Journal of Engineering Sciences
Assiut University
Faculty of Engineering
Vol. 48
No. 3
May 2020
PP. 468–477

تأثير استخدام المواد النانوية في الفتحات الخارجية على استهلاك الطاقة في المناخ الصحراوي الحار

عبد المنطلب محمد علي [1]، محمد حسان حسن [2]، أيمن رجب عبد الراضي [3]، داليا طارق محمد [4]

[1] قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة أسيوط
[2، 3، 4] قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة أسوان

Received 2 January 2020; Accepted 14 January 2020

ملخص البحث

يعتبر العزل الحرارى أحد أهم الحلول التي تساعد على تقليل استهلاك الطاقة فى المبانى. ويؤدي تطبيق نظام العزل الحرارى إلى تقليل الطاقة المستهلكة عبر نظام تكييف الهواء خلال فصل الصيف بشكل كبير. وبالتالي، أصبح العزل الحراري للمبنى من الموضوعات المهمة في مجال ترشيد استهلاك الطاقة، خاصةً في استخدام المواد العازلة القائمة على أساس قيم توصيل حراري منخفضة. حديثاً، أظهرت المواد المتناهية الصغر المعتمدة على تكنولوجيا النانو تفوقاً كبيراً في مجال العزل الحراري خاصة في المناخ الصحراوي الحار. لذا تقوم الدراسة باختبار عدة بدائل من الزجاج النانوى في الفتحات الخارجية للمبنى عن طريق برنامج Design Builder V.4.0.0.105. أظهرت النتائج أن تطبيق المواد النانوية في النوافذ (طبقتان من الزجاج الشفاف المملوء بالنانوجل) تقوم بتوفير نسبة 11٪ من الطاقة السنوية المستخدمة في عملية التبريد مقارنةً بالزجاج الشائع استخدامه فى المبانى بمدينة أسوان الجديدة (زجاج أحادي 3مم). وهذه النسبة تمثل ضعف القيمة التي تم الحصول عليها في حالة استخدام الزجاج المزدوج. وترجع هذه النتيجة إلى انخفاض قيمة التوصيل الحراري للنانوجل مقارنةً بمادة الأرجون والهواء. وأظهرت الطبقة النانوية المدمجة بين طبقتين من الأرجون وطبقتين من الزجاج انخفاضاً كبيراً في الاستهلاك السنوي للطاقة، حيث تم توفير 26٪ من الطاقة مقارنةً بالزجاج الأحادي.

الكلمات المفتاحية: المواد النانوية- الاستهلاك السنوي للطاقة- Design Builder.

1. المقدمة

يحظى الحفاظ على الطاقة في المباني باهتمام كبير في مصر على مستوى المصممين وصانعي القرار وذلك بالتزامن مع النمو السكاني المتسارع والذي أدي إلى زيادة استهلاك الطاقة وارتفاع أسعارها. ونتيجة لذلك لوحظ انقطاع التيار الكهربائي لفترات طويلة فى عام 2012م. حيث تستهلك البيئة العمرانية حوالي 42٪ من إجمالي الطاقة في مصر [1]، ونظراً لعدم كفاية العزل الحراري بالمباني، أصبح التغلب على ارتفاع درجة حرارة الهواء بسبب موجات الحرارة يتطلب ضرورة زيادة استخدام أجهزة التكييف، مما يتسبب في زيادة الطلب على الطاقة مع زيادة انبعاث الغازات التى تؤدى الى ظاهرة الاحتباس الحراري.

وإذا لم يتم النظر في هذا الأمر لتقليل استهلاك الطاقة في المباني السكنية، فقد تكون تكلفة تشغيل السكن مرتفعة جداً مع الأخذ بعين الاعتبار تكلفة الإنشاء الأصلية. ولذلك تم إصدار كود ترشيد استهلاك الطاقة في المباني بمصر عام 2008م للبدء في توجيه المساهمين نحو كفاءة استهلاك الطاقة [2]. وينص الكود على ضرورة عزل أغلفة المباني للحد من كسب أو فقد الحرارة وبالتالي تقليل استهلاك الطاقة. ونظراً لأن غلاف المبنى يتحكم في تدفق الحرارة بين البيئات الخارجية والداخلية [3، 4، 5، 6]، فإن التصميم الأمثل للغلاف الجيد يمكن أن يحسن الأداء الحراري[7، 8]، وبالتالي تلعب المواد دوراً كبيراً في عملية تحسين كفاءة استهلاك الطاقة.

1.1. إشكالية الدراسة

تتمثل إشكالية البحث في زيادة معدلات استهلاك الطاقة السنوية المستخدمة في عملية التبريد بمباني الإسكان الاجتماعي في مدينة أسوان الجديدة، حيث يعتبر مشروع الاسكان الاجتماعي أحد المشاريع القومية التي تهدف إلى توفير السكن الملائم. لذا تم تعميم تلك المباني في جميع أنحاء مصر دون مراعاة لمدي توافقها البيئي مع الوسط المحيط وكذلك استهلاك الطاقة المتوقع في عملية التبريد.

