

## منهجية مقترحة لرفع كفاءة واجهات المباني التعليمية الجامعية فى مصر A Proposed Methodology for retrofit the Efficiency of Facades of High Educational Buildings in Egypt

د. مروه محمد عباس صالح

مدرس بقسم الهندسة المعمارية بالأكاديمية الحديثة للهندسة والتكنولوجيا بالمعادي، miroda2020@gmail.com

د. محمود محمد عبد الرازق

استاذ مساعد بالمركز القومى لبحوث الاسكان و البناء معهد فيزيقيا المنشآت، M\_razik2005@yahoo.com

د. هبه مجدى جابر

مدرس بقسم الهندسة المعمارية بالأكاديمية الحديثة للهندسة والتكنولوجيا بالمعادي، hebamagdy89@hotmail.com

### كلمات دالة Keywords:

المباني التعليمية  
High Educational Building  
معامل الاكتساب الحرارى  
Solar Heat Gain Coefficient  
SHGC  
الراحة الحرارية  
Thermal Comfort  
التعديل التحديثى  
Retrofit  
توفير الطاقة  
Energy Saving

### ملخص البحث Abstract:

مباني التعليم العالى هي أماكن إعداد المفكرين والمبدعين والمطورين وقادة المستقبل للنهوض بالأمة، ويلزم شاغليها فراغات تعليمية توفر لهم مناخ جيد يساعد على الاستيعاب ويحد من الإجهاد وذلك من خلال الإضاءة الجيدة وضبط درجة الحرارة المناسبة داخل الفراغ، ونتيجة لأن تصميمات تلك المباني كانت تهتم بالشكل الجمالي للواجهات على حساب التصميم المستدام نجد إصراف فى استخدام الطاقة الكهربائية بغرض توفير الضوء ودرجة الحرارة المناسبة للشاغلين ويؤدى ذلك الى تلوث البيئية والإضرار بالاقتصاد القومي، وتأتى هذه الدراسة كنتيجة للحاجة الملحة لجعل الفراغات الداخلية لمباني التعليم العالى تلبى احتياجات شاغليها ومتطلباتهم الإنسانية بأقل قدر ممكن لإستهلاك الطاقة. وحيث ان العامل الرئيسي والمؤثر على إمكانية التحكم فى شدة إضاءة الفراغ ودرجة حرارته هي الواجهات وانه من الممكن عمليا إدخال تعديلات على مكونات الواجهات بشقيها " المباني والنوافذ " باستخدام مواد حديثة ذات مواصفات وتقنية عالية تسمح بتوفير قدر كبير من الراحة الحرارية والضوئية "الطبيعية" للفراغات وتعمل على إعطاء نتائج ملموسة لخفض استهلاك الطاقة. ومن هنا كان إختيار موضوع البحث " منهجية مقترحة لرفع كفاءة واجهات المباني التعليمية الجامعية فى مصر". يتبع البحث المنهج الوصفي التحليلي كما يستخدم الاستقراء المنطقي من خلال توظيف احد برامج المحاكاة لتقييم النتائج ووضع منهجية مقترحة. ومن أهم النتائج التي تم التوصل اليها أن مادة متغير الطور PCM هي الأفضل للتعديل التحديثى للحوائط وان مادة الزجاج ذات معامل اكتساب حرارى شمسي 0,20 هي الأفضل للتعديل التحديثى للنوافذ وان أقل نسبة وفر فى الطاقة تكون عند التوجيه نحو الشمال وأعلاها نحو الغرب والجنوب الغربى، وعندما تكون نسبة فراغ النافذة 90% تكون أعلى نسبة وفر فى الطاقة فى الإتجاه نحو الجنوب وأقلها فى الإتجاه نحو الشمالي.

Paper received 9<sup>th</sup> December 2021, Accepted 25<sup>th</sup> January 2022, Published 1<sup>st</sup> of March 2022

قابلة للتنفيذ بهدف تحسين استخدام المفرط للطاقة بمباني التعليم العالى وتحقيق الراحة الحرارية للدارسين.

ونظرا لصعوبة تغيير الخواص الفيزيائية للأسطح الداخلية فإن الواجهات هي أفضل الحلول التي يمكن ان نتناولها بالبحث لمحاولة تحسين كفاءة الطاقة وذلك من خلال استخدام مواد حديثة ذات تقنية عالية لإجراء تعديل تحديثى لمكونات الواجهة من خلال تحليل مواصفات المواد المستخدمة فى الواجهات والوصول الى أفضل الخامات وذلك بالاستعانة ببرنامج المحاكاة design builder لمقارنة النتائج ووضع منهجية مقترحة.

### أهداف البحث Objectives

يهدف البحث الى وضع منهجية مقترحة لتقييم وتحسين كفاءة الطاقة من خلال التعديل التحديثى بتقديم بدائل تصميمية لواجهات مباني التعليم العالى فى مصر.

### منهج البحث Methodology

اتبعت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي وأعقبت ذلك باستخدام احد برامج المحاكاة لمقارنة النتائج ووضع منهجية مقترحة لرفع كفاءة اداء الطاقة فى مباني التعليم العالى.

### الدراسة التحليلية Analytical Study:

### مقدمة Introduction

تعتمد معظم مباني التعليم العالى على الإضاءة الصناعية وتكييف الهواء للتحكم فى شدة الإضاءة ودرجة حرارة الفراغات الدراسية صيفا وشتاء مع تجاهل واضح لجميع الحلول المتاحة لإستخدام الأنظمة الطبيعية لتحقيق الراحة الضوئية والحرارية للدارسين. وستتناول الدراسة إجراء التعديل التحديثى للطاقة بتطوير واجهات مباني التعليم العالى القائمة من خلال إضافة تقنيات حديثة تساهم فى خفض نسبة إستهلاك الطاقة وذلك برفع كفاءة وظيفة الواجهات التي تتمثل فى منع إنتقال الحرارة من خارج المبنى الى داخله صيفا والعكس فى الشتاء.

ويمكن تحقيق ذلك بمعالجة مكونات الواجهات (الحوائط والفتحات) بمواد ذات خواص حرارية عالية تعمل على الحفاظ على درجة الحرارة المناسبة داخل الفراغات الدراسية.

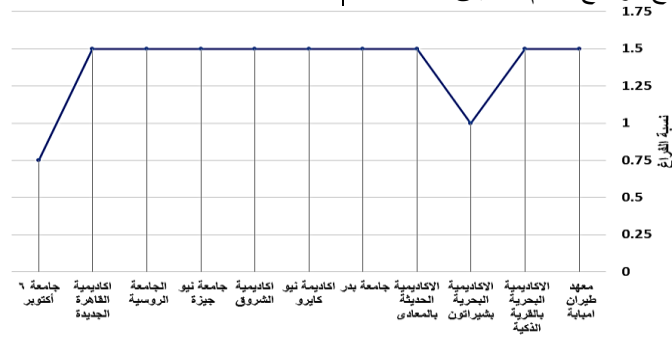
### مشكلة البحث Statement of the Problem

يعانى الدارسين بالتعليم العالى من عدم الشعور بالراحة الحرارية خلال فتره تواجدهم بالاماكن الدراسية مما يستلزم تشغيل المكيفات الكهربائية والتي بدورها تصبح مصدرا للتلوث البيئى فضلا على الاستهلاك المفرط للطاقة بتكلفة عالية تزيد من الاعباء الإقتصادية للدولة، مما دفع الخبراء والباحثين لبذل الجهد العلمى بوضع منهجية

- أ- نتيجة تحليل نسب الفراغ المعماري للفصول الدراسية " طول الواجهة - العمق "
- ب- يوضح شكل (1-1) ان النسبة السائدة "1.5 - 1" و تمثل 85% من العينات

### 1- مسح ودراسة تحليلية للمباني الجامعية في منطقة القاهرة الكبرى:

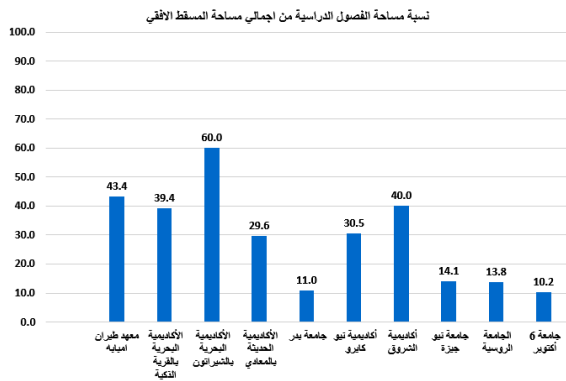
تم اختيار عدد 10 مباني تعليم عالي خاص "كليات هندسة" تقع جميعها في نطاق القاهرة الكبرى " لتوحيد الظروف المناخية" وإجراء مسح ودراسة تحليلية لفصول مباني هذه العينات طبقا لمعايير المسح الميداني وكانت النتائج للوضع القائم كما يلي:



