Journal of Engineering Sciences
Assiut University
Faculty of Engineering
Vol. 48
No. 2
March 2020
PP. 302–316

تأثير المواد متغيرة الطور على كفاءة استهلاك الطاقة بمباني المناطق الحارة الصحراوية الغرف الملحقة بمبني إدارة المرور بمدينة أسوان الجديدة كدراسة حالة

أيمن رجب عبد الراضي

قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة أسوان
Email address:ayman.ragab@aswu.edu.eg

Received 28 August 2019; Accepted 10 September 2020

الملخص

تعتبر أزمة الطاقة أحد أهم التحديات على مستوي العالم، ومن المتوقع أن تزداد حدة هذه الأزمة مستقبلاً في ظل التغيرات المناخية وآثارها المحتملة كارتفاع درجات الحرارة وبالتالي زيادة الطلب على الطاقة لأغراض التبريد. وفي مصر، ازداد الطلب على الطاقة لتحسين الظروف المناخية بالمباني في ظل ارتفاع درجات الحرارة على مستوي الجمهورية. وبالتالي أصبح لزاماً البحث عن حلول ومعالجات مناخية لتحسين الأداء الحراري بالمباني مع زيادة كفاءة استهلاك الطاقة بالمباني. وتعتبر المواد متغيرة الطور من أهم المواد التي أثبتت قدرتها علي تحسين الأداء الحراري للفراغات الداخلية مع خفض الطلب على الطاقة المستخدمة في عملية التبريد. لذا تتباري معظم الشركات العالمية حالياً في دعم وإنتاج الالواح واللفائف المدمجة بمواد متغيرة الطور. وتعتمد الدراسة على برنامج Design Builder لتقييم مدي قدرة مادتي Bio PCM Q23 وBio PCM Q25 على خفض استهلاك الطاقة لأغراض التبريد بغرف الفحص الملحقة بمبني إدارة المرور بمدينة أسوان الجديدة. وقد أظهرت الدراسة مدي فعالية تلك المادتين في خفض استهلاك الطاقة لأغراض التبريد، حيث تتراوح فعالية مادة Bio PCM Q23 بين 15.06% الي 35.93% عند دمجها بغلاف المبني، في حين تتراوح فعالية مادة Bio PCM Q25 بين 18.93% الي 38.79% عند دمجها بنفس غلاف المبني.

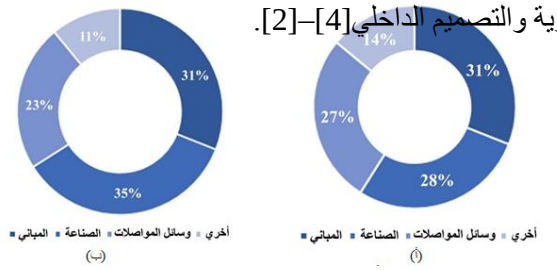
الكلمات المفتاحية: المواد متغيرة الطور- كفاءة استهلاك الطاقة- غلاف المبني- Design Builder.

1. مقدمة

نظراً لظهور أزمة الطاقة العالمية المرتبطة بالتغير المناخي، كان لزاماً الحد من استهلاك الطاقة وبالأخص تلك الطاقة المستهلكة بالمباني، حيث تستهلك المباني عالمياً ما يقارب 31% من الاستهلاك الكلي للطاقة وتنتج ما يعادل نفس النسبة تقريباً من الانبعاثات الكربونية كما يوضح شكل رقم (1)[1]. لذا كان الهدف الأساسي من أبحاث الطاقة التي أجريت في السنوات السابقة هو الحد من إنتاج الطاقة على أساس الوقود الأحفوري من خلال تعزيز استخدام موارد الطاقة المستدامة. ويمكن تحقيق مفهوم الطاقة المستدامة من خلال معالجة كل من موارد الطاقة المتجددة وزيادة كفاءة استهلاك الطاقة. وكفاءة استهلاك الطاقة تعني الاستخدام الأمثل من خلال استهلاك الحد الأدنى المطلوب سنوياً من الطاقة لتلبية احتياجات التدفئة والتبريد والإضاءة وتوفير المياه الساخنة. وعادةً ما يتم تحسين كفاءة استخدام الطاقة عن طريق تقليل استهلاك الطاقة. وفي معظم الأحيان، يرتبط هذا الخفض بالحد من استخدام أجهزة التبريد والاعتماد على تطبيقات التبريد السلبي.

ويحاول الباحثون البحث باستمرار عن مصادر الطاقة الفعالة والاقتصادية في سياق الاستدامة، لذا فقد ازداد اهتمامهم بالتطبيقات الحرارية مثل تسخين وتبريد الفراغات والماء. وتعد أنظمة تخزين الطاقة الحرارية المعتمدة على المواد متغيرة الطور Phase Change Materials (PCM) واحدة من التقنيات الرائدة لتطوير

كفاءة استهلاك الطاقة في المباني. حيث تشير المواد متغيرة الطور إلى أن أي مادة قادرة على الخضوع لتحول يمكن عكسه من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة وتخزين/ إطلاق قيم كبيرة من الطاقة في نطاق درجات حرارة ضيقة. وبالتالي، فإن الملاحظة المثيرة للاهتمام والتي أدت إلى هذا البحث كانت ظهور الاتجاهات الحديثة في أنظمة تخزين الطاقة الحرارية المعتمدة على المواد متغيرة الطور لتحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المباني. حيث تقوم أنظمة تخزين الطاقة الحرارية المعتمدة على المواد متغيرة الطور بسد الفجوة بين توفر الطاقة وضرورتها عن طريق تقليل الطاقة اللازمة لتبريد الفراغات أو التدفئة. وعلى الرغم من مرور عقود من الثورة العلمية، الا أنه لا يزال هناك الكثير من الغموض حول تطبيق المواد متغيرة الطور في الهندسة المعمارية والتصميم الداخلي[4]–[2].



