣٠,٢٠ كيلو وات /ساعة ويقل تدريجيا من شهر سبتمبر إلى شهر يناير ليصل إلى ١٤٢٥,٣٢ كيلو وات /ساعة ، بحيث يصل إجمالى الطاقة المستهلكة خلال عام كامل إلى٣٢٢٣٩,٥٧ كيلو وات/ ساعة وهوما يقدربمتوسط ٦٧٠,٦ كيلو وات /ساعة شهريا لكل شقة،ويوضح ذلك شكل (٣)إجمالى معدلات إستهلاك الطاقة الكهربائية السنوية للوضع الإفتراضى للنموذج.



شكل (٢) يبن معدلات إستهلاك الطاقة الكهربائية على مدار العام للوضع الإفتراضى"مدينة القاهرة"

شكل (٣) يبن إجمالى معدلات إستهلاك الطاقة الكهربائية السنوية للوضع الإفتراضى"مدينة القاهرة"

٤/دراسة تأثير تطبيق بعض مبادئ التصميم السلبى على الأداء الحرارى داخل فراغات النموذج السكنى :-

يهتم هذا الجزء من البحث بدراسة تأثير عدد من المعالجات السالبة على معدلات استهلاك الطاقة الكهربائية سنويا للنموذج السكنى المختار فى مدينة القاهرة بإستخدام"برنامج design builder" بهدف الوصول إلى وحده سكنية موفرة للطاقة وتحقق الراحة الحرارية للمستخدمين، وتأثير كل بديل من البدائل المقترحة على معدلات إستهلاك الطاقة السنوية للوصول إلى البديل الأمثل لكل العناصر المقترحة وتطبيقها جميعا على النموذج المختار لقياس معدلات الوفر النهائية.وقد أجريت الدراسة على الدور الأخير بالكامل والمكون من أربع شقق سكنية .

أ/ توجية النموذج السكنى :

ويتم فى هذا الجزء دراسة تأثير تغيير توجيه النموذج السكنى على معدلات إستهلاك الطاقة الكهربائية السنوية وذلك من خلال إعتبار أن الشمال يمثل الزاوية صفر(الوضع الإفتراضى)، ويميل تدريجيا كل ١٥° ناحية الغرب حتى يصل إلى الزاوية ١٨٠°والتى تمثل الإتجاة الجنوبى ويوضح جدول (١) قيم معدلات إستهلاك الطاقة السنوية لكل الحالات المقترحة للتوجية، علما بأن عملية المحاكاة تتم فى الدور الأخير بالمبنى.

جدول (١) قيم معدلات إستهلاك الطاقة السنوية لكل البدائل التصميمية المقترحة للتوجية:-

البدائل التصميمية المقترحة	
أ/ توجية النموذج السكنى	
البديل	**إجمالى معدلات إستهلاك الطاقة السنوية لتحقيق الراحة**
البديل الأول: الميل بزاوية ١٥°عن الوضع القائم	**٣٢٥٠٨,٥٧ كيلو وات /ساعة**
البديل الثانى:الميل بزاوية ٣٠° عن الوضع القائم	**٣٢٧٣٣,٣٨ كيلو وات /ساعة**
البديل الثالث:الميل بزاوية ٤٥° عن الوضع القائم	**٣٢٩٤٦,٦٤ كيلو وات /ساعة**
البديل الرابع:الميل بزاوية ٦٠° عن الوضع القائم	**٣٣١٠٧,١٩ كيلو وات /ساعة**
البديل الخامس:الميل بزاوية ٧٥° عن الوضع القائم	**٣٣١٨٣,٩٩ كيلو وات /ساعة**
البديل السادس: الميل بزاوية ٩٠° عن الوضع القائم	**٣٣١٧٩,٩٨ كيلو وات /ساعة**
البديل السابع:الميل بزاوية ١٠٥° عن الوضع القائم	**٣٣١٣٦,٠٦ كيلو وات /ساعة**
البديل الثامن: الميل بزاوية ١٢٠° عن الوضع القائم	**٣٣٠٢٩,٧٤ كيلو وات /ساعة**
البديل التاسع:الميل بزاوية ١٣٥° عن الوضع القائم	**٣٢٨٦٩,٤١ كيلو وات /ساعة**
البديل العاشر:الميل بزاوية ١٥٠° عن الوضع القائم	**٣٢٦٨٤,٢٩ كيلو وات /ساعة**
البديل الحادي عشر:الميل بزاوية ١٦٥° عن الوضع القائم	**٣٢٥٢٩,١٢ كيلو وات /ساعة**
البديل الثاني عشر:الميل بزاوية ١٨٠° عن الوضع القائم	**٣٢٤٧٥,٢٦ كيلو وات /ساعة**

