دور التعديل التحديثي في تحسين كفاءة الغلاف الخارجي للمباني التعليمية
(دراسة على مبني جامعي قائم)

م.م/ أيمن سمير محمود [1]، أ.م. د / ابتهال جلال الدين محمد [2] ، أ.م. د / نسرين فتحي عبد السلام [3]

[1] مدرس مساعد بقسم الهندسة المعمارية بالمعهد العالي للهندسة والتكنولوجيا بالعبور، الكيلو 21 طريق القاهرة بلبيس، العبور، مصر. aymans@oi.edu.eg
[2] أستاذ مساعد بقسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة المعمارية بالمطرية، جامعة حلوان.
[3] أستاذ مساعد بقسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة المعمارية بالمطرية، جامعة حلوان.

الملخص:

يعتبر تطوير ورفع كفاءة المباني التعليمية القائمة من الناحية البيئية امراً ضرورياً وذلك لتحقيق وظيفة المبني التعليمية بشكل مثالي، ويتم ذلك من خلال تلبية المبني التعليمي للاحتياجات الوظيفية الخاصة بطبيعة نشاطه وتوافق تصميم المبني مع عناصر البيئية المحيطة لتوفير مناخ داخلي مريح، ويعد ذلك من الأهداف الرئيسية للعملية التعليمية. ومن أهم الحلول المناخية هي تصميم الغلاف الخارجي للمبنى تبعاً للظروف المناخية المحيطة به، بحيث يحقق الراحة الحرارية المطلوبة للمستعملين داخل الفراغ مع ترشيد الطاقة المهدرة في تشغيل أجهزة التبريد والتدفئة داخل المبني. وتتناول هذه الورقة البحثية دراسة تطبيقية علي مبني تعليمي وهو احدى مباني كليات الهندسة الخاصة القائمة في مدينة القاهرة-مصر، وذلك بهدف خفض الاكتساب الحراري لتحقيق الراحة الحرارية وبالتالي تحسين كفاءة الطاقة، وذلك من خلال دراسة العناصر المكونة للغلاف الخارجي والناقلية الحرارية لكل عنصر (U value) ومقارنتها مع متطلبات الكود المصري لترشيد الطاقة في المباني وكود العزل الحراري في المباني، مع حساب معدلات الاكتساب الحراري عبر الغلاف الخارجي واجراء المعالجة اللازمة لخفض الاكتساب الحراري عبره، وذلك بالتعديل في تصميم غلاف المبنى من خلال استخدام المعالجات البيئية المناسبة مناخياً. وقد اعتمدت الدراسة على حساب معدل الاكتساب الحراري لعناصر الغلاف الخارجي بالطريقة الحسابية، ويعتمد أسلوب المعالجة في إضافة مادة عزل حراري متناسبة مع متطلبات كود العزل الحراري للمنطقة المناخية التي يقع بها المبني وتوفي المتطلبات البيئية والحرارية المطلوبة، كما انها لا تؤثر على سير العملية التعليمية داخل المبني في حالة تنفيذها.

Abstract:

Renovating and environmentally optimizing educational buildings is crucially important in order to achieve optimal functionality for the said educational buildings, this can be achieved when the buildings fulfill their functional purpose while maintaining compatibility and harmony with surrounding environmental elements and creating an interior climate of comfort, which is considered of the main goals of the educational process. One of the primary environmental solutions to this: is designing a building envelop appropriate for the surrounding environmental elements, so as to achieve thermal comfort for the occupants, while maintaining energy conservation measures for HVAC systems. This paper overviews an applied study made on a building of a private school of engineering in Cairo-Egypt, aimed at decreasing heat gain levels to attain thermal comfort, thus improving energy efficiency accordingly. This was done via calculating thermal conductivity (U- value) of all elements constituting the building envelop, and testing its compliance with requirements for the Egyptian Code for Buildings Energy Conservation, and Egyptian Code for Buildings Thermal Insulation. Also, by modifying the building envelop and using climate appropriate treatments. The

study used calculations for the rate of heat gain of the building envelop elements, The treatment methodology applied the use of insulating materials that comply with the code of thermal insulation specific to the building's location, which offers the required climatic and thermal comfort, while maintaining full functionality for the educational process throughout the application phase.

الكلمات المفتاحية:
الغلاف الخارجي – الاكتساب الحراري - التعديل التحديثي - ترشيد الطاقة – مباني الجامعات.

Keywords:
Building envelope - heat gain – Retrofitting - Energy conservation - University buildings.

المقدمة:

ظهر خلال العقدين الأخيرين عدد كبير من مباني الكليات الخاصة، والتي تعتمد في الغالب على أنظمة التبريد الصناعي بشكل أساسي لتحقيق الراحة الحرارية وجودة البيئة الداخلية للمستخدمين، وبالتالي انعكس ذلك بالسلب على استهلاك الطاقة وزيادة الانبعاثات الكربونية التي تؤثر سلباً على البيئة، وتمثل زيادة استهلاك الطاقة في هذه المباني القائمة احدى المشكلات الموجودة حالياً، حيث أعتمد تصميم بعض هذه المباني بشكل كبير على التصميم في قوالب معمارية مغلقة لتحقيق الراحة الحرارية المطلوبة بالطرق الميكانيكية، مع اهمال تصميم عناصر ومكونات الغلاف الخارجي بشكل مناسب مناخياً للظروف المحيطة به، حيث يعتبر الغلاف الخارجي للمبني هو حلقة الوصل بين المناخ خارج وداخل المبني، ويعتبر المناخ الخارجي عنصر أساسي وذو تأثير مباشر على شعور الانسان بالراحة أو عدمها داخل الفراغ، وبالنسبة للمناخ الداخلي للفراغ فهو يعتبر جزء من المناخ الخارجي ولكن قد تعرض لبعض المتغيرات وذلك نتيجة وجود وسيط ناقل للمناخ الخارجي إلى داخل الفراغ وهو الغلاف الخارجي والذى يحيط بالمستعملين داخل الفراغ، والذي يتكون من عناصر ومواد مختلفة مثل الخرسانة والحديد والطوب والزجاج وغير ذلك من المواد المتنوعة، كما يعمل الغلاف الخارجي للمبنى أيضاً على الحماية من عوامل المناخ القاسية كالإشعاع الشمسي المباشر ودرجات الحرارة العالية والامطار والرياح، ولذلك يجب ان يتوافق تصميم الغلاف الخارجي للمبني مع طبيعة الظروف المناخية المحيطة به خارجياً.

1- المشكلة البحثية:

نقص المباني التعليمية المرشدة للطاقة في مصر، وذلك نتيجة اهمال محددات التصميم المناخي عند تصميم غالبية المباني التعليمية الخاصة في العقدين الاخيرين، وبالتالي زيادة التأثير السلبي لتلك العوامل المناخية على الغلاف الخارجي والبيئة الداخلية وعلى استهلاك الطاقة داخل تلك المباني القائمة، والذي ينتج عنه الاعتماد بشكل كبير على أنظمة التبريد الصناعي لتحسين كفاءة البيئة الداخلية، وبالتالي زيادة استهلاك الطاقة داخل المبني وزيادة معدلات الاحتباس الحراري في الجو سنوياً وذلك في ظل الازمة العالمية الحالية.

2- أهداف البحث:

يهدف البحث الى طرح رؤية لتطوير عناصر الغلاف الخارجي الخاص بالمباني التعليمية القائمة من منظور تحسين كفاءة البيئة الداخلية وترشيد استهلاك الطاقة عن طريق تحسين وتطوير ورفع كفاءة الغلاف الخارجي، وذلك بالاعتماد على التطور التقني لمواد البناء والمعالجات المستخدمة في الغلاف الخارجي للمبني لتحسين كفاءة الأداء الحراري، ويمكن تحقيق ذلك باستخدام مواد ذات تأثير ايجابي في تخفيض الاكتساب الحراري، وبالتالي ترشيد استهلاك الطاقة غير المتجددة داخل هذا النوع من المباني.

3- التعديل التحديثي للمباني القائمة

يمكن اختصار تعريف مصطلح التعديل التحديثي للمباني القائمة الى انه "عملية تحديث في مبنى قائم بهدف تحسين الأداء البيئي ورفع كفاءته وتحسين البيئية الداخلية لتحقيق الاستدامة وترشيد استهلاك الطاقة والتقليل من الانبعاثات الكربونية" وذلك من خلال إضافة معالجات وتقنيات جديدة وعمل تعديل بالمبنى من

أجل خفض التكاليف التشغيلية له، وتحسين صحة مستخدمي المبنى وإنتاجهم، والحد من الآثار السلبية على البيئة.

4- العوامل المؤثرة على كفاءة الطاقة وجودة البيئة الداخلية للمباني التعليمية القائمة

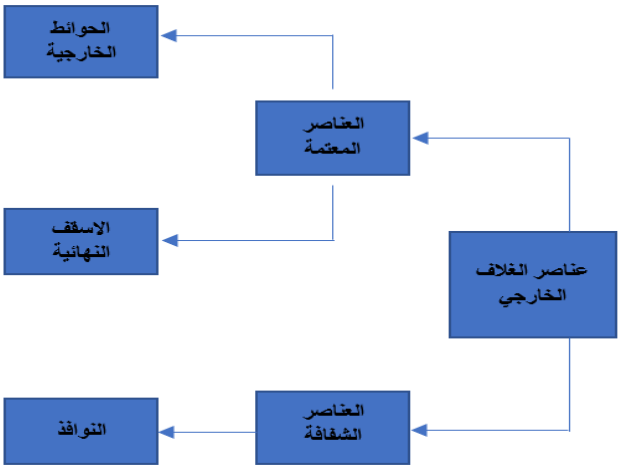
بالنظر الى أهم العوامل التي تؤثر على استهلاك الطاقة بالمباني القائمة نجد أن أغلبها ثابتاً لا يمكن تغييره مثل ما يلي [1] :

1- الإقليم المناخي.
2- توجيه المبنى.
3- ارتفاع المبنى.
4- تشكيل المسقط الأفقي.
5- الغلاف الخارجي.