شكل رقم (1): (أ) استهلاك الطاقة العالمي، (ب) الانبعاثات الكربونية العالمية[1]

1.1. إشكالية البحث

تنبع إشكالية البحث نتيجة عدم قدرة المباني بتصميمها الحالي على تحقيق الاستقرار الحراري الداخلي لها. وبالتالي زيادة الطلب على الطاقة اللازمة للتبريد داخل تلك المباني الواقعة في نطاق المناطق الحارة الجافة. ووفقاً لذلك، يتنافس المهندسون المعماريون على إيجاد تصميم قابل للتطبيق في استراتيجية التحكم في طاقة المباني.

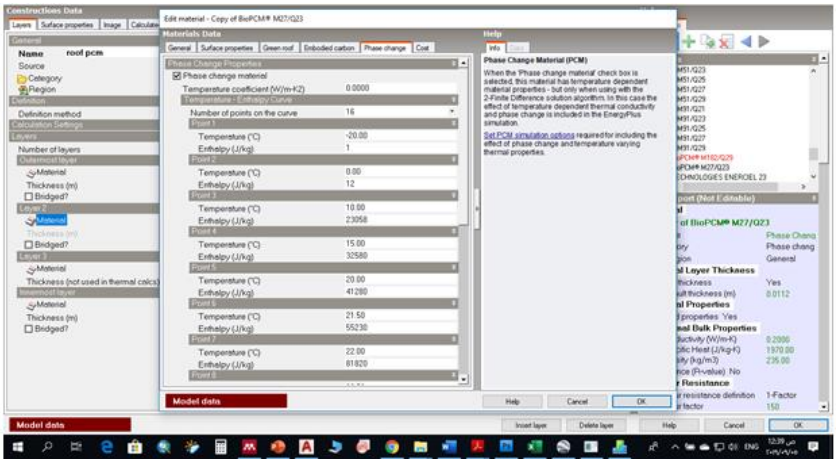
2.1. أهمية البحث وأهدافه

يسعي البحث نحو دراسة تأثير استخدام بعض المنتجات التجارية للمواد متغيرة الطور عند دمجها بأغلفة المباني في خفض استهلاك الطاقة المطلوب لعملية التبريد بالبيئات الحارة الصحراوية، حيث تقوم هذه المواد بتخزين كميات كبيرة من الحرارة بوحدة الحجم بالإضافة الي أن تخزين وفقد الحرارة من المواد متغيرة الطور تتم ضمن مجال درجات حرارة صغير، مما يجعلها مناسبة للاستخدام في عمليتي التبريد والتدفئة. لذا فقد ارتكزت الدراسة على اختيار مادتين لهما درجة حرارة تحول طوري تقع في نطاق درجات الحرارة المطلوبة لتحقيق الراحة الحرارية بالفراغات الداخلية، وقد تم تركيبها على السطح الداخلي لكلٍ من الحوائط والسقف.

3.1. منهجية البحث

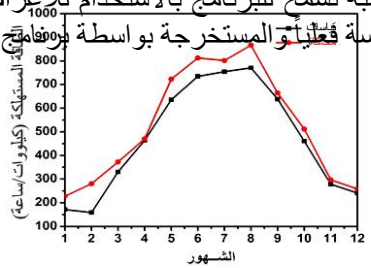
تنتهج الدراسة كلا من المنهج الوصفي والتحليلي، حيث يتم الاعتماد على المنهج الوصفي من خلال وصف البيانات الخاصة بالحالة الدراسية والمواد متغيرة الطور المختارة بالدراسة وكذلك بيانات المناخ الخاصة بالمنطقة وباقي مدخلات برنامج المحاكاة، كما يعتمد البحث على المنهج التحليلي في مناقشة النتائج المستخرجة بواسطة برنامج المحاكاة المستخدم بالدراسة.

ويستند البحث بشكل أساسي على برنامج المحاكاة Design Builder[5] في دراسة مدي تأثير ادماج المواد متغيرة الطور بالغلاف الخارجي لغرف الفحص الخارجي بوحدة ادارة المرور بمدينة أسوان الجديدة علي كلٍ من الراحة الحرارية واستهلاك الطاقة لأغراض التبريد. ويسمح برنامج Design Builder بإدخال خصائص تغيير الطور الخاصة بالمواد المختلفة في شكل منحنى حراري وذلك من خلال علامة تبويب تغيير الطور في مربع حوار المواد بالبرنامج كما يظهر بشكل رقم (2). كما يقوم البرنامج بتوفير مجموعة من المواد متغيرة الطور والمرتبطة بقاعدة بيانات خاصة بكل مادة.



شكل رقم (2): كيفية إدخال خصائص تغيير الطور الخاصة بالمواد المختلفة ببرنامج المحاكاة.

ونظراً لكون غرف الفحص (الحالة الدراسية) ما زالت تحت الانشاء، لذا لم يكن من المتاح عمل معايرة للحالة الدراسية، وتمت معايرة البرنامج لأحد الوحدات السكنية بمشروع الإسكان الاجتماعي المواجه لمبني المرور مباشرةً من خلال مقارنة قيم استهلاك الطاقة المستخرجة بواسطة برنامج المحاكاة بالقيم الفعلية المستهلكة والتي تم الحصول عليها من خلال فواتير الكهرباء لهذه الوحدة السكنية لمدة عام، وقد لوحظ أن نسبة الخطأ بلغت 10.3% وهي نسبة تسمح للبرنامج بالاستخدام للأغراض البحثية. ويوضح شكل رقم (3) مقارنة بين قيم استهلاك الطاقة المقاسة فعلياً والمستخرجة بواسطة برنامج المحاكاة للوحدة السكنية.