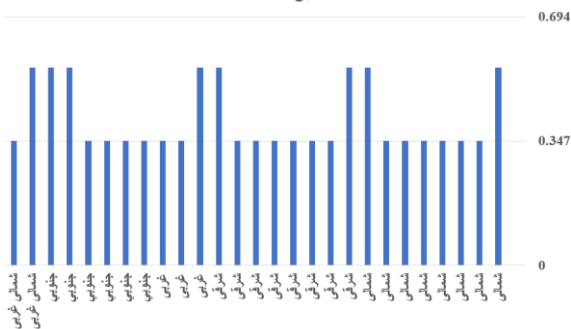
شكل 1-1 نسبة الفراغ (الفصول الدراسية) فى الجامعات والمعاهد العليا بالقاهرة

- ب- نتيجة تحليل نسبة مساحة الفصول الدراسية من اجمالى مساحة المسقط الافقى
- ب- يوضح الشكل (2-1) ان متوسط نسبة مساحة الفصول " تمثل 29.2% من اجمالى مساحة المسقط الافقى وهذا يعنى ان 30% تمثل اعلى نسبة لمساحة الفصول.
- ت- نتيجة تحليل نسب الفتحات من مساحة الواجهة (WWR) للفصول الدراسية:
- د- يوضح شكل ( 3-1 ) ان متوسط الفتحات من مساحة الواجهة تمثل 62.7% وهذا يعنى ان 60% تمثل اعلى نسبة لفتحات الواجهة.
- هـ- نتيجة تحليل أنواع الزجاج المستخدم فى واجهة الفصول الدراسية
- و- يوضح شكل 1-4 ان متوسط قيمة معامل الاكتساب الحرارى الشمسى لانواع الزجاج المستخدم فى الحالات الدراسية تبلغ

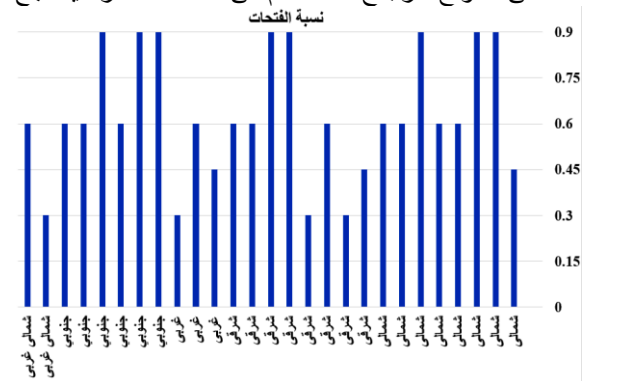
- ج- نتيجة تحليل الاجزاء المصمتة من واجهات الفصول الدراسية: يوضح شكل 1-5 ان متوسط قيمة المقاومة الحرارية " للاجزاء المصمتة للواجهات تبلغ 39% وهى قيمة منخفضة تساعد على زيادة إستهلاك الطاقة.
- ح- نتيجة تحليل تأثير الأحمال الحرارية للفتحات والحوائط " على كفاءة إستهلاك الطاقة ".
- ز- يوضح شكل 1-6 قيمة الاحمال الحرارية الخاصة بالفتحات والحوائط لواجهات المباني المعنية بالدراسة وقيمة استهلاك الطاقة للتبريد حيث ترتفع طرديا مع قيمة الحمل الحرارى للفتحات والحوائط معا.



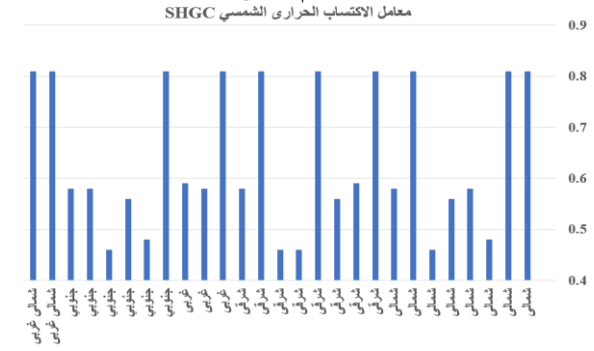
شكل 2-1 نسبة مساحة الفصول الدراسية من اجمالى مساحة المسقط الافقى



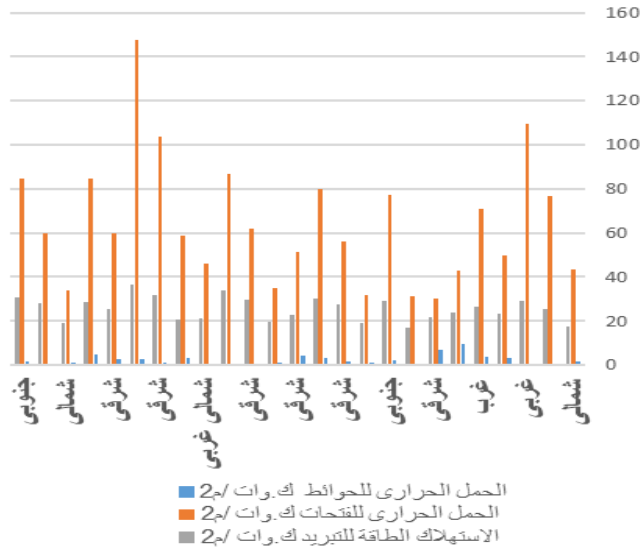
شكل 1-5 نوع الحائط المستخدم فى الفصول الدراسية



شكل 1-3 نسبة الفتحات من مساحة الحائط التى تم تحليلها من مباني التعليم العالى



شكل 1-4 قيمة معامل الاكتساب الحرارى الشمسى طبقا لانواع الزجاج المستخدم فى الحالات الدراسية.



شكل 1-6 قيمة الاحمال الحرارية على واجهات المباني

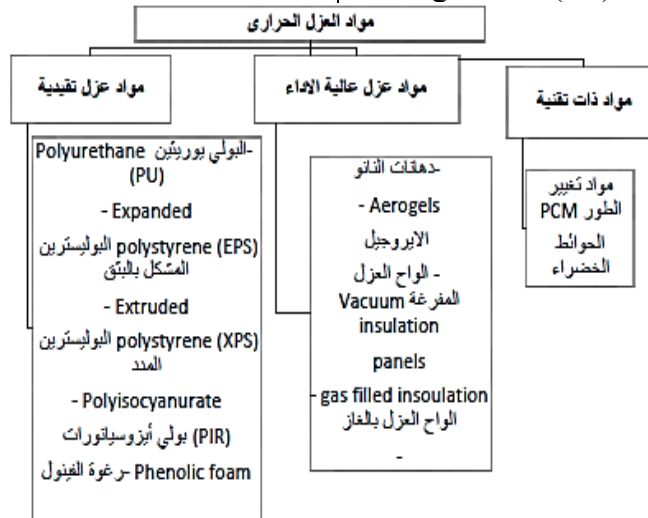
مرحلة برنامج التعديل التحديثي للمباني:  
يمكن تقسيم العملية الشاملة للتعديل التحديثي إلى مراحل كما هو موضح (1-2)

2- التعديل التحديثي لواجهات مباني التعليم العالي:  
يهدف التعديل التحديثي الى تحقيق الاداء العالي والمستدام للبيئة الداخلية مع ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين الاداء التعليمي.

التحقق بعد القياس والإشغال	تحديد التكاليف الخاصة بالموقع وترتيب طرق تنفيذها	تحديد خيارات التعديل التحديثي تقدير توفير الطاقة تحليل إقتصادي تقييم المخاطر تحديد أولويات خيار التحديل التحديثي	تقييم الأداء والتحقق من استهلاكات الطاقة التحقق من استهلاك الطاقة تحديد مؤشرات الأداء الرئيسية تحديد النقاط الرئيسية المؤثرة على أداء الطاقة	إعداد المشروع تحديد نطاق العمل تحديد هدف المشروع تحديد الموارد المتاحة

شكل (1-2) يوضح المراحل الرئيسية في برنامج التعديل التحديثي للمباني المستدامة

التعديل التحديثي للحوائط الخارجية (الأجزاء المصممة بالواجهات) باستخدام مواد العزل الحراري ويتم من خلال معالجة حوائط الواجهات باستخدام مواد عزل ذات مقاومة حرارية عالية ويوضح الشكل (2-2) بعض أنواع المواد



شكل 2-2 أنواع المواد المستخدمة في العزل الحراري

بخصائص عزل مرتفعة ويمكن إحلالها محل المواد التقليدية القائمة بالنوافذ للحصول على تحسين معدل استهلاك الطاقة.