ومما سبق يتضح لنا أنا الوضع الإفتراضي للنموذج (وهو الزاوية صفر) والذى يستهلك٣٢٢٣٩,٥٧ كيلو وات/ ساعة وهو أن أكبر ضلع للنموذج تم توجية ناحية الشمال فأصبحت واجهة المدخل هى الواجهة الجنوبية للنموذج والواجهة الخلفية والمتطابقة معها بنسبة كبيرة هى الواجهة الشمالية ولذا يعتبر هذا التوجية الأمثل للنموذج والأكثر وفرا فى استهلاك الطاقة الكهربائية، ومع ذلك وجد أن الفارق فى الوفر بين أفضل وأسوأ توجيه (الحالة الخامسة الزاوية ٧٥°) ضعيف حيث يقدر الفارق فى استهلاك الطاقة بين الحالتين بحوالى ٢,٨٪

ب/ مواد البناء المستخدمة:

ويتم فى هذا الجزء دراسة تأثير تغير مواد البناء للنموذج السكنى ، حيث تم إختيار بعض المواد شائعة الاستخدام فى البناء وذلك للمقارنة بين قيم معدلات إستهلاك الطاقة الكهربائية.وكانت مواد البناء التى تم اختيارها هى(الطوب الطفلى المفرغ – الطوب الأسمنتي المفرغ). ويوضح جدول (٢) قيم معدلات استهلاك الطاقة لكل البدائل المقترحة لأنواع مواد البناء المستخدمة فى المعالجة،علما بأن عملية المحاكاة تتم فى الدور الأخير بالمبنى.

جدول (٢) قيم معدلات إستهلاك الطاقة لكل البدائل المقترحة لأنواع مواد البناء المستخدمة فى المعالجة:-

البدائل التصميمية المقترحة	
ب/ مواد البناء المستخدمة	
البديل	**إجمالى معدلات إستهلاك الطاقة السنوية لتحقيق الراحة**
البديل الأول: استخدام الطوب الطفلى المفرغ بسمك ١٢سم للحوائط الخارجية و الحوائط الداخلية (الوضع الإفتراضي).	**٣٢٢٣٩,٥٧كيلو وات/ ساعة**
البديل الثاني: استخدام الطوب الأسمنتى المفرغ وزن خفيف بسمك ٢٥سم للحوائط الخارجية.	**٣٠٤٤٦,٠٥ كيلو وات /ساعة**
البديل الثالث:استخدام الطوب االطفلى المفرغ بسمك ٢٥سم للحوائط الخارجية.	**٣٠٤٥٣,٩٠ كيلو وات /ساعة**

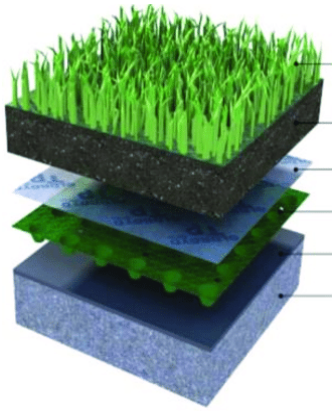
ومما سبق يتضح لنا أن استخدام الطوب الأسمنتى المفرغ وزن خفيف بسمك ٢٥سم للحوائط الخارجية هو الأفضل من حيث خفض معدلات استهلاك الطاقة السنوية حيث يحقق خفض نسبته٥,٦٪ من إجمالي الطاقة المستهلكة سنويا للوضع الإفتراضى للنموذج.