2.1. هدف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى الحد من الاستهلاك الكبير للطاقة في عمليات التبريد بمباني الإسكان الاجتماعي في مدينة أسوان الجديدة. وذلك بتقليل معدلات انتقال الحرارة من الخارج إلي داخل المباني من خلال الاعتماد على قدرات العزل المتوفرة في المواد النانوية المستخدمة في النوافذ الزجاجية.

3.1. منهجية الدراسة

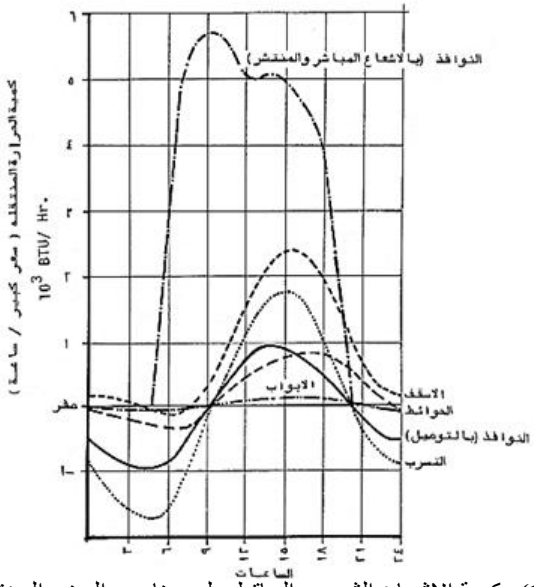
تم استخدام المنهج التحليلي لبيان الأثر الفعال لاستخدام المواد النانوية بالنوافذ الخاصة بمباني مشاريع الإسكان الاجتماعي بمدينة أسوان الجديدة. وذلك من خلال مقارنة هذه المواد بالمواد المستخدمة حالياً بمدينة أسوان الجديدة، وبالاستعانة ببرنامج (Design Builder) لتحديد معدلات استهلاك الطاقة في كل الحالات.

2. مواد العزل النانوية

إن استخدام المواد الطبيعية أو المصنعة تضمن أداءً حرارياً متميزاً، وهذا الأداء يختلف اعتماداً على الخصائص الفيزيائية من بينها المقاومة والموصلية الحرارية. وبالتالي، فإن تصنيع المواد الجديدة التي تزيد المقاومة للتوصيل الحراري تلقى اهتماماً كبيراً من المصممين حيث أنها تحسن الأداء الحراري وكفاءة استهلاك الطاقة. ومن بين هذه المواد، مواد العزل الحرارية التقليدية مثل رغوة البوليسترين، رغوة البولي يوريثان، والصوف الزجاجي ذات السماكة العالية (250 ملم) والتى يقدر معامل التوصيل الحراري لها 0.6 وات/(م^2.كلفن)[9، 10]، حيث استخدمت هذه المواد لسنوات لتحسين كفاءة استهلاك الطاقة. وفي المناخ ذي الحرارة العالية والكثافة العالية من الإشعاع الشمسي ستحتاج إلى مضاعفة سماكة العزل الحراري المطلوب. وبالتالي، فإن ارتفاع سمك العزل سيؤدي إلى صغر المساحة الداخلية للمبنى وزيادة في تكلفة العزل. لذلك، فإن تطوير مواد عزل حراري ذات أداء عالي وفى نفس الوقت لها سماكة منخفضة وموصلية حرارية منخفضة يمكن أن يزيد من كفاءة استهلاك الطاقة وتوفير التكلفة. وتعتبر النافذة من العناصر المحددة للوجهات الخارجية. وهي تشكل دائماً نقطة ضعف في الغلاف الخارجى من وجهة النظر البيئية والحرارية. وعليه يجب إعادة تصميم النافذة لترشيد استهلاك الطاقة. وتشير الدراسات السابقة إلى أن الانتقال الحرارى من خلال النوافذ يمثل أعلي قيمة خلال اليوم مقارنةً بباقي أجزاء الغلاف الخارجي للمبني ويوضح شكل رقم (1) كمية الحرارة الكلية المنتقلة من خلال جميع أجزاء الغلاف الخارجي للمبني المختلفة، هذا المبنى عبارة عن منشأ خفيف ومكون من دور واحد ويظهر منه أن النوافذ هي أكثر اكتساباً للإشعاع الشمسي. حيث ان النفاذ الحرارى من النوافذ 30 ضعف النفاذ الحادث من خلال الأسطح المعتمة [11].