وتركز الدراسة على العامل الأخير (الغلاف الخارجي) وهو العامل الذي يمكن من خلال تطويره تحقيق ترشيد الطاقة وتحسين جودة وكفاءة البيئة الداخلية وتقليل الاثار السلبية للمباني على البيئة.

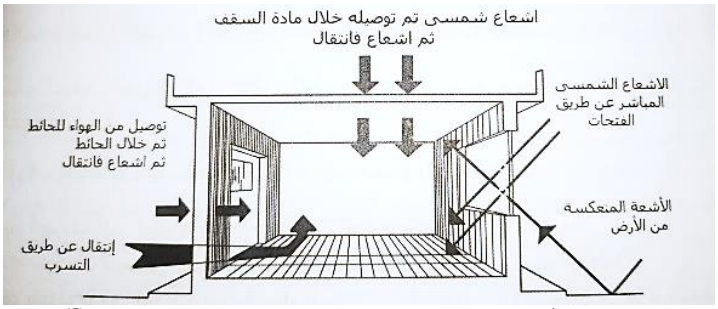
5- الغلاف الخارجي للمبنى

يتأثر معدل الانتقال الحراري من وإلى المبنى بالخواص الحرارية لمواد البناء والتشطيب المستخدمة في الغلاف الخارجي باختلاف عناصره [3]، ويمكن تقسيم الغلاف الخارجي لأي مبني الى عنصرين أساسيين وهم العناصر المعتمة (حوائط وأسقف نهائية) والعناصر الشفافة (النوافذ) كما يظهر في شكل (1)



شكل (1) يوضح العناصر الأساسية المكونة للغلاف الخارجي للمبني (الباحث)

ويعد الانتقال الحراري بين داخل المبنى وخارجة من أهم العناصر المؤثرة على الإنسان من حيث شعوره بالراحة الحرارية من عدمها، فيتم الانتقال الحراري بين البيئة الخارجية والبيئة الداخلية للمبنى من خلال الغلاف الخارجي للمبنى والذي يتكون من الحوائط والاسقف والفتحات سواء كانت أبواب أو شبابيك، ولكى يتمكن المصمم المعماري من تحقيق بيئة داخلية مناسبة ومريحة داخل فراغات المبنى يجب أن يهتم بشكل كبير بدراسة وتحليل الخصائص المناخية للمنطقة، وأيضاً العمل على دراسة العناصر والمواد الانشائية المختلفة التي يتناسب استخدامها في الغلاف الخارجي للمبنى، ويتم اختيار المواد بعد دراسة تأثير العوامل المناخية للمنطقة على المواد الانشائية المقترح استخدامها في الغلاف الخارجي للمبنى، حيث أنها تعتبر المنفذ الرئيسي لانتقال الحرارة داخل المبنى وبالتالي تنعكس على مناخ بالفراغ الداخلي [4].



شكل (2) طرق الانتقال الحراري عبر الغلاف الخارجي للمبنى [5]

1-5 الإشعاع الشمسي وتأثيره على الغلاف الخارجي

تعتبر الشمس هي المصدر الرئيسي للحرارة في المناطق المناخية الحارة، والتي تؤثر بدورها على غلاف المبني الخارجي، وتتنوع طرق الاكتساب الحراري عبر غلاف المبني، ومنها الاكتساب الحراري من خلال التوصيل و هو من أهم العوامل التي يجب ان يعتمد عليها المصمم عند تصميم واختيار مواد الغلاف الخارجي للمبني تبعاً للظروف المناخية المحيطة، حيث ان الاكتساب الحراري بالتوصيل يمثل الغالبية العظمى من الاحمال الحرارية المؤثرة على المبني [4]، وفيما يلي توضيح لكيفية حساب التبادل الحراري عن طريق التوصيل:-

1-1-5 التبادل الحراري عن طريق التوصيل Qc.

يحدث التبادل الحراري عن طريق التوصيل من خلال الغلاف الخارجي للمبنى بطريقتين أما من الداخل الى الخارج أو من الخارج الى الداخل، ويتحدد ذلك عن طريق فرق درجات الحرارة بين الداخل والخارج، ويحدث تأثيره عن طريق الاتصال المباشر والانتشار بواسطة حركة جزيئات المادة حيث أنها هي المسئولة عن انتقال الحرارة، ويعتبر الانتقال الحراري بالتوصيل من خلال عناصر غلاف المبنى من أسقف نهائية وحوائط خارجية من أهم المؤثرات الحرارية على المستعملين داخل الفراغات، ولذلك يعتمد تصميم الغلاف الخارجي للمبنى بصورة كبيرة وأساسية على حساب الانتقال الحراري عن طريق التوصيل [4] وتعتمد طريقة حسابة على عدة عوامل مثل [5]:-

الموصلية الحرارية للمادة (K)
سمك الحوائط (L)
الفرق بين درجات حرارة الاسطح (ΔT)

ويتم حساب معدل الانتقال الحراري بالتوصيل ما بين وسطين عبر غلاف فاصل بين الوسطين من المعادلة الآتية:

$$Q = A * U * \Delta T$$

حيث أن: Q= معدل الانتقال الحراري (وات).
A= مساحة السطح المعرض ($م^2$).
U= معامل انتقال الحرارة (وات / $م^2$. س°).
ΔT= فرق درجات الحرارة ما بين الوسطين (س°).

ويمكن حساب معامل الانتقال الحراري (U) من المعادلة التالية:-

$$U = 1/ Rt$$

حيث أن: U= معامل الانتقال الحراري الكلى للقطاع (وات/$م^2$. س°).
Rt= المقاومة الكلية للقطاع ($م^2$. س°/وات) [6]

ويمكن حساب Rt لحائط أو سقف مكون من عدة طبقات وذلك بحساب مقاومة كل طبقة على حدة والجمع الجبري لهذه المقاومات، مع الوضع في الاعتبار حساب مقاومة الهواء الخارجي والهواء الداخلي المجاور للقطاع، وذلك من المعادلة الاتية:-

$$Rt = Ro + \Sigma R + Ri$$

حيث أن: Rt= المقاومة الكلية للحائط أو السقف المكون من عدة طبقات ($م^2$. س°/وات)
ΣR= المجموع الجبري لمقاومة مكونات الحائط أو السقف ($م^2$. س°/وات)

Ro= مقاومة الهواء الخارجي، وهى تساوى 0.055 (م^2. س°/وات)
Ri= مقاومة الهواء الداخلي، وهي تساوى 0.123 (م^2. س°/وات)

أما مقاومة أي مكون من مكونات الحائط أو السقف تختلف باختلاف نوع المادة وسمكها ويمكن حسابها من العلاقة الآتية:

$$R = L / K$$

حيث أن :
R= المقاومة الحرارية للمادة (م^2. س°/وات)
L= سمك المادة (متر).
K= الموصلية الحرارية للمادة (وات/ م. س°).

ومن خلال الاعتماد على تطبيق المعادلات السابقة على عناصر الغلاف الخارجي للمبني التعليمي القائم محل الدراسة يمكننا حساب قيمة الانتقالية الحرارية والمقاومة الحرارية للمواد المكونة للغلاف الخارجي للمبني وبالتالي التعرف على السلوك الحراري له واجراء التعديل التحديثي للغلاف الخارجي بما يتناسب مع متطلبات الكود المصري لترشيد الطاقة وكود العزل الحراري، وبالتالي ترشيد طاقة تبريد المبني وخفض التأثيرات السلبية على البيئة وحمايتها وذلك بما يتناسب مع أهداف رؤية مصر 2030.

5-1-2 الانتقالية الحرارية (U Value)

تعرف الانتقالية الحرارية للعنصر بأنها "كمية الحرارة المارة عمودياً خلال وحدة المساحات من عنصر إنشائي عندما يوجد فرق بين درجتي حرارة الهواء الملامس لسطحي العنصر مقداره الوحدة"، ووحدتها (وات/م^2. س°) [7].

5-1-3 المقاومة الحرارية (R)

تعرف المقاومة الحرارية بأنها "المقاومة الحرارية المارة عمودياً خلال مسطح متر مربع واحد من العنصر الإنشائي المركب تحت تأثير فرق في درجات الحرارة مقداره الوحدة بين درجة حرارة الهواء داخل وخارج العنصر الإنشائي"، ووحدتها (م^2. س°/ وات) [7].

5-1-4 الموصلية الحرارية (K)

تعرف الموصلية الحرارية بأنها "كمية الحرارة التي تمر مارة عمودياً على السطح خلال مقطع متجانس من المادة مساحته الوحدة وثخانته الوحدة عندما يوجد فرق في درجات الحرارة بين سطحي المادة مقداره الوحدة في وحدة الزمن وذلك في حالة الاتزان الحراري" [6].