جـ/ معالجة الغلاف الخارجى للمبنى:

١/ معالجة الأسقف

- ويتم فى هذا الجزء دراسة تأثير استخدام مواد عازلة للحرارة فى الأسقف مثل مادة البوليسترين بسمك ٥سم.
- استخدام الخرسانة الخلوية بسمك ٧سم.
- استخدام الأسقف الخضراء Green Roofs لما لها من مزايا كثيرة فى خفض تأثير حده الأشعة الشمسية على السقف الخارجي للمبنى وكذلك خفض درجات الحرارة الداخلية وأحمال التبريد ،وقد استخدمت بسمك ٣٠سم ويوضح شكل(٧) قطاع طولى فى طبقات الأسقف الخضراء بدون عازل.
- إستخدام الأسقف الخضراء Green Roofsبسمك ٣٠سم وتحتوى طبقاتها على عازل حرارة من مادة البوليسترين

١- طبقة النباتات.
٢- طبقة التربة.
٣- فلتر لتنقية مياه الرى.
٤- قنوات تصريف المياه.
٥- طبقة عازلة للحرارة.
٦- بلاطة السقف.



شكل(٤) قطاع طولى يوضح طبقات الأسطح الخضراء(بدون عازل حرارى).[٨]

٢/ معالجة الحوائط الخارجية

- دراسة تأثيرإستخدام حائط مزدوج من الطوب الطفلى المفرغ، الطوب الأسمنتى المفرغ بسمك ١٢سم لكل حائط وإضافة مادة البولسترين بسمك ٥سم كمادة عازلة للحرارة بينهما.
- دراسة تأثيرإستخدام حائط مزدوج من الطوب الأسمنتى المفرغ بسمك ١٢سم لكل حائط بينهما فراغ هوائى Air gap بسمك ٢,٥سم،٢سم بياض داخلى و٣سم بياض خارجى.
- دراسة تأثيرإستخدام حائط مزدوج من الطوب الطفلى المفرغ بسمك ١٢سم لكل حائط بينهما فراغ هوائى Air gap بسمك ٢,٥سم،٢سم بياض داخلى و٣سم بياض خارجى.

٣/ معالجة الفتحات الخارجية (النوافذ والفتحات)

ويتم فى هذا الجزء دراسة تأثير إستخدام الزجاج المزدوج كمقترح لمعالجات الفتحات، وهو مكون من طبقتين من الزجاج سمك٦ مم بينهما فراغ من غاز الأرجون عرضه ١٣ مم، وإستخدام كاسرات شمسية أفقية Overhangsعلى فتحات الواجهة الجنوبية للنموذج بعرض ٦٠سم، ويوضح جدول(٣) البدائل التصميمية المقترحة للمعالجة الغلاف الخارجى للمبنى.

جدول (٣) الحلول التصميمية المقترحة لمعالجة الغلاف الخارجى للمبنى.

البدائل التصميمية المقترحة	
جـ/ معالجة الغلاف الخارجى للنموذج	
إجمالى معدلات إستهلاك الطاقة السنوية لتحقيق الراحة	**البديل**
١/ معالجة الأسقف	
٢٨٨٧٤,٥٣ كيلو وات /ساعة	**البديل الأول:إستخدام مادة البوليسترين كمادة عازلة للحرارة بسمك ٥سم.**
٢٩٧٠٦,١١ كيلو وات /ساعة	**البديل الثانى:إستخدام الخرسانة الخلوية بسمك ٧سم.**
٣١٤٩١,٤٩ كيلو وات /ساعة	**البديل الثالث:استخدام الأسطح الخضراءبدون عازل حرارى.**
٢٨٢٩٧,١٧ كيلو وات /ساعة	**البديل الرابع:إستخدام الأسطح الخضراء ومادة البوليسترين كعازل حرارى للسقف.**
٢/ معالجة الحوائط الخارجية	
٢٨١٤٤,٨٤ كيلو وات /ساعة	**البديل الأول:إستخدام حائطين من الطوب الاسمنتى المفرغ بسمك وزن خفيف ١٢سم لكل حائط بينهما عازل حرارى من البوليسترين بسمك ٥سم،٢سم بياض داخلى و٣سم بياض خارجى .**
٢٨١٥١,٢٢ كيلو وات /ساعة	**البديل الثانى:إستخدام حائطين من الطوب الطفلى المفرغ بسمك ١٢سم لكل حائط بينهما عازل حرارى من البوليسترين بسمك ٥سم،٢سم بياض داخلى و٣سم بياض خارجى.**
٢٨١١٠,٧١ كيلو وات/ ساعة	**البديل الثالث: إستخدام حائطين من الطوب الطفلى المفرغ بسمك ١٢سم لكل حائط بينهما فراغ هوائىAir gap بسمك ٢,٥سم،٢سم بياض داخلى و٣سم بياض خارجى**
٢٨١٠١,٣٨ كيلو وات/ ساعة	**البديل الرابع: استخدام حائطين من الطوب الأسمنتى المفرغ وزن خفيف بسمك ١٢سم لكل حائط بينهما فراغ هوائىAir gap بسمك ٢,٥سم،٢سم بياض داخلى و٣سم بياض خارجى**
٣/ معالجة الفتحات الخارجية (النوافذ والفتحات)	
٣٢٠٦٩,٥٠ كيلو وات /ساعة	**البديل الأول:استخدام كواسر شمسية أفقيةOverhangsبعرض ٦٠سم على نوافذ الواجهة الجنوبية للنموذج**
٣٢٣٧٩,٢٠ كيلو وات /ساعة	**البديلالثانى:إستخدام الزجاج المزدوج بسمك ٦مم ويفصل بينهما فراغ هوائى بسمك ١٣مم.**