أظهرت الدراسات أن العزل الحرارى الجيد للزجاج يوفر نسبة فى حفظ الطاقة أعلى من عزل الحوائط والسطح. وقد قام كل من اقبال وحمودى[12] بدراسة تأثير العزل الحراري للبولسترين في الحوائط والسقف والزجاج المزدوج بنوافذ أحد المباني في المملكة العربية السعودية، حيث أظهرت النتائج ان البولسترين يوفر 1% فى الحوائط و 0.8% فى السقف وتوفير نسبة 8% فى الزجاج. يعتبر استخدام النانوجل (Nanogel) في النوافذ من المواد الواعدة والتي ظهرت مؤخراً للاستخدام في المباني الموفرة للطاقة وأنظمة الإضاءة النهارية [13، 14، 15، 16، 17]. وهي عبارة عن مادة مسامية وخفيفة الوزن للغاية مع توصيل حراري منخفض جداً مقارنة بكل المواد الصلبة (0.01-0.004 وات/(م^2.كلفن))، وذات شفافية جيدة وعزل صوتي عالي وينتشر حاليا في الأسواق للاستخدام في أعمال العزل الحراري [18]. ويمكن ملؤه بين النوافذ المزججة المزدوجة أو ألواح البولي كربونات متعددة الجدران. كما يمكن استخدامه في الواجهات، والمناور، والأسقف، والحوائط[19]. وفي أنظمة الإضاءة النهارية وأنظمة العزل الحراري بشكل كبير في المدارس والمباني التجارية والصناعية والمطارات، وخاصةً في الولايات المتحدة الأمريكية

وأوروبا [20]. وقام Buratti وآخرون[21]، بتصنيع زجاج يحتوى على النانوجل المصنع من حبيبات السليكيا بوضع النانوجل بين طبقتين من الزجاج والمغلف من الخارج بإطار الألومونيوم، وأظهر الزجاج المعدل بالنانوجل خصائص عزل صوتي جيد وأداء حراري متميز. وقد أجريت معظم التجارب باستخدام برامج المحاكاة في الأقاليم المناخية الباردة. ومع ذلك، فقد تم تطبيق البحث في الأقاليم المناخية الحارة في الآونة الأخيرة، حيث قام Ihara وآخرون[20]، بدراسة تأثير نظام زجاج يحتوى على نانوجل شفاف في مباني إدارية في ثلاث مدن مختلفة ذات مناخ حار. وأظهرت نتائج المحاكاة أن النانوجل يمكن أن يحقق استهلاكاً أقل للطاقة مقارنةً بالواجهة الزجاجية المزدوجة.



شكل (1): كمية الإشعاع الشمسي الساقط على عناصر المبنى المختلفة [11]

وقام Rashwan وآخرون[22]، بدراسة تأثير ألواح العزل الحراري في الحوائط والسقف والنانوجل في النوافذ على مبنى إداري في ظروف مناخية حارة- مدينة أسوان- مصر. وأظهرت نتائج المحاكاة انخفاض استهلاك الطاقة وأثبتت النتائج أن معظم استهلاك الطاقة يحدث خلال النوافذ ذات الشفافية العالية والتي تسبب ما يقرب من 60٪ من فقدان الطاقة. وقد أشاروا إلى مساهمة جيدة من الزجاج النانوجل مقارنةً بألواح العزل الحراري القائم على الحوائط. كما قام Gao وآخرون [23] بإجراء أبحاث أظهروا خلالها انخفاضاً كبيراً في قيمة معامل الانتقال الحراري U من خلال دمج حبيبات ايروجل في تجويف الزجاج المزدوج. وأظهرت انخفاضاً قدره 63٪ في الحرارة المفقودة مقارنةً مع وحدة الزجاج المزدوج التقليدي والتي لها نفس السماكة. وأشارت هذه الدراسة إلى وجود تأثير جيد للمواد النانوية القائمة على الجدار والنوافذ مقارنةً بمواد العزل التقليدية. وهذا يشجع على استخدام هذه المواد في المستقبل لتوفير المال والطاقة. وأثبت Mujeebu وآخرون [24، 25] أن النوافذ الزجاجية المزدوجة لها مساهمة عالية في كسب الحرارة مقارنةً بزجاج النانوجل. وقد أجريت دراسات حديثة في مباني إدارية ذات طابق واحد وأخرى متعددة الطوابق- الدمام -المملكة العربية السعودية. حيث أشارت نتائج المحاكاة إلى أن المواد النانوية في النوافذ والحوائط والأسقف يمكن أن تحقق استهلاكاً أقل للطاقة سنوياً مقارنةً بالعزل التقليدي. ووجدوا أن النوافذ ساعدت على تقليل استهلاك الطاقة مقارنةً بمواد العزل في الحوائط [24، 25].