شكل رقم (3): المعايرة غير المباشرة لنموذج الدراسة والذي حقق نسبة خطأ 10.3 ٪.

2. ماهية المواد متغيرة الطور

المواد متغيرة الطور هي مواد قادرة على امتصاص وإطلاق كمية هائلة من الطاقة الحرارية الكامنة عن طريق تغيير حالتها من مرحلة إلى مرحلة (الصلبة - السائلة) ضمن نطاق درجات الحرارة الصغيرة. وتمر هذه المواد بمجموعة من المراحل تتم فيها عدة تغيرات لحالاتها الفيزيائية ما بين الحالة الصلبة السائلة بسبب تقلبات درجة الحرارة، مما يؤدي الي تخزين كمية من الطاقة. وتُعرف هذه العملية باسم الطاقة الحرارية الكامنة، حيث يتم تخزين كمية كبيرة من الطاقة أو إطلاقها في نطاق درجات حرارة صغير. وتتراوح درجة انصهار المواد متغيرة الطور بين 19 إلى 28 درجة، ويمكن للمواد متغيرة الطور تخزين الطاقة الحرارية بأكثر من أربعة عشر ضعفاً لكل وحدة حجم[6]. ويمكن أن يزداد تخزين الطاقة لمواد البناء التقليدية عن طريق الدمج المباشر للمواد متغيرة الطور في مواد البناء. حيث يمكن أن تتكامل هذه المواد مع مواد البناء المختلفة مثل؛ الطوب، الخرسانة، ألواح الجبس، البياض الأسمنتي، الزجاج، وغيرها.

3. التطور التاريخي للمواد متغيرة الطور

ظهرت تطبيقات المواد متغيرة الطور بالمباني منذ منتصف القرن العشرين، حيث تغيرت صناعة البناء من الطريقة التقليدية إلى تعزيز تقنيات الطاقة الشمسية السلبية. وبحلول نهاية الثمانينات من القرن الماضي، تم دمج المواد متغيرة الطور في معظم مواد البناء التقليدية بما في ذلك تلك الممزوجة بالخرسانة أو الجبس والبياض الأسمنتي. وفي عام 1983، قام كلٌ من Darby وWright بتحسين أرضيات وسقف أحد المباني باستخدام مواد تجارية معتمدة على تطبيقات المواد متغيرة الطور ذات السعة التخزينية الحرارية الكبيرة والتي تصل الي حوالي 81.3 جول/جم، ودرجة حرارة تغير الطور تبلغ 22.8 درجة مئوية. وأسفرت نتائج اختباراتهم عن ظهور إمكانيات كبيرة للتبريد الصيفي والتدفئة في فصل الشتاء[8] ,[7].

وفي عام 1990، تم تطوير مواد متغيرة الطور أكثر فعالية من حيث التكلفة كما أنها مقبولة بيئياً بواسطة كل من Salyer وSircar، وقد قاما بعمل عدة أبحاث حول أساليب دمج تلك المواد بألواح الحوائط الخرسانية والجبسية وذلك باستخدام طرق تشرب تلك الحوائط لهذه المواد. ومع ذلك، فقد لوحظ أن أساليب تشريب تلك المواد متغيرة الطور ينتج عنها كثير من التسريب[9]. وفي نفس العام قام Tomlinson وHeberle بإجراء دراسة ميدانية حرارية واقتصادية لدمج منتجات المواد متغيرة الطور بألواح الحوائط عن طريق تشريب تلك الألواح، وقد تم إجراء هذا الاختبار الميداني على منزلين متطابقين، أحدهما تم استخدام المواد متغيرة الطور به والأخر بدون استخدام هذه المواد، وأظهرت النتائج أن الحوائط التي تم تشريبها بالمواد متغيرة الطور قد احتفظت بالحرارة بما يصل إلى 200 مرة أكثر من الحوائط التقليدية[11]–[9].

وبحلول عام 1991، تم فحص مجموعة كبيرة من ألواح الحوائط الجبسية المحسنة بواسطة كل من Hawes وFeldman، وقد أوضح الباحثان أن غمر ألواح الحائط في سوائل من مواد متغيرة الطور تتسبب في زيادة سعة التخزين الحراري بمقدار 12 مرة أكثر من ألواح الحوائط التقليدية[18]–[12]. وفي عام 1998 تم اجراء أول دراسة تجريبية ومحاكاة للأداء الحراري لألواح الحوائط المدمجة بمواد متغيرة الطور. وأظهرت المحاكاة السنوية للتدفئة والتبريد في الفراغات الداخلية أن أحمال التبريد انخفضت بنسبة 16٪ و19٪ و30٪ عند إضافة مواد متغيرة الطور إلى ألواح الحوائط المفرغة والحوائط الخرسانية والأسطح الفولاذية على التوالي[21]–[19].

وخلال العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، تم إدخال العديد من مواد العزل الحراري مع المواد متغيرة الطور بواسطة مراكز بحثية مختلفة. وتم استخدام العزل في تجويف الحائط أو أرضية الغرفة لخفض أحمال التبريد المطلوبة[22]. كما قدم Schwarz "زجاج الطاقة" لأول مرة في عام 2002، عن طريق وضع طبقة من تلك المواد متغيرة الطور بين طبقات الزجاج المزدوج. وقد أوضحت الدراسة أن الزجاج المُحسّن يقوم بتخزين الحرارة بما يعادل ما يقوم به حائط من الطوب يصل سمكه الي 30 سم[23].