التعديل التحديثي للنوافذ الزجاجية (الأجزاء الشفافة)  
يوضح الجدول (1-2) الخصائص الحرارية لمواد العزل ذات التقنية والمواد العزل عالية الأداء والمواد التقليدية والتي تتميز

المواد	المقاومة الحرارية	الانتقالية الحرارية	الموصلية الحرارية	السك
الحائط الأخضر (green wall)	٠.٥٥	١.٧٩	٠.٣	٥٦ مم
دهان الأبروجيل (AROEGEL COATING)	٠.٦	١.٥	٠.٢٧	٤ مم

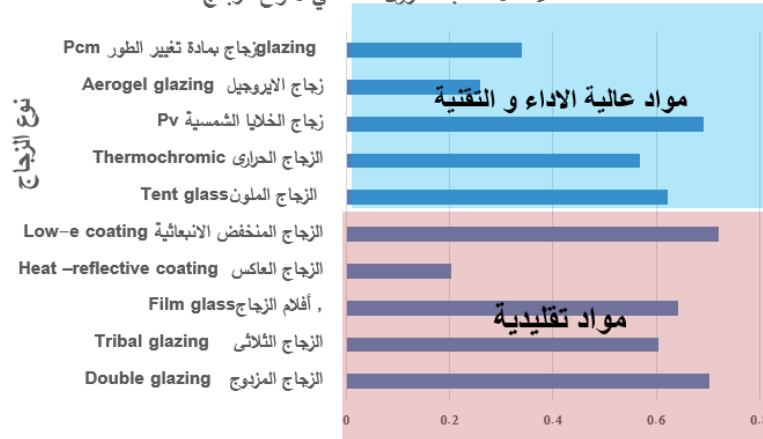
المواد	المقاومة الحرارية	الانتقالية الحرارية	الموصلية الحرارية	السك
عزل الواح المفرغة vip	٧	٠.١٤	٠.٠٠٣	٢٠ مم
عزل الأنواع المملوءة بالغاز Gas Filled	٤	٠.٢٤	٠.٠٠٥	٢٠ مم
الواحد الأبروجيل Aroegel	٥.٣	٠.١٨	٠.٠٠٤	٢٠ مم

عزل البوليمترين البثوق XPS	(الصوف الصخري) MINERAL WOOL	الفونك phonic FOAM	بولي إيسوسياناتوريك POLYISOCYANURATE	عزل البوليمترين البثوق EPS
٠.٠٣٤	٠.٠٣٨	٠.٠٤	٠.٠٢٨٠	٠.٠٤٠

جدول 1-2 يوضح الخصائص الحرارية للمواد العزل عالية الاداء والمواد ذات التقنية والطبيعة الخاصة. يوضح شكل (2-3) بعض المواد ذات المعامل الاكتساب الحرارى المرتفع والتي يمكن إستخدامها عند إجراء التعديل

معاملات الاكتساب الحرارى الشمسي لانواع الزجاج



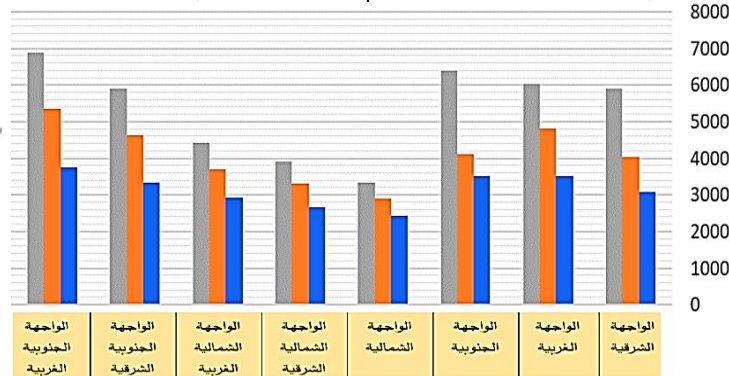
معاملات الاكتساب الحرارى الشمسي

شكل 2-3 يوضح معاملات الاكتساب الحرارى الشمسي لانواع الزجاج

الفتحات الى مساحة الواجهة (30% , 60% , 90% ) بهدف الوقوف على أفضل تعديل تحديثى للواجهة يعطى أعلى كفاءة في استخدام الطاقة بمباني التعليم العالى وذلك بإستخدام برنامج محاكاة أداء الطاقة فى المباني Design Builder . يوضح شكل 1-3 الانخفاض فى إستهلاك الطاقة بصفة عامة لجميع نسب الفتحات فى الواجهات الثلاث (الشمالية – الشمالية الشرقية – الشمالية الغربية).

3- تطبيق وتقييم طرق التعديل التحديثى لكفاءة واجهات مباني التعليم العالى :

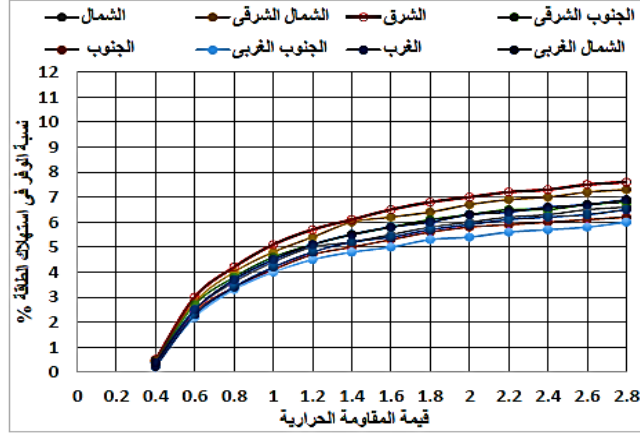
على ضوء نتائج التحليل التى أظهرت ان 85% من الفراغات التعليمية كانت بنسبة 1:1.5 وان نسبة النوافذ الى الجدار كانت (اقلها 30% وأعلىها 90% والنسبة المتوسطة 60%) اقترح البحث دراسة نموذج قياس لوحده تعليم عالى (فراغ تعليمى) بمساحة 96م<sup>2</sup> (8م واجهة – 12 عمق) فى الحالات الثلاث لنسب



شكل 1-3 استهلاك الطاقة لكل توجية تتعرض له واجهة الحالة الدراسية

قيمة المقاومة الحرارية واحد (M2-K/W) تنحصر نسبة الوفر في الطاقة بين (4-5%) وعندما تكون قيمة المقاومة الحرارية 1,8 (M-K/W) تنحصر نسبة الوفر بين (5-7%) وفي جميع قيم المقاومة تكون أقل نسبة وفر في الاتجاه الجنوب الغربي وتكون أعلى نسبة وفر في الاتجاه الشرقي .

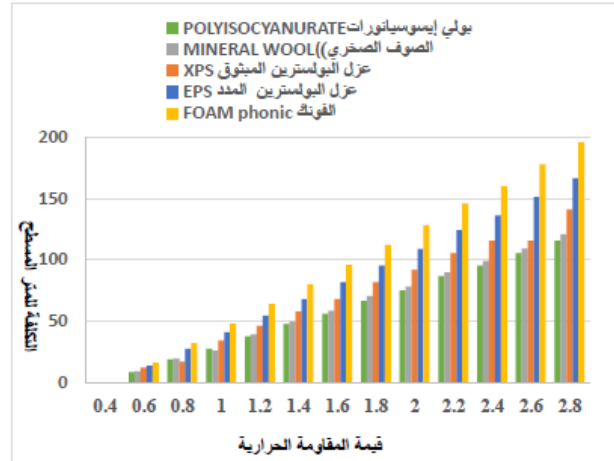
نتائج محاكاة التعديل التحديثي على واجهات المباني لنسبة فتحات 30% من مساحة الواجهة لكل الاتجاهات:  
نتائج محاكاة التعديل التحديثي للحوائط " فتحات 30% حوائط 70%" يوضح شكل 2-3 العلاقة بين قيمة المقاومة الحرارية للمواد المستخدمة ونسبة الوفر في استهلاك الطاقة فعندما تكون



شكل (2-3) يوضح العلاقة بين نسبة الوفر في لإستهلاك الطاقة قيمة المقاومة الحرارية للمواد المستخدمة

ان مادة البولي ايسوسياناترات هي اقل تكلفة للمواد العازلة التقليدية حيث تتقارب مع الصوف الزجاجي في تكلفتها واعلى تكلفة للمواد العازلة التقليدية هي مادة الفونك وتتقارب في سعرها مع الواح مادة البوليستيرين الممدد.