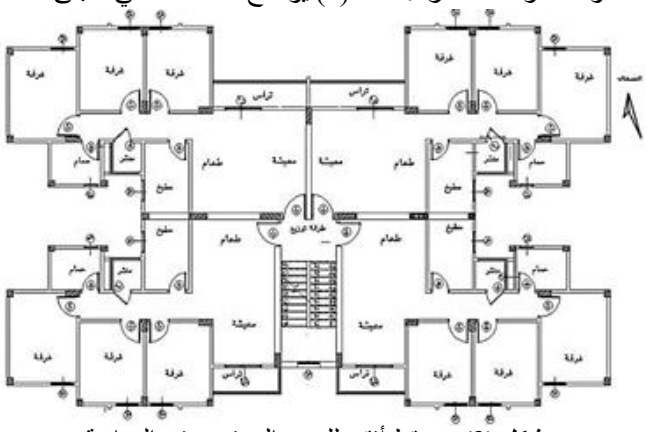
وحقق Schultz وآخرون [26] انخفاضاً في الطاقة بنحو 1200 كيلو وات في الساعة سنوياً وهو ما يمثل توفيراً بنسبة 19٪ تقريباً في التسخين المطلوب سنويا في منزل عائلي في الدنمارك. وحدث هذا عن طريق استبدال زجاج ملون مكون من ثلاث طبقات بزجاج يحتوي على ايروجل. وأظهر Huang وآخران [27] انخفاضاً بنسبة 4٪ في التبريد السنوي للمباني التجارية في منطقة شبه استوائية رطبة باستخدام ايروجل موضوع بين طبقتين من الزجاج الشفاف التقليدي.

وتركز الدراسة الحالية على دراسة تأثير النانوجل في النوافذ على استهلاك الطاقة في منطقة صعيد مصر (مدينة أسوان الجديدة - أسوان - مصر) وخاصة في مباني الإسكان الاجتماعي. وتمت مقارنة المواد التقليدية (نوافذ

زجاجية 3مم) المستخدمة حالياً في مباني الإسكان الاجتماعي مع المواد النانوية في النوافذ. وتم عمل دراسة مقارنة باستخدام برامج المحاكاة لحساب الطاقة المستهلكة من خلال الحوائط والنوافذ حيث تم الاعتماد علي برنامج (Design Builder V.4.0.0.105) كأحد برامج المحاكاة المعتمدة علي حسابات الديناميكا الحرارية وحسابات انتقال الحرارة خلال طبقات النوافذ وذلك لحساب استهلاك الطاقة السنوية لمواد وطرق العزل المختلفة.

3. نموذج الدراسة

تم استخدام نموذجاً لمبنى سكني يقع في المنطقة المناخية الحارة في مدينة أسوان الجديدة – أسوان - مصر. ويتكون المبنى من خمسة طوابق، يحتوي كل منها على أربع وحدات سكنية، وتتراوح مساحة الوحدة الواحدة تقريبا بين 90:86 م^2. ومتوسط عدد الأفراد لكل وحدة هو خمسة أفراد. شكل (2) يوضح المسقط الأفقي للمبنى المستخدم في الدراسة.

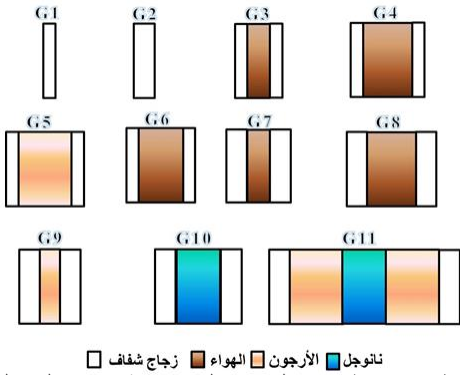


شكل (2): مسقط أفقي للمبنى المستخدم في الدراسة.

وقد تم توضيح مواصفات الزجاج المستخدم في هذه الدراسة فى جدول (1) و شكل (3) على التوالي.

جدول (1): مواصفات الزجاج.

أسم المادة وترتيب الطبقات	الاختصار
3 مم زجاج شفاف	(زجاج 1 (G1)) (شائعة الاستخدام)
6 مم زجاج شفاف	(زجاج 2(G2)) (شائعة الاستخدام)
3 مم زجاج شفاف 6 مم هواء 3 مم زجاج شفاف	(زجاج 3 (G3))
3 مم زجاج شفاف 13 مم هواء 3 مم زجاج شفاف	(زجاج 4 (G4))
3 مم زجاج شفاف 13 مم أرجون 3 مم زجاج شفاف	(زجاج 5 (G5))
3 مم زجاج شفاف 10مم هواء 3 مم زجاج شفاف	(زجاج 6 (G6))
6 مم زجاج شفاف 6 مم هواء 6 مم زجاج شفاف	(زجاج 7 (G7))
6 مم زجاج شفاف 13مم هواء 6 مم زجاج شفاف	(زجاج 8 (G8))
6 مم زجاج شفاف 6 مم أرجون 6 مم زجاج شفاف	(زجاج 9(G9))
6مم زجاج شفاف 10 مم نانوجل 6 مم زجاج شفاف	(زجاج 10 (G10))
6 مم زجاج شفاف 13 مم أرجون 10 مم نانوجل 13 مم أرجون 6 مم زجاج شفاف	(زجاج 11 (G11))