وقد تم تطوير الشكل الأول من الألواح المدمجة مع البارافين في عام 2005. كما قام Lin باختبار هذه الألواح على أرضية سكنية. وخلال ذلك تم تثبيت نظام التدفئة الكهربائية تحت الأرض خلال موسم التدفئة. وأشارت النتائج إلى انخفاض كمية الكهرباء المطلوبة في تسخين الفراغات الداخلية بأكثر من النصف، حيث قامت هذه الألواح بتخزين الحرارة خلال فترات انقطاع التيار الكهربائي واطلاقها خلال فترات ذروة الطلب[24] ,[17]. وفي عام 2006، أجرت Maha Ahmad وآخرون اختباراً تجريبياً ومحاكاة على ألواح من مواد متغيرة الطور مع ألواح بولي فينيل كلوريد PVC التي تحتوي على مواد متغيرة الطور أيضاً من البولي إيثيلين. وقد كانت درجة حرارة انصهار تلك المواد المختارة بين 21 درجة مئوية و25 درجة مئوية. ولوحظ انخفاض درجة حرارة هواء غرفة الاختبار بمقدار 2 درجة مئوية خلال فترة الصيف بكل من الاختبار التجريبي والمحاكاة[26] ,[25] ,[14].

وفي عام 2011 قامت شركة كناوف بتطوير منتجاً من الألواح الجبسية الداخلية بسمك 15 مم مزوداً بنظام المواد متغيرة الطور من مادة البارافين المتوفر مع نقطتي انصهار مختلفتين 23 درجة مئوية و26 درجة مئوية. وتم تركيب هذا اللوح الجبسي بنجاح في العديد من المشاريع التجارية والسكنية مثل مبني Haus der Gegenwart في ميونيخ، ومبنيSonnenschiff Passivhaus Bürokomplex في فرايبورج. وقد بلغت قيمة الموصلية الحرارية للوحة حوالى 0.47 وات/م.كلفن[27]. وفي عام 2018 قام Wu Zhimin وآخرون بتطبيق نموذج جديد لمعرفة مدي تأثير أحد المواد متغيرة الطور وهي مادة PCHCM على الظروف الحرارية للفراغات الداخلية واستهلاك الطاقة في أحد المباني المكتبية بمجموعة مدن تمثل عدة أنماط مناخية

وهي مدن (بكين، باريس، أتلانتا، وجوانزو). وتظهر نتائج المحاكاة أن مادة PCHCM لها تأثير كبير على أداء طاقة المبنى في مناخي باريس وأتلانتا، حيث تمتاز هذه المدن باختلاف كبير في درجة الحرارة والرطوبة بين النهار والليل. وقد وصل معدل توفير الطاقة الأقصى إلى 19.57٪ في باريس[28].

4. تصنيف المواد متغيرة الطور ومعايير اختيارها

يتم تصنيف المواد متغيرة الطور الي مواد عضوية وأخري غير عضوية، ويعتبر شمع البارافين أحد أهم تلك المواد العضوية حيث تتراوح درجة حرارة انصهاره بين 20 - 70 درجة مئوية. ويعتبر البارافين من المواد الآمنة، كما أن له موصلية حرارية منخفضة خاصةً في حالته الصلبة. أما الفئة الثانية فهي المواد غير العضوية مثل هيدرات الملح. وتتميز هذه المواد بارتفاع قيم سعة التخزين الحراري. وبشكل عام هناك العديد من المنتجات التجارية الخاصة بالمواد متغيرة الطور، وتتواجد هذه المنتجات علي عدة أشكال[29] مثل الألواح الصلبة المدمجة مع المواد متغيرة الطور، وهي ألواح بأبعاد 60سم× 60سم ويتم تثبيتها في الحوائط والأسقف، كما تتواجد علي هيئة لفائف يتم تثبيتها ولصقها علي الأسطح المختلفة. ويوضح شكل رقم (4) الأشكال المختلفة لتطبيقات المواد متغيرة الطور بالمباني.

1. الألواح 2. اللفائف

شكل رقم (4): الأشكال المختلفة لتطبيقات المواد متغيرة الطور بالمباني[30].

ويجب تحديد خصائص المواد متغيرة الطور المستخدمة في مرحلة النمذجة والتصميم حتى يمكن الاستفادة من هذه المواد عند تنفيذ هذا النظام. وبالرغم من أنها مهمة معقدة نسبياً. الا أنه يجب أن يتم تحديد وأخذ مجموعة من معايير لاختيار تلك المواد في المراحل الأولي من التصميم، وتعتبر العوامل الاقتصادية والخصائص الحرارية والفيزيائية والكيميائية من أهم المعايير الواجب أخذها في الاعتبار[31].

1.4. الخصائص الحرارية

يجب أن تحتوي المواد المختارة على نطاق لدرجة حرارة تغيير الطور مناسب لنطاق التشغيل المطلوب (درجة حرارة الغرفة) لضمان تخزين وإطلاق الحرارة في نطاق حرارة ثابت. هذا النطاق عادة ما يكون ضيقاً جداً، حيث تتراوح درجة حرارة تغير المادة بين 5 درجات مئوية[32]. وكل مادة لديها نقطة انصهار محددة كما أن لها قيم فريدة للتوصيل الحراري في الحالات الصلبة والسائلة. وتعد المواد ذات الحرارة الكامنة العالية لكل كتلة وحدة، والحرارة العالية النوعية، والموصلية الحرارية العالية في المراحل الصلبة والسائلة هي الأكثر تفضيلاً لسرعة تغيير الطور ولتوفير تخزين حراري إضافي معقول يمكن أن يكون ذو قيمة كبيرة[33].