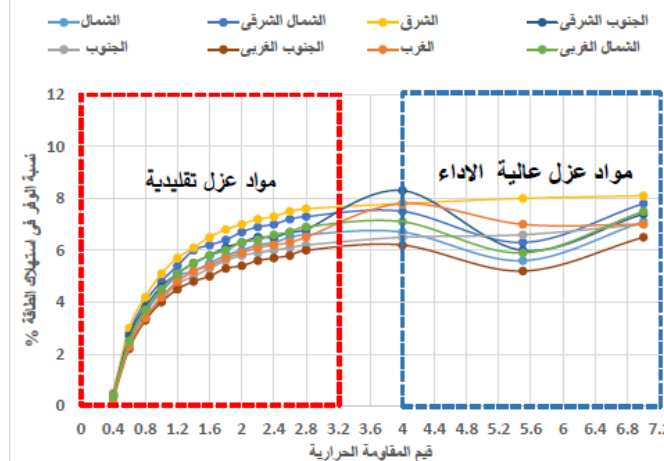
نتائج محاكاة تكلفة المتر المسطح : يوضح شكل (3-3) تكلفة المتر المسطح لبعض المواد العازلة التقليدية ومع استخدام تخانات متدرجة للحصول على قيم لمقاومات حرارية اعلى (من صفر - 2.8) حيث تبين النتائج ان قيمة المقاومة الحرارية للمادة تتناسب طرديا مع سمك المادة ومع التكلفة كما



شكل (3-3) يوضح تكلفة المتر المسطح من المواد العازلة التقليدية وعلاقتها بقيمة المقاومة الحرارية

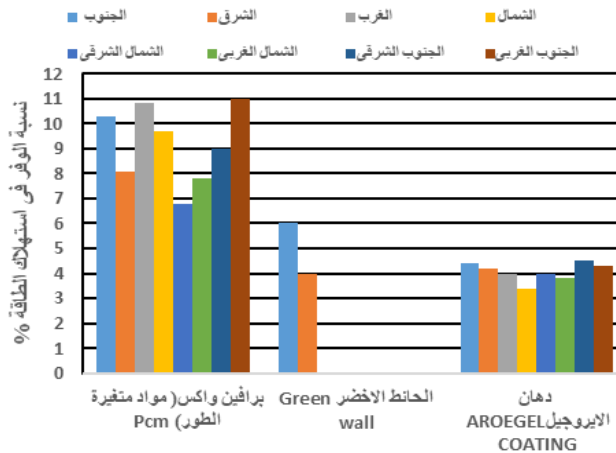
العينات ليكون 20مم لكل الاتجاهات وتظهر المقارنة ارتفاع قيم الطاقة للمواد سواء تقليدية أو عالية الاداء , وحقق التوجيه الجنوبي الغربي أقل معدلات توفير للطاقة للنوعين

يوضح الشكل (4-3) نتائج المحاكاة لمقارنة نتائج اختبار مجموعة من مواد العزل عالي الاداء واخرى من مواد العزل التقليدية وقدرتها التأثيرية على توفير الطاقة مع تثبيت سمك



شكل (4-3) مقارنة بين المواد العزل التقليدية ومواد العزل عالية الجودة

الايروجيل بسمك 4مم بين 3.5- 4.5 % لمختلف الاتجاهات وتعتبر ضئيلة بمقارنتها بماده PCM ولكن من مميزاتها انها يمكن استخدامها في الحالات العاجلة او عند دمج أكثر من مادة على الحائط لتحقيق زيادة في نسبة الوفر. اما الحائط الأخضر فإنه لا يستجيب إلا لإتجاهين فقط ليحقق توفير مماثل للايروجيل لذا تم إستعادة في اعمال التعديل التحديثي.

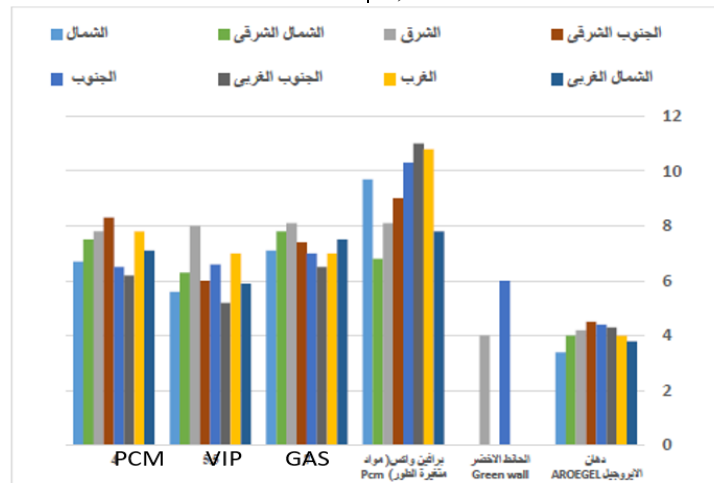


شكل (3-5) مقارنة بين نسبة الوفر في استهلاك للطاقة لمادة متغير الطور PCM والحائط الأخضر وطلاء الأيروجيل

- GAS FILLED (الواح العزل المفرغة - VIP) فتقارب في نتائجها.

يوضح شكل 3-5 نتائج محاكاة لنسب الوفر في مواد (متغير الطور PCM- الحائط الأخضر - طلاء الأيروجيل ) في الاتجاهات المختلفة ويوضح ان مادة PCM تحقق اعلى نسبة وفر للطاقة حيث تكون اقصى نسبة وفر لها في الاتجاه الجنوبي الغربي 11% وادنى نسبة وفر في الاتجاه الشمالي الشرقي 6.8% وتتحصر نسبة الوفر في الطاقة بإستخدام مادة

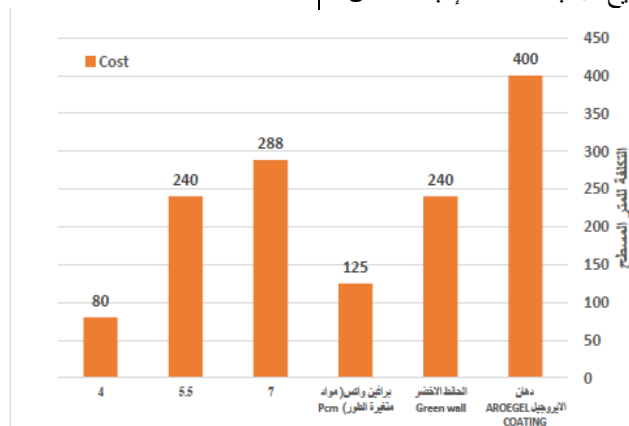
- يوضح شكل 3-6 نتائج محاكاة لمقارنة نسب الوفر في الطاقة للمواد ذات التقنية والمواد عالية الاداء حيث تبين النتائج أن أفضل المواد بصفة عامة هي المادة متغيرة الطور PCM )



شكل (3-6) مقارنة بين نسبة الوفر في الإستهلاك للمواد التقنية وعالية الأداء.

والشرق فيفضل إستخدام ماده GAS FILLED نظرا لان نتائجها في هذين الإتجاهين متقاربة مع ماده PCM ولكن تكلفتها اقل من تكلفة PCM بنسبة 36%.