شكل (3): قطاعات الزجاج المستخدمة في مختلف الحالات

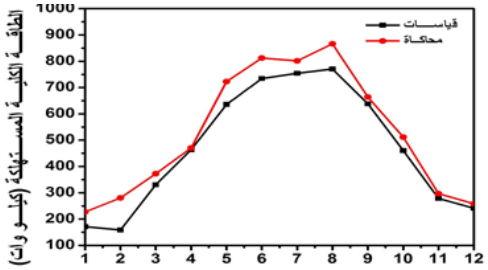
وتم الحصول على الخصائص الحرارية لمواد العزل المستخدمة في الدراسة من خلال الدراسات السابقة، وكود الطاقة للإسكان في مصر (Egyptian Residential Energy Code) وكذلك المواصفات المصرية الخاصة بعملية العزل الحراري لحوائط وأسقف المباني المختلفة (Egyptian Specifications for Thermal Insulation Work Items)[28، 29]. وتم إدخال الخصائص غير الموجودة في برنامج المحاكاة طبقا لكود الطاقة المصري والدراسات السابقة. وفي هذه الدراسة تم استخدام نفس ترتيب النانوجل المستخدم في الدراسات السابقة مع بعض التعديلات للحصول على أقل استهلاك ممكن للطاقة [27]. كما تم استخدام النانوجل المكون من nano aerogel core المغلفة glass pane في النوافذ شكل (3).

4. معايرة نموذج الدراسة

من أجل التحقق من صحة نتائج المحاكاة، تمت مقارنة النتائج الخاصة باستهلاك الطاقة والمستخرجة من خلال برنامج المحاكاة بالقياسات الفعلية التي تم الحصول عليها من خلال فواتير الكهرباء لأحد المساكن بمشروع الإسكان الاجتماعي في مدينة أسوان الجديدة. وقد تم استبدال ملف المناخ WDF المتوفر في البرنامج بملف المناخ الخاص بأسوان (عام 2017م) والذي تم الحصول عليه من خلال محطة الطقس الثابتة في جامعة أسوان (Hobo U30) شكل رقم (4). وتم تحويل الملف عن طريق برنامج Energyplus إلى ملف epw ليكون ملائماً لتحميل البيانات بالبرنامج.

شكل (4): محطة الأرصاد بجامعة أسوان.

وتشير نتائج عملية التحقق غير المباشر من صحة البيانات المستخرجة من برنامج المحاكاة إلي إمكانية استخدام البرنامج للأغراض البحثية في مثل هذا النمط من المناخ، حيث بلغ معامل الخطأ لمتوسط نتائج محاكاة استهلاك الطاقة حوالي 10.28 % كما هو موضح بشكل رقم (5).



شكل (5): التحقق غير المباشر باستخدام نموذج الدراسة الذي حقق نسبة خطأ 10.28 ٪.

تم تحقيق المحاكاة باستخدام الديناميكية الحرارية، للحوائط والنوافذ المختلفة باستخدام برنامج المحاكاة (Design Builder) في نسخته الرابعة (V.4.0.0.105). وتتكون الحالة الأساسية للدراسة من مبنى غير معزول شائع الاستخدام في مدينة أسوان؛ والحالات الأخرى من الزجاج تتكون من عدة أنواع من العزل المستخدم في مصر مثل الزجاج المزدوج، بجانب دراسة تأثير مواد العزل المعتمدة على النانوجل في الزجاج. ويوضح جدول (2) الفرضيات المستخدمة خلال الدراسة. حيث تم تشغيل المحاكاة لتقييم استهلاك الطاقة السنوي (KWh) ((Annual Energy Consumption (AEC)). وأجريت المحاكاة للتهوية الطبيعية وفى حالة وجود تكييف HVAC. ثم تقييم AEC بالكيلووات ساعة اعتمادًا على أنظمة استهلاك الكهرباء والإضاءة وأنظمة تكييف الهواء للحوائط والنوافذ المعزولة. وقد تحقق ذلك وفقاً لنمط الحياة للمباني في مصر (الأعياد، وساعات العمل، وما إلى ذلك). وتشمل مواصفات HVAC استخدام وحدات تكييف الهواء المناسبة لدرجة حرارة الصيف في الغرفة فوق 29 درجة مئوية بينما في درجات حرارة أقل من 25 درجة مئوية تم استخدام التهوية الطبيعية. كما تم تثبيت معدات HVAC أثناء المحاكاة.

جدول (2): يوضح الفرضيات المستخدمة خلال الدراسة.

البند	الخصائص
النوع	مبنى اسكان أجتماعى
الموقع	مدينة اسوان الجديدة- أسوان- مصر
المساحة	86 م2 لكل شقة
عدد الادوار	5
أرتفاع الدور	3 م
الاشغال (فرد)	5 افراد لكل شقة
الزجاج	زجاج فردى 3مم
الاتجاه	الجنوب الغربى
الاضاءة	400 Lux
HVAC	تكيف أسبليت

5. تكلفة استهلاك الطاقة بمباني الإسكان الاجتماعي بأسوان الجديدة

ويتم تحديد تكلفة استهلاك الطاقة في السنة بالجنيه المصري باستخدام سعر الكهرباء الذي حددته وزارة الكهرباء والطاقة المصرية للقطاع السكني في عام 2018م كما هو موضح فى الجدول (3) [30]، ويمكن حساب المتوسط الشهري لاستهلاك الكهرباء للوحدة السكنية الواحدة، حيث يبلغ متوسط الاستهلاك للوحدة السكنية الواحدة حوالي 400-450 كيلو وات ساعة، مما يعني أن متوسط تكلفة الاستهلاك تتراوح بين 360-405 جنيه للشهر الواحد.