5-2 تأثير الاشعاع الشمسي على الاجزاء المعتمة من الواجهات الخارجية

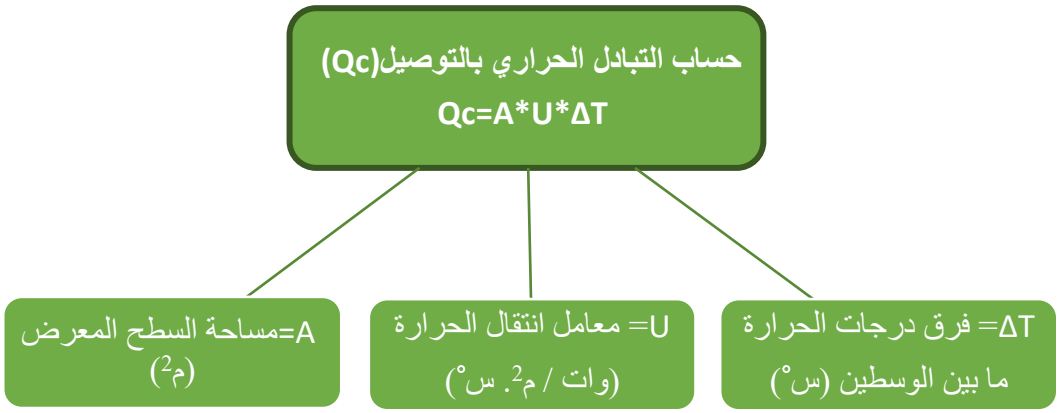
تتعرض الحوائط الخارجية والاسقف للإشعاع الحرارى المباشر والذي ينفذ الي داخل الفراغ تبعاً لسمك ونوع ولون المواد المستخدمة في بناءة وتشطيبة، ولذلك فإن مواد إنشاء وتشطيب الحوائط تؤثر على كمية النفاذ الحرارى الداخل الى المبني، وفي حالة المباني القائمة غير المصممة بشكل مناسب مناخياً تزيد نسبة الانتقالية الحرارية عبر غلاف المبني الخارجي نتيجة عدم اختيار مواد مناسبة وبسمك مناسب للظروف المناخية المحيطة وتبعاً للواجهات المختلفة، مما يؤثر سلباً على الراحة الحرارية داخل المبني وبالتالي زيادة الطلب على التبريد بشكل صناعي، مما يؤدى الى فرط استهلاك الطاقة وزيادة معدلات الاحتباس الحرارى سنوياً، واحدى المعالجات الهامة لحل تلك المشكلة هو عزل الغلاف الخارجي للمباني القائمة من الخارج بمواد تحقق متطلبات الكود المصرى لتحسين الادء الحرارى للمبني، وفيما يلي دراسة تطبيقية على مبني قائم بهدف تحسين كفاءة الغلاف الخارجي وترشيد الطاقة :-

6- الخطوات المتبعة في الدراسة التطبيقية

تم اختيار المبني بناء على إمكانية الوصول للمعلومات الأساسية له من خلال الزيارات الميدانية ودراسة تصميم وتوجيه المبني وارتفاع وعدد الأدوار وأبعاد النوافذ ومكونات طبقات الحوائط الخارجية والسقف النهائي وسمك كلاً منها، ومن خلال تلك المعلومات قام الباحث برسم مجسم للمبني واستخراج الواجهات وحساب نسب الفتحات الى الحوائط الخارجية (WWR) بواسطة بعض البرامج المساعدة تمهيداً لدراسة

مدى كفاءة العناصر المصمتة من الغلاف الخارجي للمبني وتوافقها مع المناخ المحيط بمنطقة الدراسة، وذلك بواسطة المعادلات الحسابية، وقد تبين ان المبني يعتمد اعتماد أساسي على التبريد بشكل صناعي، مما يزيد من معدلات استهلاك الطاقة وبالتالي زيادة الاثار السلبية على البيئة، ويركز البحث علي محاولة خفض الاكتساب الحراري لتحسين كفاءة الغلاف الخارجي للمبني التعليمي القائم بواسطة التعديل التحديثي، من خلال دراسة الخواص الحرارية للعناصر المكونة له بشكل دقيق، ومقارنتها بمتطلبات الكود المصري لترشيد الطاقة بالمباني المكيفة وكود العزل الحراري في المباني، واقتراح معالجة يمكن تطبيقها بشكل فعلى لتحقق المتطلبات الحرارية للكود دون هدم الغلاف الخارجي او إيقاف سير العمل داخل المبني وفي أُقل وقت، وذلك ما تم اتباعه في تلك الدراسة.

ولتحقيق هدف البحث وهو تطوير ورفع كفاءة الغلاف الخارجي من خلال خفض معدل الاكتساب الحراري الشمسي بالتوصيل (Qc) عبر العناصر المصمتة من الغلاف الخارجي للمبني التعليمي القائم محل الدراسة، سوف يتم الاستعانة بالمعادلات الحسابية الخاصة بحساب التبادل الحراري بالتوصيل، والموضحة بالتفصيل سابقاً، والتي يمكن تلخيصها في حساب مساحة كل واجهة من واجهات المبني (A) وحساب قيمة الانتقالية الحرارية (U) وحساب فرق درجات الحرارة ما بين داخل وخارج المبني (ΔT)، وذلك للوصول الى معدل الاكتساب الحراري لغلاف المبني على جميع الواجهات، ومن ثم اقتراح المعالجة المناسبة لتحقيق اشتراطات الكود وذلك ما سوف يتم توضيحه تفصيلياً خلال مراحل البحث، ويوضح شكل (3) عناصر معادلة حساب الانتقال الحراري عبر الغلاف الخارجي للمبني محل الدراسة.



شكل (3) معادلة حساب الانتقال الحراري عن طريق التوصيل

7- دراسة تطبيقية على مبني تعليمي قائم

اسم الجامعة	الأكاديمية الحديثة للهندسة والتكنولوجيا (مبني الملحق)
نوع الجامعة	معهد خاص
التأسيس	أنشأت كلية الهندسة عام 2000
الموقع العام	يقع مبني كلية الهندسة في منطقة الهضبة الوسطى بالمقطم على ارتفاع 119 متر من سطح البحر وإحداثيات 29°59'33.81"شمال، 31°19'1.94"شرق
مسطح المبنى	مسطح الدور الواحد في المبنى حوالي 2000 متر تقريباً

1-7 وصف المبني

يتكون المبنى من دور بدروم وخمسة أدوار متكررة.

دور البدروم: يحتوي على (مكتبة – مطبعة للكتب- كافتيريا الطلاب).

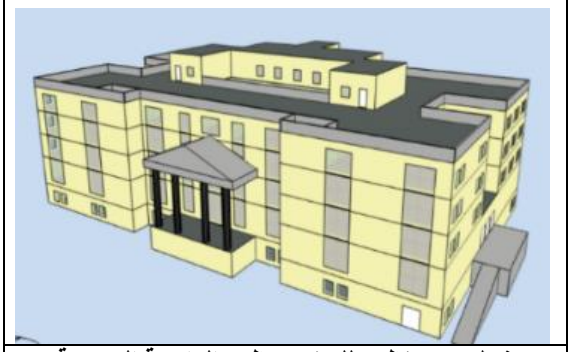
الدور الأرضي: يحتوي على عدد ست مدرجات.

الدور الأول: يحتوي على ست صالات رسم.

الدور الثاني: يحتوي على أربعة معامل حاسب آلي بالإضافة الي فصول دراسية.

الدور الثالث: يحتوي على أربع صالات رسم بالإضافة الي فصول دراسية.

الدور الرابع: وهو دور السطح يحتوي على صالة رسم واحدة كبيرة.



شكل (4) منظور للمبني ويظهر الواجهة الرئيسية (بواسطة الباحث)

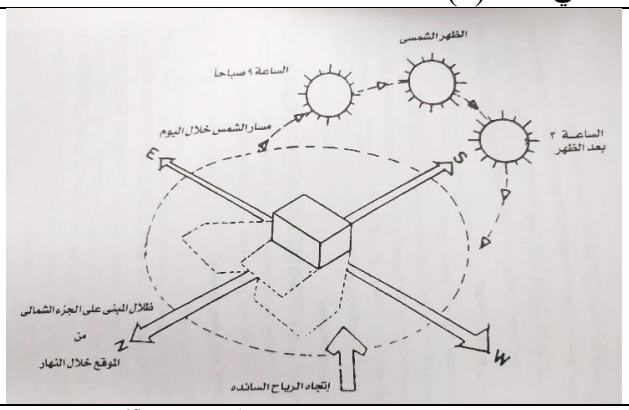
شكل(5) يوضح الواجهات الأربعة للمبني (بواسطة الباحث)

شكل(6) مسقط أفقي للدور الثالث

2-7 توجيه المبني

من خلال دراسة التوجيه الخاص بالمبني محل الدراسة وجدت ان توجيه الضلع الطويل للمبني جهة (الشرق- الغرب) والواجهة الرئيسية للمبني هي الواجهة الغربية وذلك عكس التوجيه الأمثل للمباني، والذي يحقق اقل كمية اشعاع شمسي ساقط على واجهات المبني في الصيف وأكبر كمية اشعاع شمسي في الشتاء، حيث ان

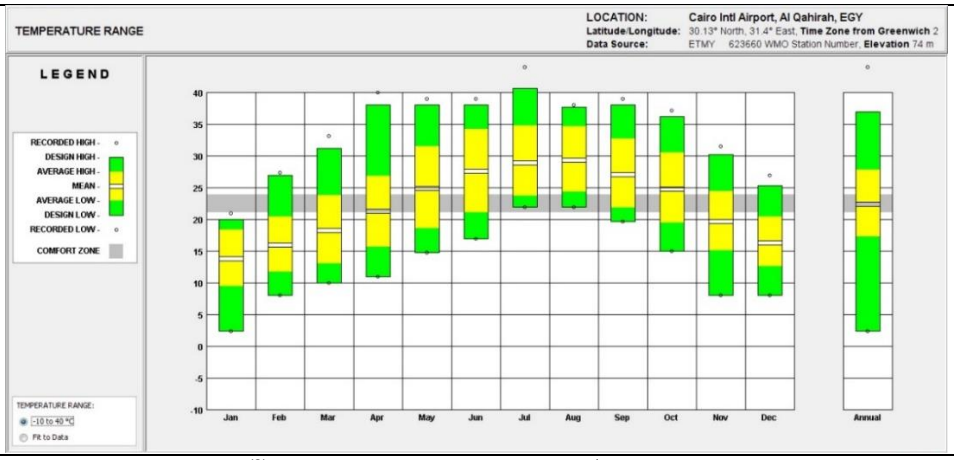
التوجيه الأمثل للمنشأ في نصف الكرة الشمالي يكون (شمال- جنوب) [6] وذلك تبعاً لكود العزل الحراري في المباني ، كما يظهر ذلك في شكل (7).



شكل(7) يوضح التوجيه الامثل للمباني [6]

3-7 الظروف المناخية

تقع مدينة القاهرة في نطاق إقليم شبة صحراوي - مناخ حار جاف [8]، تم إجراء تحليل باستخدام برنامج (Climate Consultant) وهو يعتبر إحدى أهم الادوات لتقييم بيانات الطقس [9]، وفيما يلي شكل (8)



شكل (8) نطاق درجات الحرارة على مدار العام [9]

يوضح التحليلات المناخية الخاصة بدرجات الحرارة ويظهر أن أعلي معدل لدرجات الحرارة هي (38 سْ) وذلك في أشهر يونيو-يوليو– أغسطس.