- واذا وضعنا في الاعتبار قيمة التكلفة شكل(3-7) فاننا نجد ان اقل مادة من حيث التكلفة هي ماده (GAS FILLED) وأعلىها مادة الدهان وتعتبر مادة PCM من أقل تكلفة وأفضلها من الناحية العملية لجميع الإتجاهات عدا إتجاه الشمال

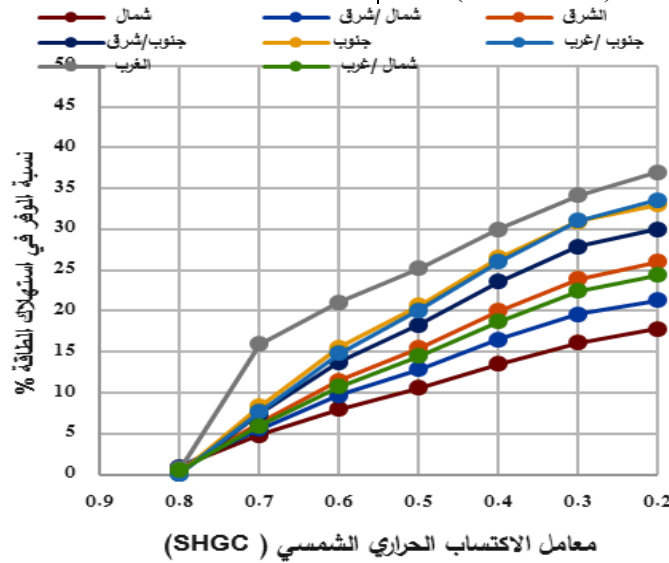


شكل (3-7) مقارنة بين تكلفة المتر المسطح للمواد التقنية



إستخدام زجاج ذات معامل حرارى 0.2 وتكون أعلى نسبة وفر فى حالة التوجيه الغربى لتعرض هذا الإتجاه لإحمال حرارية عالية بينما تكون أقل نسبة وفر فى حالة التوجيه جهة الشمال لعدم تعرضها لأحمال حرارية عالية.

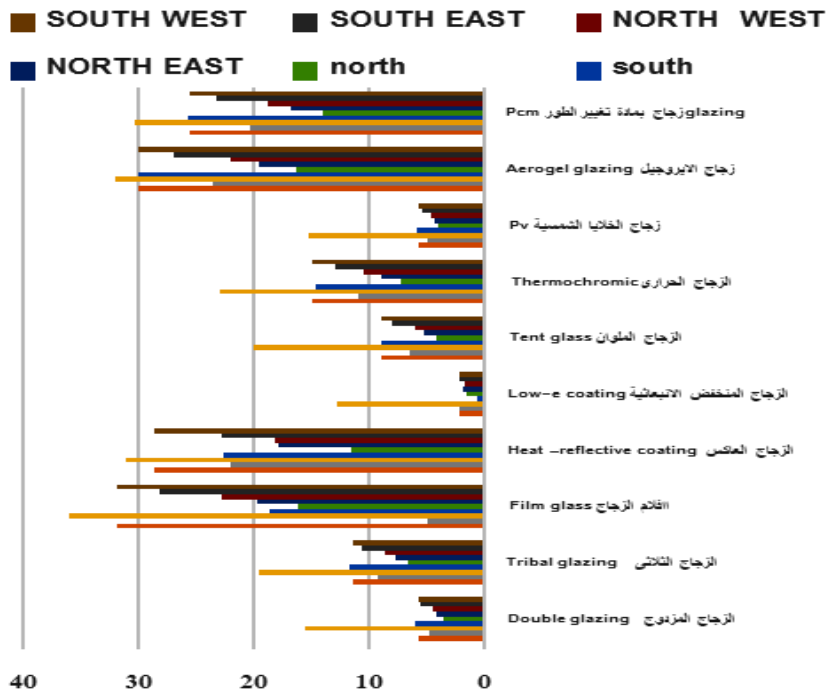
نتائج محاكاة التعديل التحديثى للنوافذ (نسبة الفتحات 30% من مساحة الواجهة ونتائج المحاكاه للتوجيهات المختلفة):  
يوضح شكل (8-3) نتائج محاكاة لنسبة الوفر فى الطاقة التى تتحقق فى ظل معامل إكتساب حرارى شمسي (SHGC) يتراوح بين 0.2 - 0.8 تنحصر بين (18 الى 37%) عند



شكل (8-3) نسبة الوفر فى إستهلاك الطاقة للتوجيهات المختلفة

حيث تقل مع مرور الوقت, وان مادة الزجاج منخفض الانبعاثية (SHGC 0.72) تحقق اقل نسبة وفر للطاقة رغم إرتفاع تكلفته لذا يفضل عدم إستخدامه.

يوضح شكل 9-3 نتائج محاكاة نسب تحقيق الوفر (لأنواع الزجاج المستخدم) فى إستهلاك الطاقة ويشير الشكل الى أن مادة افلام الزجاج (SHGC) تحقق أعلى نسبة وفر فى الطاقة (36%) فى حالة التوجيه الغربى ولكن كفاءتها غير مستديمة



شكل (9-3) نسبة الوفر فى إستهلاك الطاقة

باقى أنواع الزجاج (زجاج الخلايا الشمسية والزجاج الحرارى والملون والثلاثى والمزدوج) ولذا يفضل عدم إستخدامها فى عمليات التعديل التحديثى.

نتائج محاكاة التعديل التحديثى على واجهات المباني لنسب فتحات 60% من مساحة الواجهة

نتائج التعديل التحديثى على الحوائط المعرضة (نسبة 40% من الواجهة)

فى هذه الحالة قلت نسبة الحوائط من مساحة الواجهة

وتتقارب نسبة الوفر فى إستهلاك الطاقة فى أنواع الزجاج الثلاث (العاكس SHGC 0.202 وماده الايروجيل SHGC 0.339 PCM -0.26) حيث تمثل هذه الأنواع اعلى نسبة وفر وتصل فى المتوسط 32% فى إتجاه الشمال الغربى و 27% فى إتجاه الجنوب الغربى.

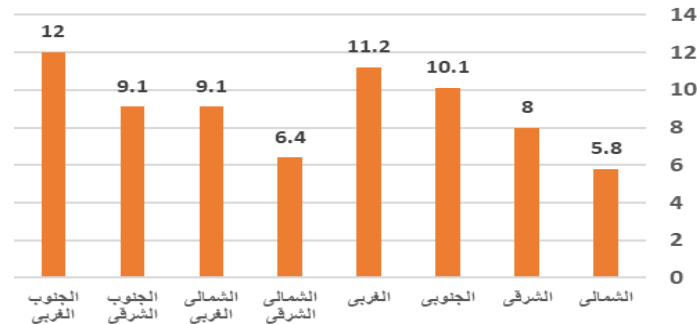
تحقق باقى أنواع الزجاج نسب ضئيلة فى توفير الطاقة واقل ماده توفير هى مادة الزجاج منخفض الانبعاثات (SHGC 0.72) رغم إرتفاع تكلفته وتتقارب نسب الوفر المنخفض فى

حيث تحدث أعلى نسبة وفر 12% عند التوجيه الجنوب غربي ونسبة 11% عند التوجيه الغربي وأقل نسبة وفر 6% عند التوجيه ناحية الشمال.

وتوضح النتائج ان التعديل التحديثي ذات أثر غير فعال إلا مع استخدام مادة الطور PCM حيث كان تأثيرها واضح على نسبة توفير الطاقة فضلا على ان تكلفتها مناسبة.

- يوضح شكل 3-10 نتائج المحاكاة عند تطبيق مادة الPCM

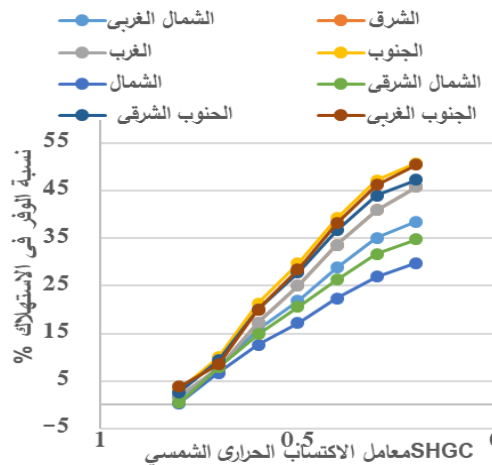
نسبة الوفر في الاستهلاك في حالة نسبة فتحات من مساحة الحائط 60% في حالة تطبيق PCM



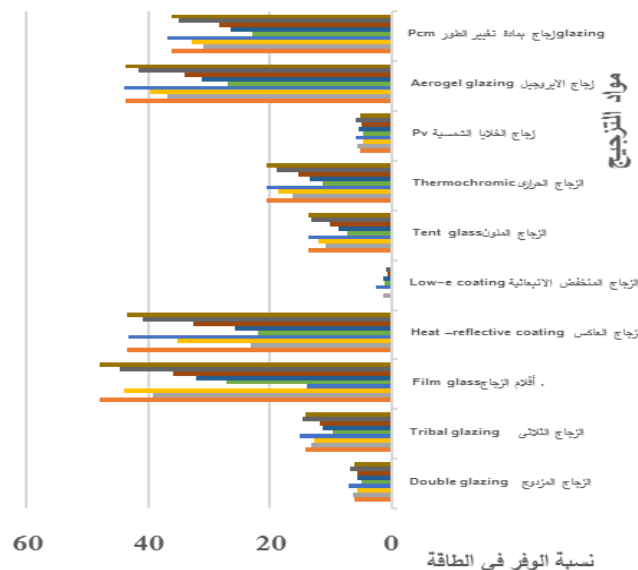
شكل (3-10) نسبة الوفر في الإستهلاك في حالة نسبة فتحات من مساحة الحائط 60%

عند استخدام زجاج ذات معامل إكتساب حراري شمسي 0.2 وتكون أعلى نسبة وفر في حالة التوجيه الشرقي والتوجيه الجنوبي بينما تكون أقل نسبة وفر في حالة التوجيه الشمالي .