2.4. الخصائص الفيزيائية

تشتمل معايير الاختيار المثلى لهذه المواد على عدة خصائص فيزيائية كأن تكون ذات كثافة عالية، وأن تتمتع بالقليل من التبريد الفائق أثناء التجمد. وتعد ظاهرة التبريد الفائق واحدة من أخطر المشكلات فيما يتعلق بمواد تغيير الطور، حيث تتجلى في خفض درجة حرارة المواد إلى ما دون درجة حرارة تغير الطور المتوقعة قبل أن تبدأ المادة في التصلب وإطلاق الحرارة[34].

3.4. الخصائص الكيميائية

بالنظر في الخواص الكيميائية، يجب أن تكون المواد المختارة غير سامة وغير قابل للاشتعال كما يجب أن يكون متوافق مع المواد الأخرى وغير قابلة للتآكل بجانب ضرورة استقرار المادة الكيميائي. حيث أنه غالباً ما يضمن الاستقرار الكيميائي للمواد عمراً طويلاً[34].

4.4. الخصائص الاقتصادية

بجانب تلبية جميع الخصائص السابقة، يجب أن تكون جميع المواد المختارة من المنتجات التجارية واسعة النطاق منخفضة التكاليف كما يجب أن يكون متوفر على نطاق واسع بجانب وضوح الأداء البيئي العام الجيد لهذه المواد.

5. تأثير المواد متغيرة الطور على استهلاك الطاقة بالبيئات الحارة الجافة (الحالة الدراسية)

بالرغم من وجود العديد من الأبحاث التي تتناول تأثير المواد متغيرة الطور علي استهلاك الطاقة الا أن استخدام تلك المواد ما زال محدوداً علي الصعيد المحلي بمصر[35]. ويوضح جدول رقم (1) مجموعة من الدراسات والأبحاث التي تم تطبيقها بمصر وبعض المدن العربية.

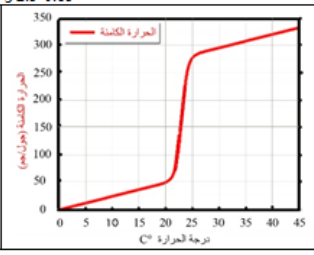
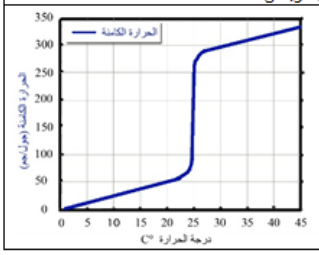
جدول رقم (1): الدراسات السابقة المطبقة بمصر وبعض المدن العربية.

المؤلف	النطاق المكاني للدراسة	المادة متغيرة الطور المستخدمة	طريقة النمذجة والمحاكاة	النتائج	المرجع
Jan Kosny وآخرون	مدن وارسو ومارسيليا والقاهرة	- Bio-based Pcm	اختبار عملي بواسطة جهاز حساب تدفق الحرارة تم اجراء المحاكاة	انخفاض الأحمال الحرارية بين 21-25% بالقاهرة	[36]
رباب فكري	مبني سكني بمدينة القاهرة	- Weber.mur.clima. 26 plaster mix - Knauf PCM - BioPCMat Q27	المحاكاة باستخدام برنامج EnergyPlus	خفض استهلاك الطاقة لأغراض التبريد بنسبة 53% في شهر أغسطس وبنسبة 16.3% في شهر مايو في حالة استخدام BioPCMat Q27مادة الأكثر فعالية	[22]
منة الله حسن يوسف	مبني تجاري بمدينة القاهرة	- M91/Q27 - M182/Q 27	المحاكاة باستخدام برنامج Design Builder	خفض درجات الحرارة مابين 7-10 درجات في حالة استخدام المادة الأولي. ومابين 11-12 درجة في حالة استخدام المادة الثانية.	[37]
رامي جورج – محمد ياسين	ثلاث غرف متشابهة بمدينة الاسكندرية	- C16 - RT27	المحاكاة باستخدام برنامج TRNSYS	انخفاض الحمل الحراري السنوي بزيادة سمك المواد المستخدمة لتصل نسبة الخفض الي 31.75% في حالة استخدام المادة الأولي و37.25% في حالة استخدام المادة الثانية بالسقف والحوائط.	[38]
مها أحمد – سهيل حنا	وحدة سكنية بمدينة حمص	- PCM23 Micronal	المحاكاة باستخدام برنامج Express PCM	انخفاض الحمل الحراري بنسبة 18.3%، وانخفاض أحمال التبريد المطلوبة بنسبة 13.82%.	[39]
مصطفي برزان	بغداد	- شمع البرافين	اجراء الحسابات العددية بواسطة FORTRAN	انخفاض درجة حرارة السطح الداخلي للحائط عن النموذج التقليدي	[40]
هاشم المحفوض	حائط غرفة سكنية بمدينة حمص	- ClimSel C21	المحاكاة باستخدام برنامج Element Finite Analysis	اختلاف يصل الي حوالي 10 درجات بين السطح الخارجي والداخلي للحائط بسبب وجود المادة متغيرة الطور	[41]