4-7 نظام التهوية داخل المبني

يعتمد المبني بشكل أساسي على نظام التهوية الصناعية من خلال تكييف مركزي يضخ الهواء لجميع فراغات المبني بهدف تحقيق الراحة الحرارية للمستعملين، مع توافر نوافذ على جميع واجهات المبني بنسب مختلفة من واجهة لأخرى ولكنها مغلقة بشكل دائم على مدار العام.

شكل (9) الواجهات الشمالية والشرقية للمبني ويظهر عليها مسارات نظام تكييف الهواء المتصل بأدوار المبني

5-7 تحليل عناصر الغلاف الخارجي

من خلال دراسة مكونات الغلاف الخارجي للمبني للمبنى محل الدراسة فهي تتكون مما يلي:-

- **الحائط الخارجي**

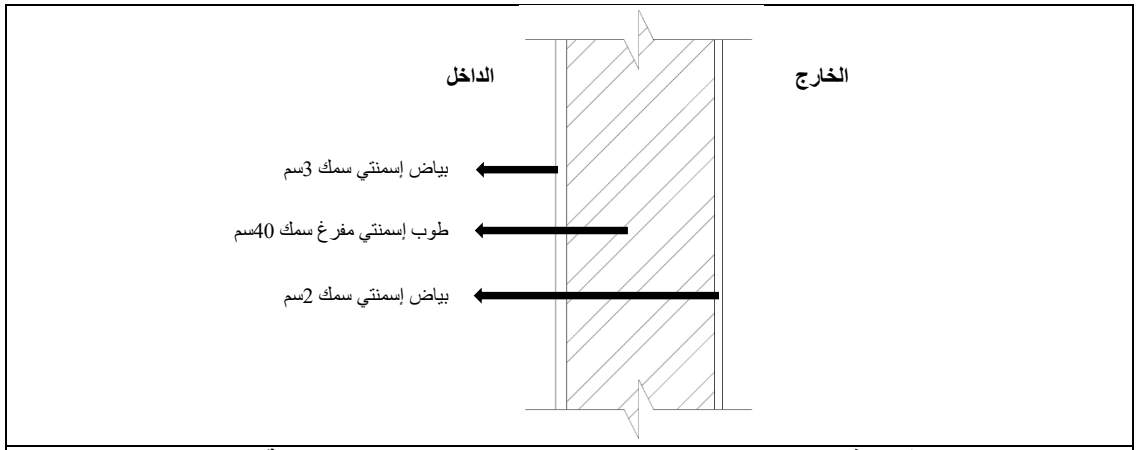
من الخارج الى الداخل: بياض اسمنتي مقاوم للمياه سمك 2 سم – طوب اسمنتي مفرغ 40سم – بياض اسمنتي بسمك 3سم.

- **السطح النهائي للمبنى**

من الأعلى الى الأسفل: بلاط إسمنتي سمك 2سم-2سم مونة اسمنتية-6سم رمل-10سم خرسانة ميول-5سم عزل حراري بولسترين ممدد-1سم عزل رطوبة-25سم بلاطة خرسانة مسلحة-2سم بياض.

- **النوافذ**

النوافذ المستخدمة في جميع واجهات المبنى الاربعة تتكون من زجاج من طبقة واحدة سمك (6مم) عاكس لون اخضر، وتحتوي الواجهة الغربية على حوائط ستائرية من نفس نوع وسمك الزجاج المستخدم في باقي الواجهات، ويوضح شكل (10) قطاع الحائط الخارجي للمبني محل الدراسة.



شكل (10) يوضح قطاع في الحائط الخارجي يوضح نوع وسمك كل مادة (الباحث بواسطة برنامج AutoCAD)

وفيما يلي في جدول (1) مقارنة بين نسبة الزجاج الى الحوائط (WWR) على واجهات المبني الاربعة للمبني محل الدراسة :-

جدول (1) يوضح مقارنة بين نسبة الزجاج الى الحوائط (WWR) على واجهات المبني الأربعة للمبني

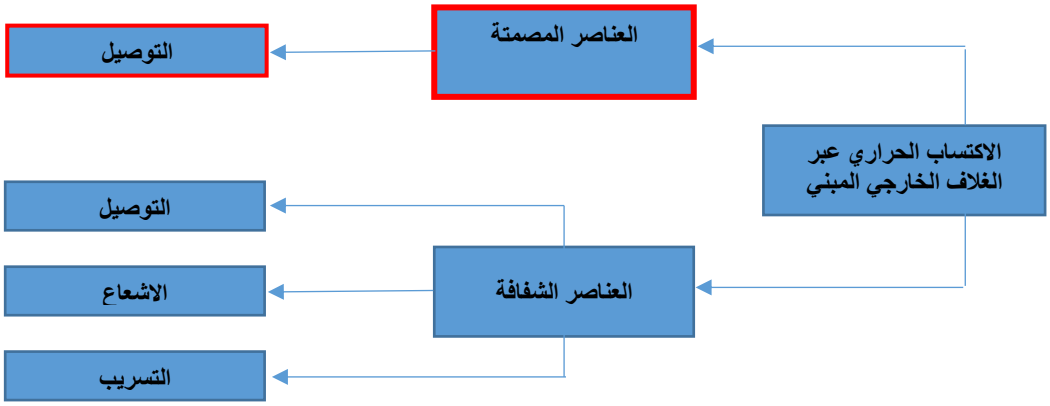
واجهة المبنى	المساحة الاجمالية للواجهة (م^2)	مساحة الزجاج (م^2)	مساحة الحوائط (م^2)	نسبة الزجاج الي الحوائط WWR %
الشمالية	820	101	719	%12.4
الجنوبية	820	109.5	710.5	% 13.4
الشرقية	1349	255	1094	%19
الغربية	1349	355	994	%26.4
الإجمالي	**4338**	**820.5**	**3517.5**	**%19**

وفي معظم اكواد الطاقة يوصي بأن متوسط WWR للمباني التعليمية لجميع واجهات المبني حوالي 22٪ [10]، ومن خلال تحليل واجهات المبني الاربعة فان النسبة المتوسطة للزجاج الى الحوائط WWR تمثل 19% وهي نسبة مقبولة تبعاً لكود ASHRAE ، ولكن نجد ان الواجهة الغربية تحتوي على نسبة حوالي 27% زجاج وهي نسبة كبيرة خاصة انها الواجهة الرئيسية والاكبر في المبني محل الدراسة.

وقد تم عمل الدراسة في يوم من أيام الصيف الحار وهو يوم (21 يونيو) في الساعة الثانية عصراً، حيث كانت درجة الحرارة الخارجية ($To= 37c^o$) والداخلية ($Tin= 25c^o$) .

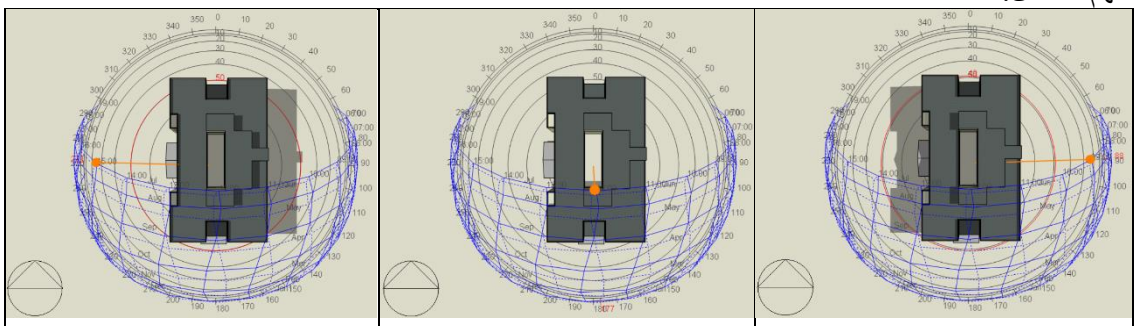
8- الاكتساب الحراري عبر غلاف المبني الخارجي

يتم حساب الاكتساب الحراري من خلال الغلاف الخارجي للمبني عن طريق حساب الانتقال الحراري المار بالتوصيل عبر العناصر المصمتة، وحساب الانتقال الحراري المار بالتوصيل والاشعاع والتسريب من خلال العناصر الشفافة [5]، وسوف تركز هذه الدراسة على حساب الانتقال الحراري بالتوصيل عبر الأجزاء المصمتة المعتمة من غلاف المبني (الحوائط والاسقف).



شكل (11) طرق الانتقال الحراري عبر الغلاف الخارجي للمبني (الباحث)

ويعد الاكتساب الحراري الشمسي من أهم العوامل التي تؤثر على الفراغات الداخلية وبالتالي يؤثر على استهلاك الطاقة المستخدمة في نظام HVAC ، ويتأثر المبني بالاكتساب الحراري الشمسي من خلال عدد ساعات التعرض لكل واجهة من واجهات المبني وشدة الحرارة وزاوية ميل الشمس باختلاف الفصول، وفيما يلي شكل (12) يوضح حركة الشمس على واجهات المبني في فصل الصيف (يوم 21 يونيو) وذلك في ثلاث مواعيد مختلفة على مدار يوم العمل، وهم الساعة 9 صباحا، 12 ظهرا ، 3 عصرا ، وذلك مع توضيح اتجاه سهم الشمال.



صيفاً: الساعة 9 صباحاً يوم 21 يونيو	صيفاً: الساعة 12 ظهراً يوم 21 يونيو	صيفاً: الساعة 3 عصراً يوم 21 يونيو

شكل (12) يوضح حركة الشمس على واجهات المبني صيفاً على مدار النهار (الباحث بواسطة برنامج Design Builder)

8-1 الخواص الحرارية والفيزيائية لبعض المواد المستخدمة في أغلفة مباني الجامعات

قام الباحث بجمع بعض الخواص الحرارية للمواد المستخدمة في قطاع الغلاف الخارجي للمبني محل الدراسة، ويوضح جدول (2) مواصفات الموصلية الحرارية لتلك المواد .