٥/مقارنة بين المعالجات المختلفة وتوضيح المعالجات الأكثر والأقل أهمية من حيث خفض إستهلاك الطاقة(نسب الخفض):-

جدول(٤)مقارنة بين المعالجات المختلفة وتوضيح المعالجات الأكثروالأقل أهمية من حيث خفض إستهلاك الطاقة.

الفرق فى الوفر بين المعالجات	إجمالى معدلات إستهلاك الطاقة السنوية لتخقيق الراحة بإستخدام معالجات	أهم المعالجات المستخدمة من حيث خفض إستهلاك الطاقة	إجمالى معدلات إستهلاك الطاقة السنوية لتحقيق الراحة بدون معالجات	المعالجات الأقل أهمية من حيث خفض إستهلاك الطاقة
البدائل المستخدمة أ/ توجية النموذج السكنى				
٪٢,٩	٣٢٢٣٩,٥٧ كيلو وات/ ساعة	الوضع الإفتراضى للنموذج:(الزاوية صفر)	٣٣١٨٣,٩٩ كيلو وات /ساعة	البديل الخامس: زاوية ٧٥°
ب/ مواد البناء المستخدمة				
٪٥,٦	٣٠٤٤٦,٠٥ كيلو وات /ساعة	البديلالثالث: إستخدام الطوب الطفلى المفرغ بسمك ٢٥سم للحوائط الخارجية .	٣٢٢٣٩,٥٧كيلو وات/ ساعة	البديلالأول:إستخدام الطوب الطفلى بسمك ١٢سم للحوائط الخارجية والحوائط الداخلية (الوضع الإفتراضى للنموذج).
جـ/معالجة الغلاف الخارجى للنموذج ١/ معالجة الأسقف				
٪١٢,٢	٢٨٢٩٧,١٧ كيلو وات /ساعة	البديل الثاني: إستخدام الأسطح الخضراء ومادة البوليسترين كعازل حرارى للسقف.	٣٢٢٣٩,٥٧ كيلو وات /ساعة	الوضع القائم للنموذج بدون إستخدام عازل حرارى.
٢ / معالجة الحوائط الخارجية				
٪١٢,٨	٢٨١٠١,٣٨كيلو وات /ساعة	البديل الرابع: إستخدام حائطين من الطوب الأسمنتى المفرغ وزن خفيف بسمك ١٢سم لكل حائط بينهما فراغ هوائىAir gap بسمك 25مم،٢سم بياض داخلى و٣سم بياض خارجى	٣٢٢٣٩,٥٧ كيلو وات /ساعة	البديل الأول:إستخدام الطوب الطفلى المفرغ بسمك ١٢سم للحوائط الخارجية والحوائط الداخلية (الوضع القائم للنموذج).
٣/ معالجة الفتحات الخارجية (النوافذ والفتحات)				
٪٠,٥	٣٢٠٦٩,٥٠ كيلو وات /ساعة ٣٢٢٧٩,٢٠ كيلو وات /ساعة	إستخدام كواسر شمسية أفقيةOverhangsبعرض ٦٠سم على نوافذ الواجهة الجنوبية للنموذج . إستخدام الزجاج المزدوج بسمك ٦مم ويفصل بينهما فراغ هوائى بسمك ١٣مم.	٣٢٢٣٩,٥٧ كيلو وات /ساعة	الوضع الإفتراضى للنموذج: بدون إستخدام كواسر شمسية وإستخدام زجاج فردى للنوافذ.