- التعديل التحديثي على النوافذ لنسب فتحات 60% من مساحة الواجهة في ظل استخدام معامل إكتساب حراري مقترح (0.2) (3-11) الى أن تشير نتائج المحاكاة نسبة الوفر في إستهلاك الطاقة التي تتحقق تتحصر بين (30% - 50%)



شكل (3-11) نسبة الوفر في إستهلاك الطاقة للتوجيهات المختلفة عند نسبة فتحات من مساحة الحائط 60%



شكل (3-12) نسبة الوفر في إستهلاك الطاقة عند تطبيق انواع زجاج للتوجيهات المختلفة

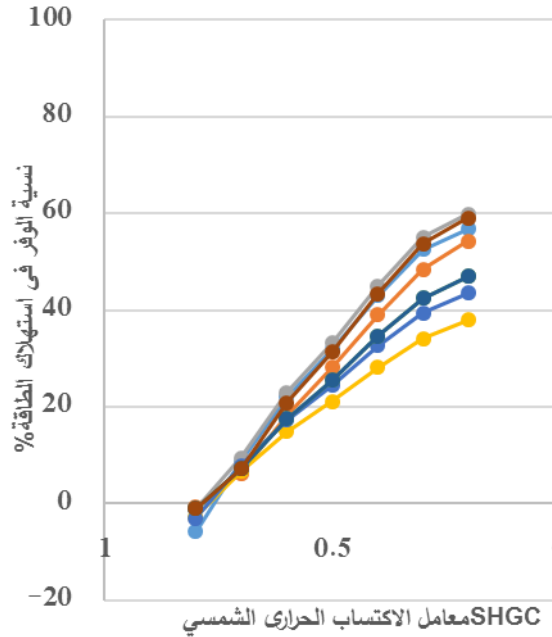


التعديل التحديثي للحوائط في هذه الحالة.

- نتائج محاكاة التعديل التحديثي على النوافذ لنسب فتحات 90% من مساحة الواجهة وتقييم نتائج المحاكاة لنسب الوفر في الطاقة التي تتحقق للتوجيهات المختلفة في ظل استخدام معامل حراري مكتسب (0.2 – 0.8)
- نتائج محاكاة التعديل التحديثي على واجهات المباني لنسب شكل 3-13 تشير نتائج المحاكاه الى ان أعلى نسبة وفر تتحقق في التوجيهين الجنوبي والجنوبي الشرقي حيث تصل الى 60% بينما تكون أقلها في التوجيه الشمالي حيث تصل الى 28% وذلك عند تطبيق زجاج ذات معامل حراري شمسي 0.2.

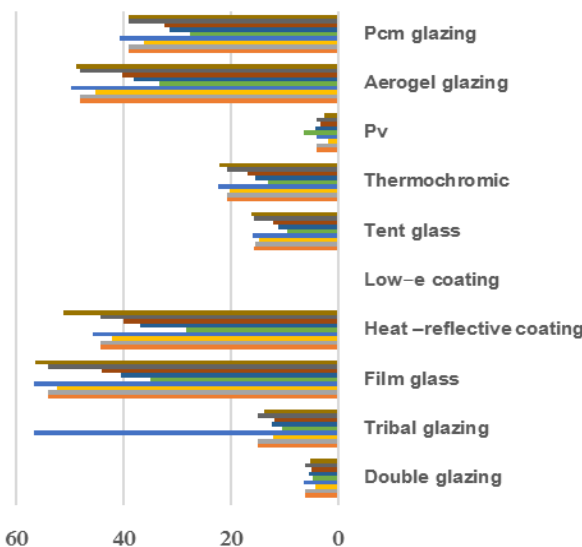
- تشير نتائج المحاكاة (شكل 3-12) الى ان نسبة الوفر التي تتحقق متشابهة في حالتى استخدام الزجاج الايروجيل والزجاج العاكس وتصل الى 43% للإتجاهات الثلاث (الجنوب الغربى – الشمال الغربى – الشرق) ويتقارب معهما نتائج مده تغيير الطور PCM حيث تصل نسبة الوفر الى 37% لنفس التوجيهات , مع إستبعاد مده أفلام الزجاج لإنخفاض كفاءتها بمرور الوقت وإستبعاد باقى الأنواع لإنخفاض كفاءتها.

■ فتحات 90% من مساحة الواجهة  
- وتمثل الحوائط 10% من مساحة الواجهة لذا يعتبر التعديل التحديثي للحوائط بلا جدوى نظرا للإنخفاض الشديد في نسبة الوفر التي يمكن تحقيقها مع ارتفاع التكلفة, لذا تم إستبعاد



شكل 3-13 تأثير معامل اكتساب الحرارة الشمسية على توفير الطاقة في التوجيهات المختلفة في حالة نسبة الفتحات من مساحة الحائط 90% وتشير نتائج المحاكاة شكل 3-14 الى ان أعلى نسبة وفر تتحقق عند استخدام أفلام الزجاج التي تم إستبعادها والزجاج الثلاثي في حالة التوجيه ناحية الجنوب فقط حيث تصل الى 57%, وتتشابه نسبة التوفير لزجاج الايروجيل والزجاج العاكس

■ الجنوب الغربى ■ الجنوب الشرقى ■ الشمال الغربى ■ الشمال الشرقى  
■ الشمال ■ الجنوب ■ الغرب ■ الشرق



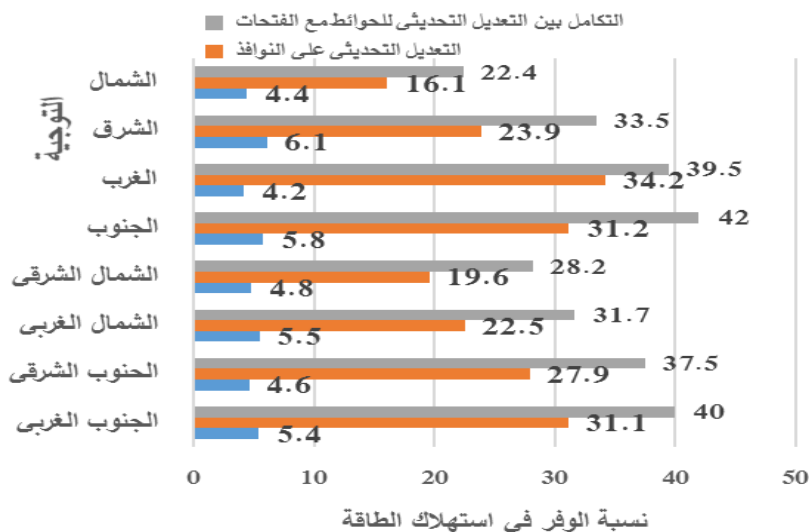
شكل 3-14 نسبة الوفر في استهلاك الطاقة عند تطبيق انواع الزجاج

الشمال 22,4% , وتكون أعلى نسبة وفر لنسبة فتحات 60% في التوجيه نحو الغرب 46.7% وأقلها في التوجيه نحو الشمال 30% وفي حالة نسبة فتحات 90% لا يوجد تأثير ملموس لتعديل الحوائط ويكون التأثير للتعديل التحديتي للنوافذ فقط حيث يكون أعلى توفير للطاقة عند التوجيه نحو الجنوب 55% وأقلها عند توجيهه نحو الشمال 34%.