جدول (3): يوضح أسعار الكهرباء.

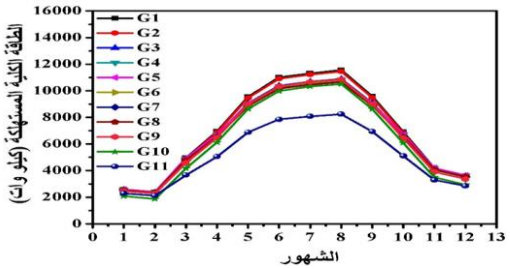
الشريحة	الفئة (كيلو وات ساعة)	السعر (جنيه مصرى)
الأولى	50:0	0.22
الثانية	100:51	0.3
الثالثة	200:101	0.36
الرابعة	350:201	0.7
الخامسة	650:351	0.9
السادسة	1000:651	1.35
السابعة	أعلى من 1000	1.45

6. النتائج والمناقشة

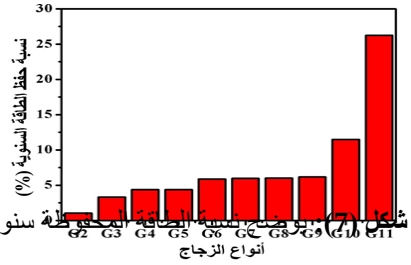
تم استخراج وتوضيح نتائج المحاكاة للعديد من مواد العزل المستخدمة في الزجاج في كلٍ من شكل (6،7،8). حيث لوحظ أن (G11) أظهرت أفضل النتائج مقارنةً مع الأنواع الأخرى من مواد العزل المستخدمة في الزجاج من حيث استهلاك الطاقة السنوي، وتكلفة الطاقة السنوية ونسبة توفير الطاقة السنوية. حيث تم توفير حوالي 26% من استهلاك الطاقة السنوي باستخدام (G11) مقارنةً بنوع الزجاج (G1) المستخدم حالياً في المبنى بمدينة أسوان الجديدة. كما أن (G10) أظهر توفير 11٪ في الاستهلاك السنوي للطاقة مقارنةً بنوع الزجاج (G1). هذه النسبة أعلى من قيمة الزجاج المزدوج الذي يحتوي على طبقة الأرجون (G3) أو طبقة الهواء (G4). حيث تم توفير حوالي 5% في حالة وجود طبقة ارجون في الزجاج المزدوج وحوالي 3% في حالة وجود طبقة هواء بين الزجاج المزدوج. وهذا يوضح التأثير الكبير لمادة النانوجل نحو تقليل استهلاك الطاقة. ويمكن أن يعزى العزل الحراري للنانوجل إلى التوصيل الحراري المنخفض مقارنةً مع الأرجون والهواء.

وأظهرت (G2) تأثير لا يمكن ملاحظته حيث انه تم خفض حوالي 1٪ من استهلاك الطاقة السنوي بالنسبة للحالة القائمة (G1). ومن المثير للاهتمام، أن (G11) أظهر أفضل نتيجة في توفير الطاقة وذلك ناتج عن دمج الأرجون والنانوجل ذي التوصيل الحراري المنخفض مقارنةً بالهواء. وبالإضافة إلى التوصيل الحراري المنخفض في النانوجل، فان حجم المسامات الصغيرة الموجودة في النانوجل تقلل من تدفق الهواء خلال المسام الصغيرة وهذا يؤدى إلى انخفاض الموصلية الحرارية مقارنةً مع الهواء في الضغط الجوى العادي [26].

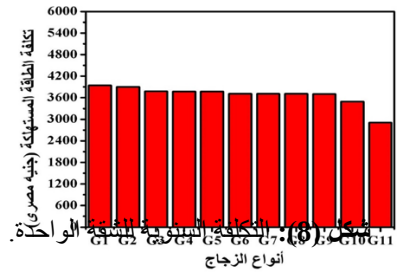
علاوة على ذلك، لوحظ أن النانوجل يقوم بنقل الحرارة بمعدل منخفض مقارنة بالأنواع المختلفة من الزجاج المزدوج. وقد يرجع ذلك إلى انخفاض معامل كسب الحرارة الشمسية solar heat gain coefficient وقيمة معامل الانتقال الحراري (0.35 -0.45 وات/(م^2.كلفن)) بالنسبة للنانوجل مقارنةً بالزجاج المزدوج (0.75-2.71 وات(م^2.كلفن)). ولكن النفاذية البصرية لطبقة الزجاج المزدوج (0.92) أعلى من طبقة النانوجل (0.3). وهذا يمكن أن يزيد من الطاقة المستهلكة بواسطة حمل الإضاءة. ولكن حمل الإضاءة له تأثير منخفض على إجمالي استهلاك الطاقة.