جدول (2) الخواص الحرارية لمواد البناء والتشطيب المستخدمة في المبني [6]

م	المادة	الكثافة (كجم/م3)	الموصلية الحرارية (وات/م.س)	الحرارة النوعية (جول/كجم.س)
1	طوب أسمنتي مفرغ	1140	1.6	880
2	بياض أسمنتي	1570	1-0.9	
3	بياض جبسي	1200	0.43	
4	بلاط أسمنتي	2100	1.4-1.1	

5	رمل	1520	0.33	800
6	طبقة عزل حراري من البولسترين الممدد	40-15	0.037-0.03	
7	طبقة عزل بيتومينية	1055	0.16	

2-8 العلاقة الحسابية بين متغيرات المواد المستخدمة والصفات الفيز وحرارية

يتكون الغلاف الخارجي لمباني الجامعات من عناصر انشائية مركبة وذلك في الجزء المصمت منها مثل (الحوائط والاسقف)، ويضم كلا منها عدة طبقات متتالية، وإذا اخذنا حائط بسيط كمثال فهو يتكون بالترتيب من الخارج للداخل مما يلي:-

أ- مادة النهو الخارجي (بياض – كسوات - .....) .

ب- مادة بناء الحائط (طوب أحمر – طوب إسمنتي - .....) .

ت- مادة النهو الداخلي (بياض – كسوات - .....)

وبتعدد الطبقات المكونة للعناصر الانشائية المركبة وسمك كل منها تختلف الخصائص الفيز وحرارية لها، مما يؤثر على الصفات الفيز وحرارية النهائية لعناصر الواجهة بالكامل، ويأتي هنا دور الطرق الحسابية لبيان العلاقة بين تغيرات المواد والصفات الفيز وحرارية، وذلك لتوضيح الأداء الحراري للعناصر الانشائية مجتمعة، حيث لا يوجد عنصر بناء يعمل بمفرده، وهذه الطرق الحسابية بالنسبة لواجهات مباني الجامعات الخاصة تعتبر هامة جدا في رفع الكفاءة الحرارية للغلاف الخارجي لهذا النوع من المباني وبالتالي خفض معدلات استهلاك أنظمة تبريد المباني.

9- حساب الاكتساب الحراري للعناصر المصمتة من الواجهات بالتوصيل للمبني محل الدراسة

لحساب معدل الانتقال الحراري بالتوصيل ما بين وسطين عبر غلاف فاصل بين الوسطين من المعادلة الآتية:-

$$Q = A * U * \Delta T$$

وفيما يلي سوف يتم توضيح كيفية حساب كل عنصر من عناصر المعادلة :-

1-9 حساب مساحة الجزء المعرض لكل واجهة من واجهات المبني (A)

جدول (3) يوضح مساحة كل واجهة من واجهات المبني والسطح النهائي

واجهة المبنى	مساحة الواجهة (م^2)
الشمالية	719
الجنوبية	710.5
الشرقية	1094
الغربية	994
سطح المبنى	2143

1-2-9 حساب معامل الانتقال الحراري للسقف النهائي المبنى (U)

تعتبر الانتقالية الحرارية (U value) أحد أهم الصفات الفيز وحرارية التي عن طريقها يمكن تقييم اداء الغلاف الخارجي للمبني، وبناء علية حساب احمال التبريد أو التدفئة اللازمة خلال فصول السنة المختلفة [2] وذلك لخلق بيئة داخلية مناسبة للعملية التعليمية، وفيما يلي حساب معامل الانتقال الحراري لعناصر السقف النهائي للمبني محل الدراسة.

جدول (4) يوضح المقاومة الحرارية لقطاع السطح النهائي للمبني

طبقات السقف	سمك الطبقة (L) متر	الموصلية الحرارية (K) وات/ م.سْ	المقاومة الحرارية (R) وات / م^2. سْ
مقاومة الهواء الخارجي (Ro)			0.045
بلاط أسمنتي	0.02	1.4	0.014
مونة أسمنتية	0.02	0.53	0.037
رمل	0.06	0.33	0.18
طبقة عزل حراري من البولسترين الممدد	0.05	0.034	1.47
طبقة عزل بيتومينية	0.01	0.16	0.0625

خرسانة ميول	0.10	0.4	0.25
بلاطة خرسانة مسلحة	0.25	1.44	0.17
بياض جبسي	0.02	0.43	0.05
مقاومة الهواء الداخلي (Ri)			0.104
المقاومة الحرارية الكلية للقطاع (Rt) = 2.38 م^2. س^o / وات			
معامل الانتقال الحراري الكلى للقطاع (U) = 0.42وات/ م^2			

ويوضح جدول (4) مواصفات الناقلية الحرارية والمقاومة الحرارية لقطاع سطح المبني ، وبناء على ذلك فاءن المقاومة الحرارية الكلية لقطاع السطح النهائي للمبني (Rt) = 2.38 م^2. س^o / وات، وبناء على ما ورد في متطلبات المقاومة الحرارية لأسطح المباني الواقعة في مدينة القاهرة في الكود المصري لترشيد الطاقة في المباني ظهر ان قطاع السقف النهائي الخاص بمبني كلية الهندسة متناسب مع الحد الأدنى لمتطلبات الكود والذي ينص على ان لا تقل المقاومة الحرارية للسطح النهائي للمباني في مدينة القاهرة عن 2.2 م^2. س^o / وات [2].

9-2-2 حساب معامل الانتقال الحراري للحوائط الخارجية للمبنى (U)

جدول (5) يوضح المقاومة الحرارية لطبقات قطاع الحائط الخارجي للمبني

الادوار (البدروم – الارضي -الأول)			
طبقات الحائط	سمك الطبقة (L) متر	الموصلية الحرارية (K) وات/ م.سْ	المقاومة الحرارية (R) وات / م2. سْ
مقاومة الهواء الخارجي (Ro)			0.08
بياض أسمنتي	0.02	0.95	0.021
طوب أسمنتي مفرغ	0.4	1.6	0.25
بياض أسمنتي	0.03	0.95	0.031
مقاومة الهواء الداخلي (Ri)			0.123
المقاومة الحرارية الكلية للقطاع (Rt) = 0.505 م^2. س^o / وات			
معامل الانتقال الحراري الكلى للقطاع (U) = 1.98 وات / م^2			
الادوار (الثاني – الثالث -الرابع)			
طبقات الحائط	سمك الطبقة (L) متر	الموصلية الحرارية (K) وات/ م.سْ	المقاومة الحرارية (R) وات / م^2. سْ
مقاومة الهواء الخارجي (Ro)			0.055
بياض أسمنتي	0.02	0.95	0.021
طوب أسمنتي مفرغ	0.4	1.6	0.25
بياض أسمنتي	0.03	0.95	0.031
مقاومة الهواء الداخلي (Ri)			0.123
المقاومة الحرارية الكلية للقطاع (Rt) = 0.48 م^2. س^o / وات			
معامل الانتقال الحراري الكلى للقطاع (U) = 2.08 وات/ م^2			

وبناء على ما ورد في متطلبات المقاومة الحرارية للحوائط الخارجية في الكود المصري لترشيد الطاقة في المباني [2] والموضحة في جدول (5) ، ظهر ان قطاع الحائط الخاص بالمبني غير مستوفي الشروط، وايضاً لا يستوفي اشتراطات كود العزل الحراري المصري والذي ينص على ان لا يزيد قيمة الانتقالية الحرارية للحوائط المعرضة عن (1وات/م^2.س^o) وبالتالي يحتاج الي معالجة لتحسين كفاءته الحرارية، وذلك ما سوف يتم خلال البحث.

جدول (6) يوضح المقاومة الحرارية المطلوب تحقيقها للحوائط والاسقف في مدينة القاهرة [2]

الاتجاه	اللون	الأجزاء المعتمة	
		المقاومة الحرارية المطلوبة م^2. س^o / وات	
		انشاء ثقيل	انشاء خفيف
السطح النهائي	داكن	2.2	2.7
شمال	داكن	0.7	1.2
	فاتح	0.6	1.1
جنوب	داكن	0.9	1.8
	فاتح	0.7	1.5
شرق	داكن	1.4	2.5
	فاتح	0.9	2
غرب	داكن	1.4	2.5
	فاتح	0.9	2

3-9 حساب فرق درجات الحرارة ما بين وسطين (ΔT)

تتعرض واجهات المبني للإشعاع الشمسي والحرارة طوال النهار، وتعتبر درجة الحرارة الخارجية (To) متماثلة على كافة واجهات المبني المختلفة أياً كان التوجيه وأياً كانت المواد الانشائية المكونة لهذا الحائط، وتختلف شدة الإشعاع الشمسي الخاصة بكل واجهة من واجهات المبني طبقا لقيم زوايا اشعة الشمس الأفقية والرأسية والوقت المعرضة فيه الواجهة لأشعة الشمس وارتفاع الدور المعرض، ولذلك فيؤخذ في الاعتبار درجة الحرارة الشمسية (Ts) والتي تتوقف أيضاً على درجة امتصاص السطح الخارجي للحائط، ومعامل توصيل السطح الخارجي للحائط، ويمكن الحصول على درجة الحرارة الشمسية من العلاقة:-

$$Ts = To + (I \times a \times Ro)$$

حيث أن: Ts = درجة الحرارة الشمسية (س^o)

To= درجة الحرارة الخارجية (س^o)

I = كثافة الإشعاع الشمسي على الواجهة (وات /م^2)

a = درجة امتصاص السطح طبقا لمادة الحائط، وهي تساوي0.65 للحوائط و 0.80 للأسقف.

Ro= مقاومة السطح الخارجي (م^2. س^o / وات)

وبالتالي فلكل واجهة من واجهات المبني درجة حرارة شمسية لكل ساعة من الساعات المعرضة لها للأشعة الشمسية طبقا لشدة الاشعة الشمسية في هذه الساعة، بالإضافة الى وجود الحرارة الخارجية طبقاً للبيانات المناخية الخاصة بالمدينة، وقد تم حساب الاشعاع الشمسي في يوم حار من أيام الصيف (21 يونيو) الساعة الثانية عصراً طبقاً للفرضية المقترحة.