وبعد استطلاع الأبحاث السابقة الخاصة باستخدام بعض المواد متغيرة الطور بمصر وبعض البلدان العربية، يقوم البحث باختبار نوعين من المواد متغيرة الطور هما Bio PCM Q23 ومادة Bio PCM Q25 وذلك بدمج كليهما على حده بكل من سقف وحوائط غرف الفحص الخارجي بمبني إدارة المرور بمدينة أسوان الجديدة، حيث تعتبر الحوائط والأسقف من أكثر العناصر التي تتسبب في انتقال الحرارة من والي الفراغ الداخلي[42]. ويرجع السبب الأساسي في اختيار هذه المواد الي السعة الحرارية الكبيرة لهذه المواد والتي تمنحها القدرة على تخزين الطاقة الحرارية عند درجة حرارة توافق درجة حرارة تغير الطور وهي (23°C) بالنسبة لمادة Bio PCM Q23 و (25°C) بالنسبة لمادة Bio PCM Q25. وهذه الدرجات تتوافق تماماً مع النطاق الحراري المقبول لتحقيق الراحة الحرارية بتلك الفراغات الداخلية، وبالتالي تستطيع هذه المواد الحفاظ علي درجة حرارة السطح الداخلي للفراغات المعمارية في أدني قيمها بالرغم من ارتفاع درجة حرارة سطحه الخارجي[46]–[43] ,[31]. كما تتوافر هذه المنتجات تجارياً بأسعار منخفضة على هيئة

ألواح بسمك يصل الي 15مم مما يعزز من إمكانية استخدام هذه المواد من الناحية الاقتصادية. ويوضح جدول رقم (2) الخصائص الفيزيائية والحرارية المختلفة لتلك المواد المستخدمة.

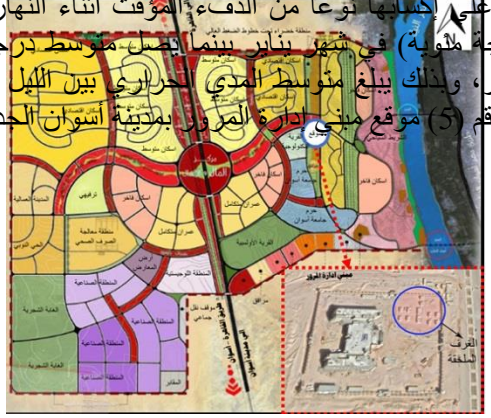
جدول رقم (2): الخصائص الفيزيائية والحرارية للمواد المختبرة[47].

المواصفات	Bio PCM Q23	Bio PCM Q25
درجة حرارة الانصهار	23°C	25°C
الحرارة الكامنة	210-250 جول/جم	
سعة تخزين الطاقة	400-1250 كيلوجول/م^3	
الحرارة النوعية	2.2-4.5 جول/كيلوجرام/كلفن	
الموصلية الحرارية	0.15-2.5 وات/ متر.كلفن	
دياجرام السلوك الحراري		

يقوم البحث بعمل نموذج المحاكاة بنفس مواصفات الحالة الدراسية على أرض الواقع (الحالة الأساسية)، كما يتم ادخال كافة البيانات الخاصة بالوصف الحراري والفيزيائي للمواد متغيرة الطور المختارة، ويتم الحصول على البيانات المناخية لمدينة أسوان الجديدة من خلال استبدال ملف المناخ Weather Data File (WDF) المتوفر في البرنامج بملف المناخ الخاص بمدينة أسوان لعام 2018 والذي تم الحصول عليه من خلال محطة الطقس الثابتة في جامعة أسوان (Hobo U30). وتم تحويل الملف عن طريق برنامج Energy plus إلى ملف epw ليكون ملائم لتحميل البيانات بالبرنامج. وفيما يلي وصف لكل من منطقة ونموذج الدراسة.

1.5. وصف منطقة الدراسة

أجريت الدراسة على إحدى غرف الفحص الملحقة بمبني إدارة المرور بمدينة أسوان الجديدة، وتقع مدينة أسوان الجديدة على الضفة الغربية لنهر النيل وعلي بعد 12 كيلومتر من مدينة أسوان القائمة على خط طول (51 °32) شرقاً وخط عرض (12 °24) شمالاً[48]. وبذلك تقع مدينة أسوان الجديدة في نطاق المناطق الصحراوية الحارة، حيث تتصف بنفس الصفات المناخية لمدينة أسوان القائمة مثل ارتفاع درجة الحرارة صيفاً ودفئها شتاءً فتصل درجة الحرارة إلى أكثر من (40 درجة مئوية) في بعض أيام أشهر الصيف، كما أن صفاء الجو وانتظام سطوع الشمس ساعد علي اشتداد الحرارة خاصةً في فترة الظهيرة عندما تكون الشمس شبه عمودية علي المنطقة، أما في فصل الشتاء فتتصف مدينة أسوان الجديدة بشدة البرودة بصفة عامة إلا أن انتظام سطوع الشمس يعمل على إكسابها نوعاً من الدفء المؤقت أثناء النهار، حيث يصل متوسط درجة الحرارة العظمي (23,8 درجة مئوية) في شهر يناير بينما يصل متوسط درجة الحرارة الصغرى إلي (8 درجات مئوية) في شهر يناير، وبذلك يبلغ متوسط المدي الحراري بين الليل والنهار حوالى (15,8 درجة مئوية)[49]. ويوضح شكل رقم (5) موقع مبني إدارة المرور بمدينة أسوان الجديدة.



شكل رقم (5): خريطة توضح موقع مبني إدارة المرور بمدينة أسوان الجديدة[48].