شكل (6): الاستهلاك السنوي للطاقة باستخدام أنواع الزجاج المختلفة في العزل.



شكل (7): يوضح نسبة الطاقة المحفوظة سنويا.



شكل (8): الكثافة السنوية للشقة الواحدة.

7. التوصيات

يوصي البحث بمجموعة من التوصيات الموجهة إلى قاطني المناطق الحارة الجافة والمصممين وكذلك الجهات البحثية والمستثمرين، وتتمثل هذه التوصيات في:

- ضرورة إلمام قاطني المساكن بالمناطق الحارة الجافة بأهمية استبدال النوافذ التقليدية بالنوافذ ذات الزجاج المزدوج المعالج كالوارد في سياق البحث والمحتوي على طبقتين من الأرجون وطبقة من مادة النانوجل كما بنموذج (G11) لما لها من دور في خفض الطلب على استهلاك الطاقة لأغراض التبريد.
- ضرورة قيام المصممين بتوجيه مالكي الوحدات السكنية نحو عدة بدائل تتيح خفض استهلاك الطاقة لأغراض التبريد بالمباني لاختيار الأنسب منها اقتصادياً، كالتوجيه نحو الاختيار ما بين النوافذ ذات الزجاج المزدوج والتي تحوي داخلها طبقة من النانوجل G10 أو النوافذ ذات الزجاج المزدوج والتي تحوي داخلها خليط من مادتي الارجون والنانوجل G11 لما أظهرته هذه البدائل من فعالية في خفض استهلاك الطاقة بالمباني.
- علي المصممين ضرورة مراعاة الأبعاد البيئية في التصميم وعدم تعميم تصميم المشاريع على المدن المصرية دون دراسة الجوانب المناخية المرتبطة بكل مدينة.
- حث وتشجيع المستثمرين للمساهمة في دعم العديد من الأبحاث المتعلقة باستخدام المواد النانوية في زجاج الشبابيك الخارجية وكذلك دعم وتمويل انتاج تلك المواد لإمداد الأسواق المحلية بها.
- تشجيع الباحثين نحو مواصلة البحث نحو استحداث مزيد من المواد النانوية ذات الخصائص الحرارية المميزة وادراجها بغلاف المبني.

المراجع

[1] M. Fahmy, M. M. Mahdy, H. Rizk, and M. F. Abdelaleem, '**Estimating the future energy efficiency and CO2 emissions of passive country housing applying domestic biogas reactor: A case study in Egypt'**, Ain Shams Eng. J., vol. 9, no. 4, pp. 2599–2607, 2018.

[2] HBRC Centre, **Egyptian Code for Improving the Efficiency of Energy Use in Buildings, Part 1: Residential Buildings,** Ministry of Housing, Utilities and Urban Communities, Cairo, Egypt, 2008.

[3] E.M. Okba: **Building envelope design as a passive cooling technique in: Passive and Low Energy Coolingfor the Built Environment**, Santorini, Greece 2005.

[4] S. Attia: **Zero Energy Retrofit: Case Study of a Chalet in Ain Sukhna, Egypt**, American National Solar Energy Conference, Phoenix, Arizona, 2010.

[5] M. Fahmy:**Interactive Urban Form Design of Local Climate Scale in Hot Semi-arid Zone**, PhD Thesis, School of Architecture, University of Sheffield, 2010.

[6] M. Fahmy: **Numerical Assessment for Urban Developments on a Climate Change Basis: A Case Study in New Cairo, Egypt,** 2nd International Conference on quality of life, Modern University for Technology &Information, Cairo, Egypt., 2012.

[7] A.A.S. Makram: **Sustainable Architecture As an Approach for Hospitals Design**, PhD Thesis, Architecture Department, Alexandria University, 2008.

[8] A. Kassim, H. Bathis: **Energy efficiency opportunities for government hospitals,** report prepared under the Malaysian, Danish environmental cooperation program, 2003.

[9] M. Kurańska, A. Prociak: **Nano and Biotech Based Materials for Energy Building Efficiency (Chapter 12 - Bio-Based Polyurethane Foams for Heat-Insulating Applications)**, Springer International Publishing, Switzerland, 357-373, 2016.

[10] C. Yang, Y. Li, X. Gao, L. Xu: **A review of vacuum degradation research and the experimental outgassing research of the core material-PU foam on vacuum insulation panels**, Physics Procedia 32, 239-244, 2012.

[11] عبد المنطلب محمد على، **تأثير المناخ الحار على تصميم الفتحات الخارجية للمبانى بصعيد مصر**، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة أسيوط، 1989م.