- تكامل معالجات الحوائط والنوافذ للتعديل التحديتي: يوضح الجدول (2-3) أفضل نسب في إستهلاك الطاقة في حالة تطبيق التعديل التحديتي على الحوائط والنوافذ مجتمعين لكل نسبة من نسب الفتحات (30-60-90%) من مساحة الواجهة باستخدام المقاومة الحرارية المثلى للحائط مع أفضل معامل إكتساب حراره الشمس للنفاذه, حيث تكون أعلى نسبة وفر لنسبة الفتحات 30% في التوجيه نحو الجنوب 42% والجنوب الغربي وأقلها في التوجيه نحو

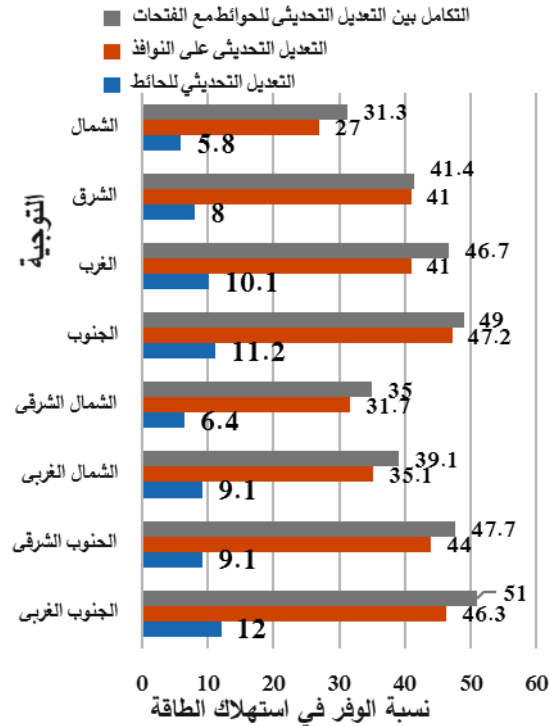
التوجيه	تكامل معالجات التعديل التحديتي		نسبة فتحات من مساحة الحائط WWR %30		نسبة فتحات من مساحة الحائط WWR %60		تكامل معالجات التعديل التحديتي		نسبة فتحات من مساحة الحائط WWR %90
	المقاومة الحرارية = 1 نسبة الوفر في الطاقة %4,4	معامل الإكتساب الحراري الشمسي = 0,3 نسبة الوفر في الاستهلاك %16,1	الحالة 1 معدل الاستهلاك 1880 كيلو وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %22,4	الحالة 1 معدل الاستهلاك 1985 كيلووات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %31,3	الحالة 1 معدل الاستهلاك 2892 كيل و وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %47,2	
الشمال	المقاومة الحرارية = 1 نسبة الوفر في الطاقة %4,4	معامل الإكتساب الحراري الشمسي = 0,3 نسبة الوفر في الاستهلاك %16,1	الحالة 1 معدل الاستهلاك 1880 كيلو وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %22,4	الحالة 1 معدل الاستهلاك 1985 كيلووات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %31,3	الحالة 1 معدل الاستهلاك 2892 كيل و وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %47,2	34,1 %
	المقاومة الحرارية = 1 نسبة الوفر في الطاقة %6,1	معامل الإكتساب الحراري الشمسي = 0,3 نسبة الوفر في الاستهلاك %23,9	الحالة 2 معدل الاستهلاك 2055 كيلو وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %33,5	الحالة 2 معدل الاستهلاك 2317 كيلو وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %41,4	الحالة 2 معدل الاستهلاك 4043 كيل و وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %55,1	
الشرق	المقاومة الحرارية = 1 نسبة الوفر في الطاقة %4,2	معامل الإكتساب الحراري الشمسي = 0,3 نسبة الوفر في الاستهلاك %34,2	الحالة 3 معدل الاستهلاك 2110 كيلو وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %39,5	الحالة 3 معدل الاستهلاك 2513 كيلو وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %46,7	الحالة 3 معدل الاستهلاك 4816 كيل و وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %60,1	48,8 %
	المقاومة الحرارية = 1 نسبة الوفر في الطاقة %6,1	معامل الإكتساب الحراري الشمسي = 0,3 نسبة الوفر في الاستهلاك %23,9	الحالة 2 معدل الاستهلاك 2055 كيلو وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %33,5	الحالة 2 معدل الاستهلاك 2317 كيلو وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %41,4	الحالة 2 معدل الاستهلاك 4043 كيل و وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %55,1	
الغرب	المقاومة الحرارية = 1 نسبة الوفر في الطاقة %4,2	معامل الإكتساب الحراري الشمسي = 0,3 نسبة الوفر في الاستهلاك %34,2	الحالة 3 معدل الاستهلاك 2110 كيلو وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %39,5	الحالة 3 معدل الاستهلاك 2513 كيلو وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %46,7	الحالة 3 معدل الاستهلاك 4816 كيل و وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %60,1	55,1 %
	المقاومة الحرارية = 1 نسبة الوفر في الطاقة %6,1	معامل الإكتساب الحراري الشمسي = 0,3 نسبة الوفر في الاستهلاك %23,9	الحالة 2 معدل الاستهلاك 2055 كيلو وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %33,5	الحالة 2 معدل الاستهلاك 2317 كيلو وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %41,4	الحالة 2 معدل الاستهلاك 4043 كيل و وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %55,1	
الجنوب	المقاومة الحرارية = 1 نسبة الوفر في الطاقة %4,2	معامل الإكتساب الحراري الشمسي = 0,3 نسبة الوفر في الاستهلاك %34,2	الحالة 3 معدل الاستهلاك 2110 كيلو وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %39,5	الحالة 3 معدل الاستهلاك 2513 كيلو وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %46,7	الحالة 3 معدل الاستهلاك 4816 كيل و وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %60,1	55,1 %
	المقاومة الحرارية = 1 نسبة الوفر في الطاقة %6,1	معامل الإكتساب الحراري الشمسي = 0,3 نسبة الوفر في الاستهلاك %23,9	الحالة 2 معدل الاستهلاك 2055 كيلو وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %33,5	الحالة 2 معدل الاستهلاك 2317 كيلو وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %41,4	الحالة 2 معدل الاستهلاك 4043 كيل و وات ساعة	نسبة الوفر في استهلاك الطاقة %55,1	

جدول (2-3) يوضح أفضل نسب في إستهلاك الطاقة في حالة التعديل التحديتي على الحوائط والنوافذ  
شكل 3-15 يوضح نتائج محاكاة نسبة الوفر في الاستهلاك | الطاقة في حالة نسبة الفتحات من مساحة الحائط 30%

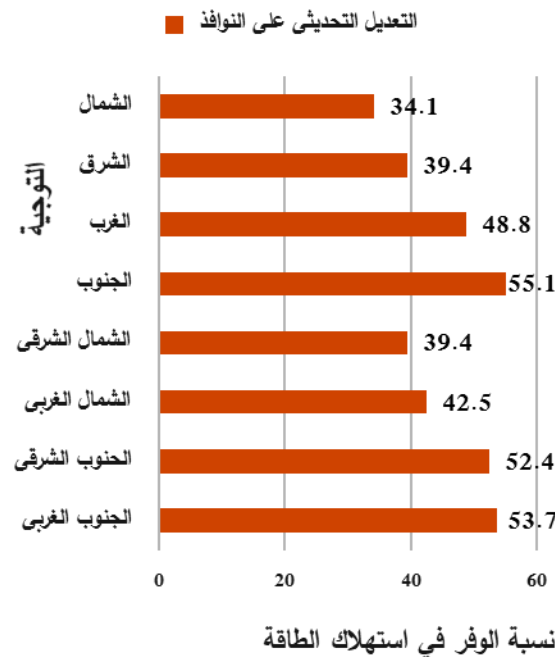


شكل (3-15) التكامل بين التعديل التحديتي للحوائط الفتحات مع نسبة فتحات 30%

شكل 3-16 نتائج محاكاة تكامل أفضل اقتراح (القيمة المثلى) لكل اتجاه للجدار (PCM) والفتحات معاً في حالة نسبة فتحات من مساحة الحائط 60%



شكل 3-17 يوضح نتائج محاكاة نسبة الوفر في الاستهلاك | الطاقة في حالة نسبة الفتحات من مساحة الحائط 90%



شكل 3-17) التعديل التحديثي على النوافذ لنسبة فتحات 90% المساقط الأفقية

- تمثل نسبة الفراغ " واجهة الى عمق "1:1.5" أعلى نسبة حيث تصل الى 85%
- أعلى معدلات لانواع الزجاج المستخدم في الوضع القائم تتمثل في إستخدام الزجاج "مفرد أزرق – مفرد رمادي – مفرد أخضر " الذي تتراوح معامل الإكتساب الحراري الشمسي بين 0,5 – 6,0 ويأتي أقل معدلات الإستخدم للزجاج " مزدوج رمادي – مزدوج أزرق " مما يشير الى عدم الإهتمام بترشيد الطاقة.
- 30% من الواجهات تحت الدراسة تشغل نسبة الفتحات 90%