ومما سبق يتضح مدى كفاءة تطبيق إستراتيجيات التصميم السلبي ودورها فى خفض معدلات إستهلاك الطاقة الكهربائية السنوية، وللوصول إلى معدلات وفر أكبر يتم إختيار البديل الأمثل من كل بدائل المعالجات السابقة وتطبيقها جميعا على النموذج السكنى للوصول إلى أعلى قيم للوفر فى الطاقة وأقل لمعدلات إستهلاك الطاقة الكهربائية للمبنى.وفيما يلى حصر لإستراتيجيات التصميم السلبى التى تم تطبيقها على النموذج السكنى للوصول إلى أعلى معدلات الوفر فى الطاقة، ويوضح ذلك جدول(٥).

جدول(٥) إستراتيجيات التصميم السلبى التى تم تطبيقها على النموذج السكنى للوصول إلى أعلى معدلات الوفرفى الطاقة

إســـــتراتيجيات التصـــــميم المستخدمة	البديل	معدلات إستهلاك الطاقة السنوية لتحقيق الرحة بإستخدام معالجات
أ/ توجية النموذج السكنى	• الوضع القائم الإفتراضى للنموذج وهو الزاوية صفر	٣٢٢٣٩,٥٧ كيلو وات/ ساعة
ب/ مواد البناء المستخدمة	• إستخدام الطوب الأسمنتى المفرغ وزن خفيف بسمك ٢٥سم للحوائط الخارجية.	٣٠٤٤٦,٠٥ كيلو وات /ساعة
جـ/معالجة الغلاف الخارجى للنموذج ١/ معالجة الأسقف	• إستخدام الأسطح الخضراء التى تحتوى طبقاتها على مادة البوليسترين كعازل حرارى للسقف.	٢٨٢٩٧,١٧ كيلو وات /ساعة
٢ / معالجة الحوائط الخارجية	• إستخدام حائطين من الطوب الأسمنتى المفرغ وزن خفيف بسمك ١٢سم لكل حائط بينهما فراغ هوائىAir gap بسمك 25مم،٢سم بياض داخلى و٣سم بياض خارجى	٢٨١٠١,٣٨ كيلو وات/ ساعة
٣/ معالجة الفتحات الخارجية (النوافذ والفتحات)	• إستخدام كواسر شمسية أفقية Overhangsبعرض ٦٠سم على نوافذ الواجهة الجنوبية للنموذج . • إستخدام الزجاج المزدوج بسمك ٦مم ويفصل بينهما فراغ هوائى بسمك ١٣مم.	٣٢١٠٩,٥٠ كيلو وات /ساعة ٣٢٢٧٩,٢٠ كيلو وات /ساعة

٦/٣مناقشة لنتائج محاكاة الأداء الحرارى للنموذج بعد تطبيق أفضل الحلول السابقة وأكثرها من حيث خفض معدلات إستهلاك الطاقة السنوية:-

من خلال تطبيق أفضل البدائل التصميمية المقترحة إنخفض إجمالى الطاقة الكهربائية المستهلكة سنويا للدور الأخيربالنموذج السكنى من ٣٢٢٣٩,٥٧ كيلو وات/ ساعة ليصل إلى ٢٢٧٨٤,٥٦ كيلو وات/ ساعة من إجمالى معدلات إستهلاك الطاقة الكهربائية سنويا،وهو ما يعنى أنمتوسط الإستهلاك الشهرى للدور الأخير المكون من ٤ شقق إنخفض من ٢٦٨٦,٦ كيلو وات /ساعة ليصل إلى ١٨٩٨,٧ كيلو وات/ساعة،وإنخفض متوسط الإستهلاك الشهرى للشقة من ٦٧٠,٦ كيلو وات /ساعة ليصل إلى٤٧٤كيلو وات /ساعة و يقدر إجمالى الوفر السنوى بحوالى ٢٩,٣٪ وهوما يؤكد أهمية تطبيق إستراتيجيات التصميم السلبى ودورها فى خفض إستهلاك الطاقة فى المبانى.