[12] Iqbal I, Al-Homoud MS**. Parametric analysis of alternative energy conservation measures in an office building in hot and humid climate**. Build Environ May2007;42:2166e77.

[13] J. Han, L. Lu, J. Peng, H. Yang: **Performance of ventilated double-sided PV façade compared with conventional clear glass façade**, Energy and Buildings, 56, 204-209, 2013.

[14] B.P. Jelle, E. Sveipe, E. Wegger, A. Gustavsen, S. Grynning, J.V. Thue, B. Time, K.R. Lisø: **Robustness classification of materials, assemblies and buildings**, Journal of Building Physics 37, 213-245, 2014.

[15] M. Koebel, A. Rigacci, P. Achard: **Aerogel-based thermal superinsulation: an overview**, Journal of sol-gel science and technology, 63, 315-339, 2012.

[16] A. Neugebauer, K. Chen, A. Tang, A. Allgeier, L.R. Glicksman, L.J. Gibson: **Thermal conductivity and characterization of compacted, granular silica aerogel,** Energy and buildings, 79 47-57, 2014.

[17] Y. Zhao, G. Tang, M. Du: **Numerical study of radiative properties of nanoporous silica aerogel**, International Journal of Thermal Sciences, 89, 110-120, 2015.

[18] R. Baetens, B.P. Jelle, A. Gustavsen: **Aerogel insulation for building applications: a state-of-the-art review**, Energy and Buildings 43, 761-769, 2011.

[19] A. Rigacci, M.-A. Einarsrud, E. Nilsen, R. Pirard, F. Ehrburger-Dolle, B. Chevalier: **Improvement of the silica aerogel strengthening process for scaling-up monolithic tile production**, Journal of Non-Crystalline Solids, 350, 196-201, 2004.

[20] C. Buratti, E. Moretti, E. Belloni: **Nanogel windows for energy building efficiency, Nano and Biotech Based Materials for Energy Building Efficiency**, Springer, 41-69, 2016.

[21] T. Ihara, T. Gao, S. Grynning, B.P. Jelle, A. Gustavsen: **Aerogel granulate glazing facades and their application potential from an energy saving perspective**, Applied Energy, 142, 179-191, 2015.

[22] A. Rashwan, O. Farag, W.S. Moustafa: **Energy performance analysis of integrating building envelopes with nanomaterials**, International Journal of Sustainable Built Environment, 2, 209-223, 2013.

[23] T. Gao, B.P. Jelle, A. Gustavsen, S. Jacobsen:**Aerogel-incorporated concrete: An experimental study**, Construction and Building Materials, 52, 130-136, 2014.

[24] M.A. Mujeebu, N. Ashraf, A. Alsuwayigh:**Energy performance and economic viability of nano aerogel glazing and nano vacuum insulation panel in multi-story office building**.

[25] M.A. Mujeebu, N. Ashraf, A.H. Alsuwayigh: **Effect of nano vacuum insulation panel and nanogel glazing on the energy performance of office building**, Applied energy 173, 141-151, 2016.

[26] J.M. Schultz, K.I. Jensen:**Evacuated aerogel glazings,** Vacuum, 82, 723-729, 2008.

[27] Y. Huang, J.-l. Niu:**Application of super-insulating translucent silica aerogel glazing system on commercial building envelope of humid subtropical climates–impact on space cooling load**, Energy, 83, 316-325, 2015.
[28] M. Fahmy, M.M. Mahdy, M. Nikolopoulou:**Prediction of future energy consumption reduction using GRC envelope optimization for residential buildings in Egypt**, Energy and Buildings 70,186-193, 2014.
[29] M.M. Mahdy, M. Nikolopoulou:**The cost of achieving thermal comfort via altering external walls specifications in Egypt; from construction to operation through different climate change scenarios**, Building Simulation Conference France, 2013.
[30] http://egyptera.org/ar/t3reefa.aspx "الموقع الرسمي لجهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك" مايو 2019.

THE EFFECT OF USING NANO-MATERIALS IN EXTERNAL OPENINGS ON ENERGY CONSUMPTION IN HOT DESERT CLIMATE

ABSTRACT

Thermal insulation is one of the most significant solutions to reduce energy consumption in buildings. Therefore, using insulation materials with low heat transmission became an important issue. Recently, Nano-materials show great progress in the thermal insulation field in the hot desert climate. Several alternatives of Nano-materials in the glass windows were examined in this study. (Two layers from clear glass filled with the nanogel). It was found that it could save 11% of the total annual energy demand for cooling in comparison with the currently used glass in New Aswan buildings (Single glazing 3mm). This improvement percentage is considered twice the value of using double-glazing. This result is due to the low value of heat transmission for the nanogel in comparison with the air and argon. Moreover, the merged Nano-materials with argon and two layers of single glazing save about 26% of total annual energy in comparison with the current situation. Therefore, this study is considered an important attempt towards reducing energy consumption in the residential Building of New Aswan city.

Keywords: Nano-Materials, Annual Energy Consumption, Design Builder.