2.5. وصف نموذج الدراسة

تم تخصيص غرف فحص السيارات الملحقة بمبني إدارة المرور بمدينة أسوان الجديدة للفنيين وعناصر الشرطة المكلفين بفحص السيارات والتصريح لها بالترخيص، وهي عبارة عن (12) غرفة مفردة وموزعة بالموقع العام لمبني إدارة المرور، هذه الغرف متشابهة تماماً وبمسطح 10.5م^2 وارتفاع 3.2م، وتحتوي الغرفة الواحدة على باب وشباك بمسطح 4م^2، بينما يبلغ مسطح الحوائط حوالي 37.6 م^2. وقد تم تشييد سقف الغرفة من الخرسانة المسلحة المحمولة على الأعمدة الخرسانية، والزجاج المستخدم بالشباك عبارة عن زجاج فردي سمك 3مم، بينما تم تشييد الحوائط من خلال عمل هيكل معدني مغطي بألواح جبسية مضادة للرطوبة والحريق من الداخل سمك 12.5 مم وألواح أسمنتية من نوع (Aqua Panel) سمك 12.5 مم للخارج كما يظهر بشكل رقم (6)، (7). ويصل سمك كل من الحائط وبلاطة السقف الي 10سم، وتبلغ قيمة المقاومة الكلية لكلٍ من الحوائط والسقف في الحالة الأساسية 0.49، 0.48 م^2 كلفن/وات على التوالي. كما تعتمد هذه الغرف بشكل أساسي على أجهزة التبريد خلال فترة ساعات العمل التي تصل الي 7 ساعات يومية مما يعني زيادة استهلاك الطاقة لأغراض التبريد.

شكل رقم (6): مسقط أفقي لإحدى غرف الفحص مع بيان طريقة تثبيت الألواح الأسمنتية والجبسية بالحائط.

شكل رقم (7): لقطة منظورية للغرفة تحت الانشاء. المصدر: [الباحث]

ويوضح جدول رقم(3) الخصائص والبيانات المختلفة الخاصة بالحالة الدراسية والتي تم إدخالها لبرنامج المحاكاة.

جدول رقم (3): البيانات المستخدمة لنموذج الدراسة.

البند	النوع
النوع	غرف الفحص بمبني المرور
المساحة	10.5 م^2 لكل غرفة
ارتفاع الدور	3.2 م
الحوائط	هيكل معدني مغلف بألواح جبسية من الداخل وألواح أسمنتية من للخارج
السقف	خرسانة مسلحة
زجاج الشباك	زجاج فردي 3مم
عدد ساعات العمل	7 ساعات من (8صباحا حتي 3 عصرا)
الاشغال (فرد)	فردين لكل غرفة
HVAC	تكييف اسبليت

6. النتائج والمناقشة

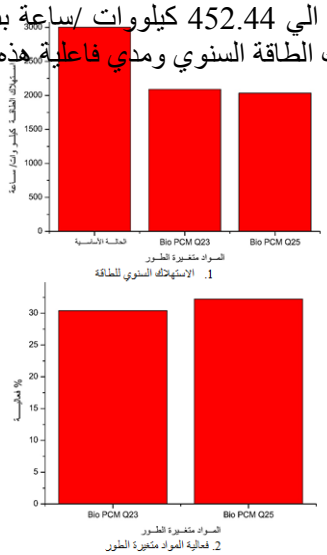
يقدم البحث ثلاث مقترحات لمعرفة مدي فعالية مادتي Bio PCM Q23 و Bio PCM Q25 عند دمجها بكل من الحوائط والسقف وأخيراً عند دمجها في كليهما مجتمعين، وتشير نتائج الحالة الأساسية الي ارتفاع متوسط استهلاك الطاقة السنوي لأغراض التبريد لتصل الي حوالي 3003.68 كيلووات/ ساعة، وتم استخراج النتائج الخاصة باستهلاك الطاقة لأغراض التبريد لمختلف حالات المحاكاة ومقارنتها بالحالة الأساسية التي لا تحوي أي استخدام لمواد متغيرة الطور. وقد جاءت النتائج الخاصة بكل مقترح علي النحو التالي:

1.6. المقترح الأول: دمج المواد متغيرة الطور بالحوائط الخارجية

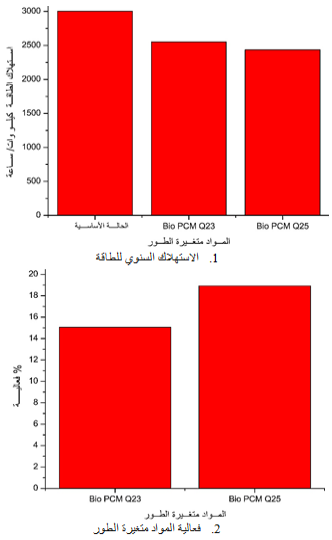
وفي هذا المقترح يتم دمج المواد متغيرة الطور بالحوائط الخارجية فقط دون عمل أي تعديلات على السقف، وقد أظهرت النتائج انخفاضاً كبيراً في استهلاك الطاقة السنوي لأغراض التبريد في حالة استخدام مادة Bio PCM Q25، حيث يصل مقدار الخفض الي 968.28 كيلووات /ساعة بنسبة فعالية تصل الي 32.24% مقارنةً بالحالة الأساسية. في حين ينخفض متوسط استهلاك الطاقة لأغراض التبريد في حالة استخدام مادة Bio PCM Q23 لتصل قيمة الخفض الي 913.12 كيلووات /ساعة بفعالية تصل الي 30.4%. ويوضح شكل رقم (8) النتائج الخاصة باستهلاك الطاقة السنوي ومدي فاعلية هذه المواد عند دمجها بالحوائط.