ولكل واجهة من واجهات المبني معدل اشعاع شمسي يختلف في كل ساعة من ساعات النهار تبعاً لحركة الشمس، ويتم حساب معدل الاشعاع الشمسي من جدول (7) وذلك يوم (21 يونيو) .

جدول (7) حساب الإشعاع الشمسي (I) لواجهات المبنى المختلفة في الصيف (solar radiation)

Time/	N	NE	E	SE	S	Sw	W	NW	H	Diffused
7	155	530	600	315	0	0	0	0	545	35
8	90	515	635	385	0	0	0	0	560	40
9	35	405	555	380	0	0	0	0	745	45
10	0	255	410	325	45	0	0	0	500	50
11	0	90	220	220	90	0	0	0	1000	55
12	0	0	0	75	105	75	0	0	1025	55
13	0	0	0	0	90	220	220	90	1000	55
14	**0**	**0**	**0**	**0**	**45**	**325**	**410**	**255**	**900**	**50**
15	35	0	0	0	0	380	555	405	745	45
16	90	0	0	0	0	385	635	515	560	40
17	155	0	0	0	0	315	600	530	545	35

يوضح جدول (8) فرق درجات الحرارة (ΔT) للواجهات المختلفة والسقف النهائي للمبني محل الدراسة

To= 37 C°

Tin= 25 C°

Ts =To + (I × a × Ro)

ΔT = Ts – Tin

جدول (8) حساب فرق درجات الحرارة بين وسطين ΔT

واجهة المبنى	الإشعاع الشمسي على الواجهة (المباشر+المنعكس) (I) (وات/م^2)	درجة امتصاص السطح (a)	مقاومة السطح الخارجي (Ro)	درجة الحرارة الشمسية Ts(س°)	فرق درجات الحرارة ما بين الوسطين ΔT (س°)
الادوار (البدروم – الارضي -الأول) أدوار محمية					
الشمالية	50+0	0.65	0.08	39.6	**14.6**
الجنوبية	50+45	0.65	0.08	41.94	**16.95**
الشرقية	50+0	0.65	0.08	39.6	**14.6**
الغربية	50+410	0.65	0.08	60.92	**35.92**
الادوار (الثاني – الثالث -الرابع) أدوار متوسطة الحماية					
الشمالية	50+0	0.65	0.055	38.8	**13.8**
الجنوبية	50+45	0.65	0.055	40.4	**15.4**
الشرقية	50+0	0.65	0.055	38.8	**13.8**
الغربية	50+410	0.65	0.055	53.45	**28.45**
سطح المبنى	50+900	0.80	0.045	71.2	**46.2**

10- حساب معدل الانتقال الحراري بالتوصيل (Qc) عبر الغلاف الخارجي للمبنى

لحساب معدل الانتقال الحراري بالتوصيل ما بين وسطين عبر غلاف فاصل بين الوسطين من المعادلة الآتية (**Q= A *U* ΔT**)، وقد تم حساب كل عنصر من عناصر المعادلة في الجداول السابقة، وفيما يلي حساب الاكتساب الحراري بالتوصيل Qc في الوضع الأصلي للمبني محل الدراسة.

جدول (9) حساب معدل الانتقال الحراري بالتوصيل Qc عبر الحوائط والسطح النهائي للمبني

واجهة المبنى	مساحة الواجهة A (م^2)	معامل الانتقال الحراري U (وات/م^2. س°)	فرق درجات الحرارة ΔT (س°)	الاكتساب الحراري Qc (وات)
الادوار (البدروم – الارضي -الأول) أدوار محمية				
الشمالية	390	1.98	14.6	**11275**
الجنوبية	381.5	1.98	16.95	**12804**
الشرقية	526	1.98	14.6	**15206**
الغربية	526	1.98	35.92	**37410**
اجمالي= 76695 وات				
الادوار (الثاني – الثالث -الرابع) أدوار متوسطة الحماية				
الشمالية	329	2.08	13.8	**9444**
الجنوبية	329	2.08	15.4	**10539**
الشرقية	514	2.08	13.8	**14754**
الغربية	468	2.08	28.45	**27695**
اجمالي = 62432 وات				
سطح المبنى	2143	0.42	46.2	**41583**
اجمالي الاكتساب الحراري بالتوصيل عبر الجزء المصمت من غلاف المبنى = 180710 وات				

11- مقترح التعديل التحديثي على الحوائط الخارجية لتحسين كفاءتها وتطبيق اشتراطات الكود من خلال إضافة العزل الحراري المناسب للظروف المناخية المحيطة

"العازل الحراري عبارة عن مادة أو مجموعة مواد بإمكانها عند الاستخدام الصحيح تقليل سريان او انتقال الطاقة الحرارية، وتكون هذه المواد على صورة الياف او حبيبات او اللواح او لفائف او صفائح او اغشية" [6]، والمواد العازلة للحرارة المستخدمة في المباني تكون لها موصلية حرارية منخفضة تتراوح بين 0.02 الى 0.2 (وات/م. س°) مثل: البولسترين، البولي يورثان، الفيبرجلاس، فيرميكوليت، الخرسانة الخلوية وغيرها.

11-1 العوامل التي يتوقف عليها اختيار نوع المادة العازلة

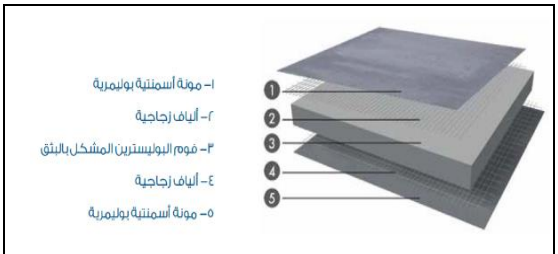
1- الموصلية الحرارية للمادة والتي تحقق القيمة التصميمية للانتقالية الحرارية الكلية للحائط.
2- نوع المنشأ المراد عزلة (مبني قائم – مبني تحت الانشاء) .
3- مكان المادة العازلة من الخارج او الوسط او الداخل، فلكل موضع المواد المناسبة له.
4- الخواص الميكانيكية المطلوبة لمادة العزل من تحمل اجهادات الانضغاط والانحناء والشد وكذلك مقاومة البري والاحتكاك والعوامل الجوية.
5- توافر العمالة المدربة والمعدات اللازمة لتنفيذ المادة، فهناك مواد سهلة التركيب ومواد تحتاج لمعدات ضخ وحقن وعمالة مدربة.
6- توافر المادة بسعر اقتصادي مناسب [6].

11-2 اختيار مكان وضع المادة العازلة للحرارة في الحائط

يوجد ثلاث طرق لوضع المادة العازلة للحرارة في الحوائط وهي (من الخارج- في الوسط – من الداخل)، وكما هو معلوم في علم انتقال الحرارة ان توضع المادة العازلة في اتجاه مصدر الحرارة، ففي البلاد الباردة توضع المادة العازلة من الداخل، بينما في البلاد الحارة توضع المادة العازلة من الخارج، ومن المعلوم ايضاً انه في حالة عزل مبني قائم حرارياً لابد من استخدام العزل من الخارج حيث انه لا يتطلب إيقاف الأنشطة داخل المبني اثناء العزل [6].

من خلال دراسة مقارنة لعزل حائط خارجي في مناخ حار جاف (إقليم شبة صحراوي) والذي تقع فيه مدينة القاهرة، وجد ان اللواح البولسترين المشكل بالبثق أعطت كفاءة عزل حراري اعلي مع استخدام سمك أقل مقارنة بمواد عزل اخري مثل البولسترين الممدد والسليتون والفيرميكيوليت [6]، لذلك يمكن الاعتماد على احدى أنواع البوليسترين المشكل بالبثق في معالجة المبني محل الدراسة حيث انه يقع في نفس الاقليم المناخي.

وبناء على ما ورد فيما يخص اشتراطات كود العزل الحراري، فقد تم اقتراح استخدام اللواح عازل حراري على الحوائط الخارجية للمبني مصنوعة من فوم البوليسترين المشكل بالبثق ومسلحة من الوجهين بشبكة من الالياف الزجاجية ومغطاة بطبقة من المونة الاسمنتية المعالجة [11] سمك 2سم، حيث ان هذا السمك هو الأنسب لتحقيق الحد الأدنى للمقاومة الحرارية المطلوبة بناء على المعادلات الحسابية، وهي الواح انشائية خفيفة يمكن استخدامها للعزل الخارجي للمباني من الحرارة للتوفير في الطاقة بالإضافة لعزلها الجيد للمياه والرطوبة، وهي اللواح ذات خواص عزل مميزة ومعتمدة من اختبارات المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء وتتناسب مع متطلبات الكود المصري لترشيد الطاقة في المباني في مدينة القاهرة، بالإضافة لإمكانية استخدامها بسهولة في تحسين كفاءة الغلاف الخارجي للمباني القائمة دون احداث تغييرات أو هدم أو تعطيل لوظيفة المبني، ويوضح شكل (13) مكونات اللواح العزل المستخدمة.