٤/ النتائج

- تتضمن إستراتيجيات مجموعة من الحلول التصميمية التى أثبتت كفاءتها فى خفض معدلات إستهلاك الطاقة فى المبانى.أهم الاستراتيجيات الموفرة للطاقة عزل الحوائط الخارجية(١٢,٨٪) يليه استخدام الأسقف الخضراء التى تحتوى طبقاتها على عزل حرارى من مادة البوليستيرين(١٢,٢٪)، يليه استخدام حائط بسمك ٢٥سم من الطوب الأسمنتي. وقد وجد أن تأثير التوجيه واستخدام الكواسر ونوع الزجاج ضعيف (٢,٩٪ و ٠,٥٪ علي الترتيب).

-التحكم فى توجية المبنى بهدف الوصول إلى أفضل إضاءة طبيعية دون أن يؤثر ذلك على كمية الإشعاع النافذ إلى الفراغات الداخلية للمبنى، ويعتبر توجية أطول ضلع فى المبنى ناحية الشمال هو الأفضل، ولكن وجد أن الفارق فى الوفر بين أفضل وأسوأ توجية ضعيف حيث يقدر الفارق فى استهلاك الطاقة بين الحالتين بحوالى ٢,٨٪.

-يفضل أن تكون مواد بناء الحوائط والأسقف سمكية حيث أنها تأخر من زمن وصول الحرارة إلى داخل فراغات المبنى مثل الطوب الأسمنتي المفرغ بسمك٢٥سم بدلا من الطوب الطفلى المفرغ بسمك ١٢سم حيث يقدر إجمالي الفرق فى وفر الطاقة بين الحالتين بحوالى ٥,٦٪.

-كفاءة إستخدام الأسقف الخضراء والتى تحتوى طبقاتها عى مادة عازلة للحرارة ودورها فى تقليل الأعباء الحرارية على المبنى، وخفض معدلات استهلاك الطاقة الكهربائية حيث يقدر إجمالى الفرق فى وفر الطاقة بين الوضع القائم للنموذج بدون

إستخدام عازل للسقف بحوالى ١٢,٢٪، ولكن بالنظر إلى التكلفة فإن الفرق بينها وبين استخدام مادة البوليسترين فقط كعازل السقف بسيط حيث يوفر فى الطاقة بنسبة تقدر بحوالى ١٠,٤٪ فالفرق بينهم يقدر بحوالى ١,٨٪.

- كفاءة إستخدام العزل للحوائط الخارجية بإستخدام فراغ هوائى حيث يعمل على الحماية من إنتقال الحرارة إلى داخل فراغات المبنى، حيث يقدر إجمالى الفرق بين بين استخدام حوائط بدون عزل وإستخدام حوائط معزولة بحوالى ١٢,٨٪.

-إستخدام الكواسر الأفقية على نوافذ الواجهة الجنوبية حيث تمنع دخول الإشعاع الشمسي خصوصا فى فصل الصيف، وإستخدام الزجاج المزدوج كبديلا للزجاج الفردى يقلل من نفاذ الحرارة إلى داخل فراغات المبنى، ولكن وجد أن الفارق فى الوفر بين الوضع القائم وأستخدام كواسر وزجاج مزدوج ضعيف حيث يقدر الفرق فى الوفر فى الطاقة بين الحالتين بحوالى ٠,٥٪ .

-أهمية استخدام برامج محاكاة الأداء الحرارى للمباني والتى تساعد المعمارى فى مقارنة عدة بدائل تصميمية تمكنة من الوصول إلى قرارت تصميمية سليمة.

-أثبتت معظم إستراتيجيات التصميم السلبي كفاءتها ودورها فى خفض استهلاك الطاقة بعد تطبيق أفضل المعالجات والإستراتيجيات على نموذج الإسكان الإجتماعى القائم بمدينة القاهرة وحققت إجمالى وفر فى الطاقة الكهربائية المستهلكة يقدر بحوالى ٢٩,٣٪.

-أنخفض متوسط الاستهلاك الشهري للطاقة الكهربائية لكل شقة من ٦٧٠,٦ كيلو وات/ساعة ليصل إلى ٤٧٤كيلو وات /ساعة.

٥/ التوصيات

يوصى بالإعتماد على نظم ومبادئ التصميم السلبى وتطبيقها على المبانى نظرا لدورها الكبير فى خفض معدلات إستهلاك الطاقة وتحقيق الراحة الحرارية للمستعملين.