## النتائج Results:

- اقترحت الدراسة البحثية نهجا إرشاديا لتعديل واجهات المباني للإرتقاء بأداء الطاقة في المبني.
- اظهرت الدراسة انه يمكن تحسين اداء الطاقة للمباني التعليمية القائمة من خلال التعديلات البحثية لمواد البناء لواجهة المباني.
- اثبتت الدراسة ان واجهات المباني هي العنصر الأكثر أهمية لتقليل إستهلاك الطاقة وتوفير الراحة للمستخدمين.
- تعديل مكونات واجهة المباني بدمج مواد مختلفة "للحائط والنافذه" يؤدي الى تقليل الحاجة الى طاقة التبريد.
- تبلغ نسبة مساحة الفصول التعليمية 30% من إجمالي مساحة

- M., & Raiteri, R. (2011). Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope. *Building and Environment*, 46(11), 2287-2294.
10. Bahadori-Jahromi, A., Rotimi, A., Mylona, A., Godfrey, P., & Cook, D. (2017). Impact of window films on the overall energy consumption of existing UK hotel buildings. *Sustainability*, 9(5), 731.
  11. Yin, R., Xu, P., & Shen, P. (2012). Case study: Energy savings from solar window film in two commercial buildings in Shanghai. *Energy and Buildings*, 45, 132-140.
  12. Li, C., Tan, J., Chow, T. T., & Qiu, Z. (2015). Experimental and theoretical study on the effect of window films on building energy consumption. *Energy and buildings*, 102, 129-138.
  13. Gao, T., Ihara, T., Grynning, S., Jelle, B. P., & Lien, A. G. (2016). Perspective of aerogel glazings in energy efficient buildings. *Building and Environment*, 95, 405-413.
  14. Delgarm, N.; Sajadi, B.; Kowsary, F.; Delgarm, S. Multi-objective optimization of the building energy performance: A simulation-based approach by means of particle swarm optimization (PSO). *Appl. Energy* **2016**, 170, 293–303.
  15. Radwan, A. F., Hanafy, A. A., Elhelw, M., & El-Sayed, A. E. H. A. (2016). Retrofitting of existing buildings to achieve better energy-efficiency in commercial building case study: Hospital in Egypt. *Alexandria engineering journal*, 55(4), 3061-3071.
  16. Sun, X., Gou, Z., Lau, S.S.Y., 2018. Cost-Effectiveness of Active and Passive Design Strategies for Existing Building Retrofits in Tropical Climate: Case Study of a Zero Energy Building. *Journal of Cleaner Production*, Volume 183, pp. 35
  17. Yang, J., Lim, S., 2007. An Integrated Approach to the "Relife" of Office Buildings. In: CIB World Building Congress 2007 'Construction for Development', 14-17 May 2007, Cape Town, South Africa
  18. Hong, Y., Deng, W., Ezeh, C. I., Peng, Z., 2019. Attaining Sustainability in Built Environment: Review of Green Retrofit Measures for Existing Buildings. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 227(4), pp. 042051
  19. Ferrari, S., Beccali, M., 2017. Energy-Environmental and Cost Assessment of a Set of Strategies for Retrofitting a Public Building Toward Nearly Zero-Energy Building Target. *Sustainable Cities and Society*, Volume 32, pp. 226–234

من الفراغات و 44% منها تشغل نسبة الفتحات بها 60% من الفراغات, 11% منها تشغل نسبة الفتحات 30%.  
 - الأجزاء المصممة من الواجهات تحت ذات مقاومة حرارية منخفضة مما يؤثر بشكل مباشر على زياده إستهلاك الطاقة.  
 - أظهرت عملية التقييم لاستهلاك الطاقة باستخدام برنامج المحاكاة أنه عند نسب فتحات 30 – 60 - 90 % لوحظ انخفاض في استهلاك الطاقة للتوجيهات الشمالية – الشمالية الشرقية – الشمالية الغربية" على الترتيب.

### التوصيات Recommendations:

يوصى البحث بعمل كود يضم التعديل التحديثي لمباني التعليم العالي في مصر يشمل جميع الاقاليم المناخية لرفع كفاءة اداء الطاقة مع المضى قدما في تطوير البرنامج الحاسوبي ليصبح برنامج إسترشادي يستعين به متخذى القرار مع المصممين في تقييم المرود الإقتصادي من تطبيق المعالجات على واجهات مباني التعليم العالي.

### المراجع References:

1. M. Aboulnaga, et al., Sustainability of Higher Educational Buildings: Retrofitting approach to improve energy performance and mitigate CO2 emissions in hot climates, *Renew. Energy Environ. Sustain.* (2016.)
2. Morsy, M., Fahmy, M., Abd Elshakour, H., & Belal, A. M. (2018). Effect of thermal insulation on building thermal comfort and energy consumption in Egypt. *Journal of Advanced Research in Applied Mechanics*, 43, 8-19.
3. Mujeebu, M. A., Ashraf, N., & Alsuwayigh, A. H. (2016). Effect of nano vacuum insulation panel and nanogel glazing on the energy performance of office building. *Applied energy*, 173, 141.
4. Alam, M., Singh, H., Suresh, S., & Redpath, D. A. G. (2017). Energy and economic analysis of Vacuum Insulation Panels (VIPs) used in non-domestic buildings. *Applied Energy*, 188, 1-8.
5. Griffith, B., Turler, D., & Arasteh, D. (1993). Optimizing the effective conductivity and cost of gas-filled panel thermal insulations.
6. Stahl, T., Brunner, S., Zimmermann, M., & Wakili, K. G. (2012). Thermo-hygric properties of a newly developed aerogel-based insulation rendering for both exterior and interior applications. *Energy and Buildings*, 44, 114-117.
7. Ansuini, R., Larchetti, R., Giretti, A., & Lemma, M. (2011). Radiant floors integrated with PCM for indoor temperature control. *Energy and Buildings*, 43(11), 3019-3026.
8. Ascione, F., Bianco, N., De Masi, R. F., de' Rossi, F., & Vanoli, G. P. (2014). Energy refurbishment of existing buildings through the use of phase change materials: Energy savings and indoor comfort in the cooling season. *Applied Energy*, 113, 990-1007.
9. Perini, K., Ottel , M., Fraaij, A. L. A., Haas, E.

- Atchley, K. Sissom, An exploration of wall retrofit best practices, in: Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Buildings X, December, 2007.
27. General Lecture Hall Design Guidelines, University Of Maryland , p.5
  28. General Assignment Classrooms, University Of Washington, p.3
  29. Francis Duffy, G.cave , J. worthington: Planning office space(1994) .
  30. John pile: open Office Planning A Hand Book For Interior Designers And Architects(1996).
  31. Department of Energy (DOE), 2008. "Energy Efficiency Trends in Residential and Commercial Buildings"
  32. Concepts and practices for improved indoor environmental quality, Concepts and practices for improved indoor environment to energy conservation, and measurement and verification, Volume II, January 2001
  33. Basarir, B., Diri, B. S., & Diri, C. (2012). Energy efficient retrofit methods at the building envelopes of the school buildings. Retrieved, 10(12), 2016
  34. Nock, L., & Wheelock, C. (2009). Energy efficiency retrofits for commercial and public buildings. Pike Research.
  20. Hong, Y., Deng, W., Ezeh, C. I., Peng, Z., 2019. Attaining Sustainability in Built Environment: Review of Green Retrofit Measures for Existing Buildings. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 227(4), pp. 042051
  21. Santamouris, M., Pavlou, C., Doukas, P., Mihalakakou, G., Synnefa, A., Hatzibiros, A., & Patargias, P. (2007). Investigating and analyzing the energy and environmental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, Greece. *Energy*, 32(9), 1781-1788.
  22. P. Raftery, M. Keane, J. O'Donnell, Calibrating whole building energy models: an evidence-based methodology, *Energy and Buildings* 43 (2011) 2356–2364
  23. Ma, Z., Cooper, P., Daly, D., & Ledo, L. (2012). Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art. *Energy and buildings*, 55, 889-902
  24. A.G. Hestnes, N.U. Kofoed, Effective retrofitting scenarios for energy efficiency and comfort: results of the design and evaluation activities within the OFFICE project, *Building and Environment* 37 (2002) 569–574
  25. A. Cooperman, J. Dieckmann, J. Brodrick, Commercial envelopes, *ASHRAE Journal* 53 (2011) 134–136.
  26. T. Stovall, T. Petrie, J. Kosny, P. Childs, J.