شكل (13) يوضح مكونات اللواح العزل المقترح استخدامها كمعالجة خارجية لغلاف المبني [11]

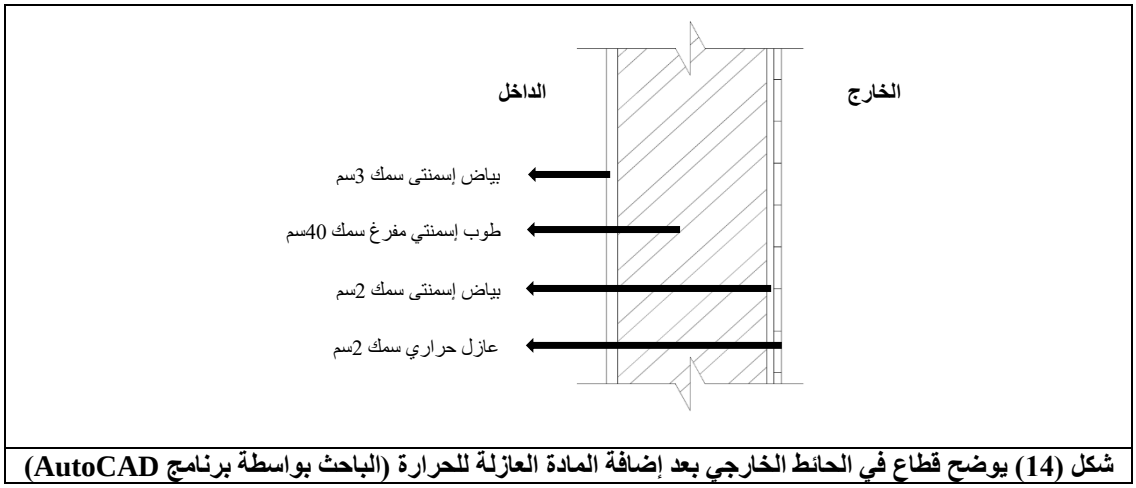
12- تطبيق مقترح العزل الحراري

يوضح جدول (10) مواصفات الحائط الخارجي والناقلية والمقاومة الحرارية بعد إضافة العزل الحراري المقترح :-

12-1 معامل الانتقال الحراري لحوائط المبنى (U) بعد إضافة طبقة عزل حراري خارجية

جدول (10) يوضح حساب المقاومة الحرارية الحائط الخارجي بعد إضافة العزل الحراري المقترح

الادوار (البدروم – الارضي -الأول)			
طبقات الحائط	سمك الطبقة (L) متر	الموصلية الحرارية (K) وات/ م.سْ	المقاومة الحرارية (R) وات / م^2. سْ
مقاومة الهواء الخارجي (Ro)	-	-	0.08
اللواح العزل الحراري المقترحة	0.02	0.037	0.54
بياض أسمنتي	0.02	0.95	0.021
طوب أسمنتي مفرغ	0.4	1.6	0.25
بياض أسمنتي	0.03	0.95	0.031
مقاومة الهواء الداخلي (Ri)	-	-	0.123
المقاومة الحرارية الكلية للقطاع (Rt) = 1.045 م^2. س°/وات			
معامل الانتقال الحراري الكلى للقطاع (U) = 0.957 وات/م^2. س°			
الادوار (الثاني – الثالث -الرابع)			
طبقات الحائط	سمك الطبقة (L) متر	الموصلية الحرارية (K) وات/ م.سْ	المقاومة الحرارية (R) وات / م^2. سْ
مقاومة الهواء الخارجي (Ro)	-	-	0.055
اللواح العزل الحراري المقترحة	0.02	0.037	0.54
بياض أسمنتي	0.02	0.95	0.021
طوب أسمنتي مفرغ	0.4	1.6	0.25
بياض أسمنتي	0.03	0.95	0.031
مقاومة الهواء الداخلي (Ri)	-	-	0.123
المقاومة الحرارية الكلية للقطاع (Rt) = 1.02 م^2. س°/وات			
معامل الانتقال الحراري الكلى للقطاع (U) = 0.98 وات/م^2. س°			



شكل (14) يوضح قطاع في الحائط الخارجي بعد إضافة المادة العازلة للحرارة (الباحث بواسطة برنامج AutoCAD)

يتضح من الجدول السابق ان المقاومة الحرارية (Rt) لقطاع الحائط الخارجي زادت من(0.49 الى 1.033 م^2. س°/وات)، وبالتالي أصبحت مناسبة لمتطلبات الكود المصري لترشيد الطاقة في المباني لمدينة القاهرة، وايضاً أصبحت مناسبة لمتطلبات كود العزل الحراري في المباني، والذي ينص على ان لا يزيد معامل

الانتقالية الحرارية للحوائط المعرضة عن (1 وات/ م^2. س^o) وذلك في مناخ مدينة القاهرة [6]، ويوضح شكل (14) قطاع مبسط في الحائط الخارجي للمبني بعد إضافة العزل الحراري.

13 معدل الانتقال الحراري بالتوصيل (Qc) عبر الغلاف الخارجي للمبنى بعد اضافة العزل الحراري المناسب

لحساب معدل الانتقال الحراري بالتوصيل ما بين وسطين عبر غلاف فاصل بين الوسطين من المعادلة الآتية (Q= A *U* ΔT)، وقد تم حساب كل عنصر من عناصر المعادلة في الجداول السابقة، وفيما يلي حساب الاكتساب الحراري بالتوصيل Qc بعد إضافة اللواح العزل الحراري للحوائط الخارجية.

جدول (11) حساب معدل الانتقال الحراري بالتوصيل Qc عبر الحوائط والسطح النهائي للمبني بعد إضافة العزل الحراري

واجهة المبنى	مساحة الواجهة A (م^2)	معامل الانتقال الحراري U (وات/م^2. س^o)	فرق درجات الحرارة ΔT (س^o)	الاكتساب الحراري Q (وات)
الادوار (البدروم – الارضي -الأول) أدوار محمية				
الشمالية	390	0.957	14.6	**5450**
الجنوبية	381.5	0.957	16.95	**6189**
الشرقية	526	0.957	14.6	**7350**
الغربية	526	0.957	35.92	**18082**
اجمالي= 37071 وات				
الادوار (الثاني – الثالث -الرابع) أدوار متوسطة الحماية				
الشمالية	329	0.98	13.8	**4450**
الجنوبية	329	0.98	15.4	**4966**
الشرقية	514	0.98	13.8	**6952**
الغربية	468	0.98	28.45	**13049**
اجمالي = 29417 وات				
سطح المبنى	2143	0.42	46.2	**41583**
اجمالي الاكتساب الحراري بالتوصيل عبر الجزء المصمت من غلاف المبنى = 108071 وات				

14-النسبة المئوية (%) لخفض الاكتساب الحراري عبر الحائط الخارجي بعد إضافة العزل الحراري

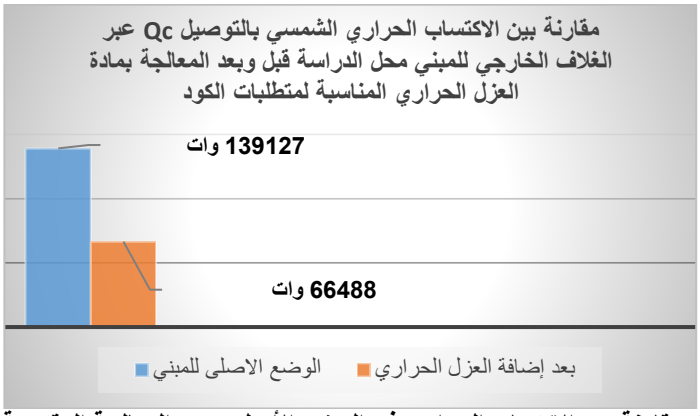
يوضح جدول (12) مقارنة بين الاكتساب الحراري الشمسي بالتوصيل عبر الحوائط الخارجية للمبني محل الدراسة قبل وبعد معالجة الغلاف الخارجي بمادة العزل الحراري المقترحة والتي تتناسب مع اشتراطات الكود المصري للعزل الحراري في مدينة القاهرة وتحقق نسبة الناقلية الحرارية المطلوبة.

جدول (12) يوضح النسبة المئوية لتوفير الاكتساب الحراري عبر الحائط الخارجي بعد إضافة العزل المقترح

واجهة المبني	الاكتساب الحراري (Qc) عبر غلاف المبني في الوضع الأصلي (وات)	الاكتساب الحراري (Qc) بعد إضافة العزل الحراري المناسب لغلاف المبني (وات)	نسبة الوفر في الاكتساب الحراري الشمسي عبر الحوائط الخارجية (%)
الشمالية	**20719**	**9900**	**%52.21**
الجنوبية	**23343**	**11155**	**%52.21**
الشرقية	**29960**	**14302**	**%52.26**
الغربية	**65105**	**31131**	**%52.18**
الإجمالي	**139127**	**66488**	**%52.21**

من خلال ما سبق تبين انه تم خفض نسبة الاكتساب الحراري عبر الحوائط الخارجية للمبني محل الدراسة بنسبة 52.21% بعد إضافة العزل الحراري المقترح والمتناسب مع متطلبات واشتراطات كود العزل الحراري المصري، وذلك من خلال تحقيق متطلبات المقاومة الحرارية المناسبة تبعاً للمنطقة المناخية الخاصة بالمبني محل الدراسة، مما سيساهم بشكل كبير في ترشيد الطاقة المستخدمة لتبريد فراغات المبني

بشـــكل صـــناعي وتحســـين الراحة الحرارية، وبالتالي خفض معدلات الاحتباس الحراري نتيجة خفض الكربون الناتج عن فرط الطلب على الطاقة.



شكل (15) مقارنة بين الاكتساب الحراري في الوضع الأصلي وبعد المعالجة المقترحة (الباحث)

يركز البحث على خفض معدل الاكتساب الحراري الشمسي عبر غلاف المبني بحيث يتناسب مع متطلبات الكود المصري لترشيد الطاقة في المباني لمدينة القاهرة وكود العزل الحراري، والذي بدوره سيخفض من قيمة الطلب على الطاقة لتبريد المبني بشكل صناعي، وينص الكود على ان لا يزيد معامل الانتقالية الحرارية للحوائط المعرضة في مناخ مدينة القاهرة عن (1 وات/ م^2. س^o) [6]، وقد كانت الانتقالية الحرارية قبل المعالجة بقيمة متوسطة تساوى (2.03 وات/ م^2. س^o) وأصبحت بعد المعالجة المقترحة بقيمة متوسطة تساوى (0.97 وات/ م^2. س^o) وبالتالي أصبحت مناسبة لمتطلبات الكود في مناخ مدينة القاهرة، وبالنسبة للسقف النهائي للمبني ينص الكود على ان لا يزيد معامل الانتقالية الحرارية للأسقف النهائية عن (0.6 وات/ م^2. س^o) [6]، وهي في الوضع الأصلي للمبني تساوى (0.42 وات/ م^2. س^o) وبالتالي فهي مناسبة لمتطلبات الكود.