يوصى بإستخدم العزل الحرارى للحوائط الخارجية نظرا لفاعليته فى خفض إستهلاك الطاقة.

يوصى باستخدام العازل الحرارى للأسقف حيث أنها أثبتت فاعليتها فى خفض معدلات الطاقة ويعتبرالفارق بسيط بالنظر إلى التكلفة بينها وبين استخدام الأسقف الخضراء.

أهمية توفير برامج محاكاة الأداء الحرارى وتدريب الدراسين عليها بهدف التعرف على سلوك المبنى وإختيار المعالجات المناسبة قبل الشروع فى تنفيذه.

المراجع

[١] السلقينى، روضة، (٢٠١٧م):"العمارة التقليدية الشمسية كمنطلق لتحسين إستهلاك المبانى للطاقة"، ورقة بحثية، مجلة جامعة البعث،المجلد٣٩، العدد٢٩، ٢٠١٧م.

[2] .Cobalt EngineeringVladimir Mikler, MSc, P.Eng., LEED® AP,Albert Bicol, P.Eng., LEED® AP,BethBreisnes, Hughes Condon Marler : Architects

[3] Michel Labrie, MAIBC, MOAQ, MRAIC, LEED® AP(2009):Passive Design Toolkit, page 17.

[٣] إسماعيل، غادة(٢٠١٨): "تأثير الواجهات مزدوجة القشرة على كفاءة إستخدام الطاقة فى الأبنية"تطبيق إنموذج الواجهة الرواقية مزدوجة القشرة على مبنى إدارى إفتراضى فى بغداد، كلية الهندسة، جامعة بغداد "مجلة إتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث الهندسية ، العدد(٣) مجلد ٢٥،ص٥٠-٧٤، ٢٠١٨م

[٤] عبدالستار، مها، حمادة، رضا:ترشيد إستهلاك الطاقة فى المسكن الريفى بإستخدام الطاقة المتجددة تحقيقا لمبدأ الإستدامة"دراسة حالة قرية البسايسة محافظة الشرقية،قرية تونس محافظة الفيوم"كلية الهندسة، جامعة الفيوم.

[٥] مرجان، ضياء(٢٠١٣):مفاهيم وتطبيقات لإمكانية التخطيط والتصميم المستدامفى المسكن، مجلة المخطط والتنمية، العدد(٢٧)، ص ١١٤- ١٣٠، ٢٠١٣.

[7] .Wan Sharizatul Suraya W.M.Rashdi, Mohamed Rashid Embi: Analyzing Optimum Building Form in Relation to Lower Cooling load. 25-27 April 2015.

[٨] السقاف، محمد(٢٠١٣):أثر التصميم البيئى للمبانى السكنية الخضراء فى توفير الراحة الحرارية والطاقة الكهربائية، مجلة الأندلس للعلوم الإجتماعية والتطبيقية ، العدد التاسع، مجلد(٥)، مارس ٢٠١٣م

[٩] محمد، أحمد(٢٠١١م):إستخدام المحاكاة لتقييم وتحسين الأداء الحرارى للمبانى السكنية (دراسة حالة: مدينة أسيوط الجديدة)، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة أسيوط.
[١٠] عاشور، حسام(٢٠١٤م):"الدور البيئى فى النظام العمرانى فى التجمعات السكنية (المسكن المنفصل)-حلب حالة دراسية"،رسالة ماجستير، جامعة حلب،٢٠١٤م.
[١١] على، شيماء (٢٠١٨):"التصميم البيئى وكفاءة إستخدام الطاقة فى تصميم مسكن محدودي الدخل"، رسالة ماجستير، كلية الهندسة بالمطرية، جامعة حلوان، ص ٨٧.
[١٢] على، عبدالمنطلب(٢٠٠٨م): "المفرادات المعمارية لمبانى الأقاليم الحارة الصحراوية مبنى كلية التربية الرياضية جامعة أسيوط – مصر كمثال تطبيقى"مجلة العلوم والتكنولوجيا،مجلد(١٣)، العدد(١)،٢٠٠٨.
[١٣] قاسم، مجدى: "تأثير التكنولوجيا على تصميم الغلاف الخارجى لمبانى البيئة الصحراروية"، المجلة الدولية فى العمارة والهندسة والتكنولوجيا، كلية الهندسة، جامعة الأزهر.