النتائج والتوصيات

أولاً: نتائج الدراسة:

1- بالنظر الى أهم العوامل التصميمية التي تؤثر على استهلاك الطاقة بالمباني التعليمية القائمة نجد أن أغلبها ثابتاً لا يمكن تغييره مثل (الإقليم المناخي- توجيه المبنى- ارتفاع المبنى- تشكيل المسقط الأفقي- الغلاف الخارجي)، وتركز الدراسة على العامل الأخير(الغلاف الخارجي)، وهو العامل الذي يمكن من خلال تطويره بالاعتماد على التعديل التحديثي للغلاف الخارجي تخفيض الاكتساب الحراري وبالتالي ترشيد الطاقة وتحسين جودة البيئة الداخلية وتقليل الاثار السلبية للمباني التعليمية القائمة على البيئة.

2- تعد العناصر المكونة للغلاف الخارجي للمباني التعليمية هي المنفذ الرئيسي لانتقال الحرارة الى داخل المبنى، وبالتالي تؤثر على المناخ الداخلي للفراغات، لذلك يجب مراعاة اختيار مواد ذات نوعية وسمك مناسب للظروف المناخية المحيطة لتقليل التبادل الحراري بين داخل وخارج المبني وترشيد الطاقة غير المتجددة المستخدمة في تبريد فراغات المبني، وبالتالي حماية البيئة من الاثار السلبية لارتفاع معدلات الكربون في الجو عام بعد اخر.

3- ينص الكود على ان لا يزيد معامل الانتقالية الحرارية للحوائط المعرضة في مناخ مدينة القاهرة عن (1 وات/ م^2. س^o)، وقد كانت الانتقالية الحرارية قبل المعالجة بقيمة متوسطة تساوى (2.03 وات/ م^2) وأصبحت بعد المعالجة المقترحة بقيمة متوسطة تساوى (0.97 وات/ م^2) وبالتالي أصبحت مناسبة لمتطلبات الكود في مناخ مدينة القاهرة، وبالنسبة للسقف النهائي للمبني ينص الكود على ان لا يزيد معامل الانتقالية الحرارية للأسقف النهائية عن (0.6 وات/ م^2. س^o)، وهي في الوضع الأصلي للمبني تساوى (0.42 وات/ م^2) وبالتالي فهي مناسبة لمتطلبات الكود.

4- بعد إضـافة المادة العازلة المناسـبة تم خفض نسـبة الاكتسـاب الحراري عبر الحوائط الخارجية للمبني محل الدراســة بنســبة 52.21% بعد إضــافة العزل الحراري المقترح والمتناســب مع متطلبات

واشتراطات كود العزل الحراري المصري وذلك للمنطقة المناخية الخاصة بالمبني محل الدراسة، مما سيساهم في ترشيد الطاقة المستخدمة في تبريد المبني بشكل صناعي، وبالتالي خفض معدلات الاحتباس الحراري نتيجة خفض الكربون الناتج عن فرط الطلب على الطاقة.

5- من خلال دراسة الاكتساب الحراري لواجهات المبني الأربعة وجد ان الواجهة الغربية هي أكثر الواجهات اكتساباً للحرارة بالتوصيل في شهور الصيف الحارة، وذلك بناء على حساب معدل الاكتساب الحراري لكل 1 م^2 لكل واجهة من واجهات المبني محل الدراسة ومقارنتهم، وبناء علية لابد من مراعاة اختيار السمك والنوع المناسب من مواد الانشاء والتشطيب الخاصة بكل واجهة تبعاً للتوجيه والظروف المحيطة بالمبني.

6- تعتبر مواد العزل الحراري ذات خواص بيئية هامة جداً، حيث انها أصبحت حالياً متطلب أساسي يجب على المصمم المعماري الاهتمام بدمجة في للأغلفة الخارجية للمباني.

7- تمثل المباني القائمة النسبة الاكبر مقارنة مع المباني التي لم تبني بعد، ولذلك يجب الاهتمام بها ومحاولة تحسين كفاءتها لكي تواكب متطلبات المرحلة الحالية ومشكلاتها، والتي تتمثل في قلة موارد الطاقة غير المتجددة مع زيادة المؤثرات السلبية الناتجة عن المباني غير المرشدة للطاقة وأثرها السلبي على البيئة المحيطة.

8- تمت الدراسة التطبيقية على مبني قائم في مدينة القاهرة والتي تقع في نطاق المناخ الحار الجاف، وتختلف المعطيات البيئية ومتطلبات واشتراطات الكود لكل منطقة مناخية، وبالتالي طرق المعالجة بحسب الظروف المناخية المحيطة لمناطق مناخية أخرى.

ثانياً: التوصيات:

- **توصيات على مستوى الدولة**

1- ضرورة تفعيل اشتراطات جديدة لاستخراج رخص البناء، والتي تتمثل في ضرورة الالتزام بتحقيق مواصفات الكود المصري لترشيد الطاقة في المباني وكود العزل الحراري في الغلاف الخارجي للمبني تبعاً لكل منطقة مناخية في مصر، بهدف ترشيد الطاقة والحماية من الاثار السلبية على البيئة لمواكبة اهداف استراتيجية مصر 2030.

2- ضرورة التوعية المجتمعية بأهمية التعديل التحديثي للمباني القائمة على مستوى الدولة والتي تتمثل في تحقيق كلا من:-

- انخفاض تكاليف الطاقة بشكل عام، وبالتالي زيادة العائد الاقتصادي للدولة.
- خفض معدلات الاحتباس الحراري وانبعاثات الكربون وحماية البيئة.
- الحفاظ على التراث من خلال تطبيق التعديل التحديثي على المباني التاريخية بما يناسبها لحمايتها والحفاظ عليها.
- تحسين جودة البيئة الداخلية والتي بدورها لها فوائد على صحة شاغلي المباني ومعدل انتاجيتهم
- زيادة عائد الاستثمار: حيث ان المستأجرين غالبا ما يكونوا على استعداد لدفع مبالغ إيجاريه أعلى في المباني ذات الأداء البيئي الجيد والكفاءة في استخدام الطاقة.

3- البدء في عمل خطة لحصر المباني القائمة التي لا تستوفي اشتراطات كود ترشيد الطاقة وكود العزل الحراري في المباني من حيث عدم تناسب المقاومة الحرارية للغلاف الخارجي لتلك المباني مع الظروف المناخية المحيطة، والعمل علي تحسين ورفع كفاءتهم وتحفيز الملاك والمستثمرين من خلال اعطائهم ميزات تشجعهم على تحسين كفاءة مبانيهم مثل الاعفاء أو التخفيض الضريبي على سبيل المثال.

- **توصيات على مستوى المعماريين**

1- التوعية بأهمية تحديث المباني القائمة نظرا لاستهلاكها معدلات تزيد عن 60% من اجمالي حجم استهلاك الطاقة (في المباني السكنية والتجارية والمباني العامة فقط) طبقا للتقرير السنوي للشركة القابضة للكهرباء في مصر، ذلك بالإضافة الى ارتفاع قيمة التعريفة الكهربائية منذ عام 2014 وملحقاته حتى عام 2025 ، وبالتالي أصبح أهمية تحديث المباني القائمة أمر ضروري لتحويلها الى مباني مرشدة للطاقة.

2- الاهتمام بالجوانب البيئية في مراحل التصميم الأولية بداية من اختيار الموقع وتوجيه المبني الى اختيار المواد المناسبة لكل واجهة، وذلك لمواكبة المتغيرات الحالية في قطاع الطاقة وخلق بيئة مريحة للمستعملين وزيادة انتاجيتهم وتحصيلهم الدراسي.
3- عمل دراسة للخواص الحرارية للمواد المستخدمة في الغلاف الخارجي للمبنى واختيار انسب المواد التي تتوافق مع الظروف المناخية بالمنطقة، وذلك بهدف توفير بيئة مريحة حرارياً وترشيد استهلاك الطاقة المستهلكة في تبريد المباني التعليمية.
4- ضرورة التعاون مع المراكز البحثية مثل المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء وذلك لدراسة علم فيزياء المنشأت وتأثير العوامل البيئية على أداء المباني، مع عقد دورات تدريبية للطلاب والمهندسين في هذا المجال.

قائمة المراجع:

1. أحمد حليم. (2014). تطوير واعادة تصميم أغلفة المباني العامة القائمة للمساعدة في حل أزمة الطاقة الحالية في مصر. القاهرة: مؤتمر الازهر الهندسي الدولي الثالث عشر من 23: 25 ديسمبر.
2. اللجنة الدائمة لإعداد الكود المصري في المباني. (2005) . الكود المصري لتحسين كفاءة الطاقة في المباني- المباني التجارية. القاهرة : المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء.
3. أحمد حليم. (2014). منهجية جديدة لتصميم الغلاف الخارجي للمباني واستثمار الامكانات التكنولوجية لتحقيق الاهداف البيئية. القاهرة : مؤتمر الازهر الهندسي الدولي الثالث عشر.
4. محمد العيسوي. (2003). تأثير تصميم الغلاف الخارجي للمبنى على الاكتساب الحراري والراحة الحرارية للمستعملين. القاهرة : كلية الهندسة - جامعة القاهرة.
5. منى الوزير. (2011). دور الواجهات في تحقيق الراحة الحرارية داخل المباني الادارية في مصر. الاسكندرية : رسالة دكتوراة - جامعة الإسكندرية.
6. اللجنة الدائمة لإعداد المواصفات المصرية العامة لبنود الاعمال. (2007). مواصفات بنود اعمال العزل الحراري. القاهرة : المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء.
7. اللجنة الدائمة لإعداد الكود المصري في المباني. (2005). الكود المصري لتحسين كفاءة الطاقة في المباني السكنية. القاهرة : المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء.
8. أ.د جورج باسيلى حنا. (2017). دليل الاستدامة للعمارة الخضراء والطاقة. القاهرة : المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء.
9. Rana, Kritika. (2021) .Towards Passive Design Strategies for Improving Thermal Comfort Performance in a Naturally Ventilated Residence. Vol. 29 No. 2 .Sydney: Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering.
10. ASHRAE. (2018). Achieving zero energy: Advanced energy design guide for K-12 school buildings. ATLANTA : ASHRAE.
11. CMB Group. (2022). [Online] [Cited: 6 25, 2022.] https://www.cmbegypt.com/cmb/en/.