2.6. المقترح الثاني: دمج المواد متغيرة الطور بالسقف.

يتم دمج المواد متغيرة الطور بالسقف فقط دون عمل أي تعديلات على الحوائط الخارجية، وتشير النتائج الي انخفاض متوسط استهلاك الطاقة السنوي لأغراض التبريد بقيمة 568.68 كيلووات /ساعة في حالة استخدام مادة Bio PCM Q25، وبالتالي فان نسبة فعالية استخدام هذه المادة بالسقف تصل الي 18.93% مقارنةً بالحالة الأساسية. في حين ينخفض متوسط استهلاك الطاقة لأغراض التبريد في حالة استخدام مادة Bio PCM Q23 لتصل قيمة الخفض الي 452.44 كيلووات /ساعة بفعالية تصل الي 15.06%. ويوضح شكل رقم (9) النتائج الخاصة باستهلاك الطاقة السنوي ومدي فاعلية هذه المواد عند دمجها بالسقف.



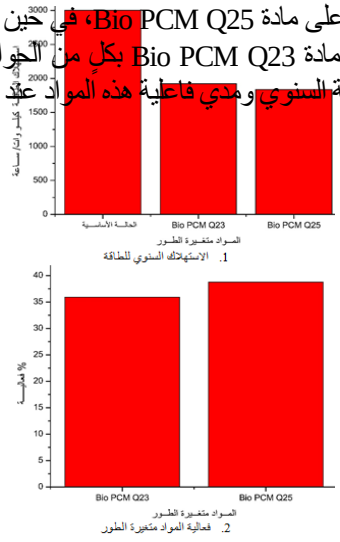
شكل رقم (8): دمج المواد متغيرة الطور بالحوائط



شكل رقم (9): دمج المواد متغيرة الطور بالسقف

3.6. المقترح الثالث: دمج المواد متغيرة الطور بالحوائط الخارجية والسقف

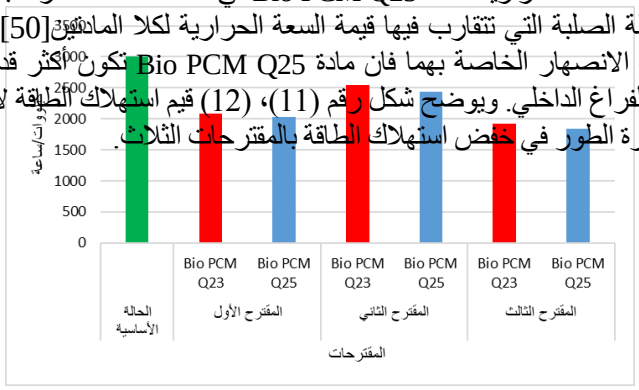
وفي هذا المقترح يتم دمج المواد متغيرة الطور بكلٍ من الحوائط الخارجية والسقف معاً، وتوضح النتائج أن نسبة فعالية هذه الحالة أعلي من المقترحين السابقين، حيث تصل نسبة الخفض في متوسط استهلاك الطاقة السنوي لأغراض التبريد الي 38.79% في حالة الاعتماد على مادة Bio PCM Q25، في حين تصل نسبة الخفض في متوسط استهلاك الطاقة الي 35.93% في حالة استخدام مادة Bio PCM Q23 بكلٍ من الحوائط الخارجية والسقف. ويشير شكل رقم (10) الي النتائج الخاصة باستهلاك الطاقة السنوي ومدي فاعلية هذه المواد عند دمجها بالحوائط والسقف معاً.

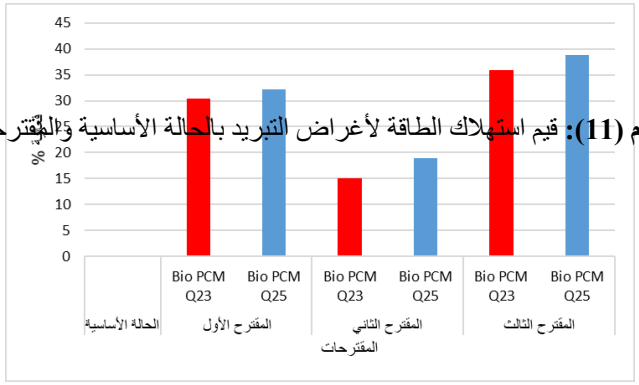


شكل رقم (10): دمج المواد متغيرة الطور بالحوائط والسقف.

7. الخلاصة

ينتهي البحث الي مدي قدرة مادتي Bio PCM Q23 و Bio PCM Q25 في خفض استهلاك الطاقة لأغراض التبريد بالبيئات الحارة عند دمجها بالحوائط والسقف كل علي حده (المقترح الأول والثاني) وكذلك عند دمجهما بهما مجتمعين (المقترح الثالث)، وبشكل عام فان دمج هاتين المادتين في الحوائط والسقف معاً أكثر فعالية من دمجهما بالسقف أو الحوائط منفردة، وعند المقارنة بين هاتين المادتين لوحظ زيادة كفاءة استهلاك الطاقة لأغراض التبريد في حال الاعتماد علي مادة Bio PCM Q25 وان كانت هذه الزيادة طفيفة للغاية. ويرجع ذلك الاختلاف في أداء المادتين الي ارتفاع قيمة السعة الحرارية لمادة Bio PCM Q25 في الحالة السائلة مقارنةً بمادة Bio PCM Q23، وذلك علي خلاف الحالة الصلبة التي تتقارب فيها قيمة السعة الحرارية لكلا المادتين[50]. وبالتالي فعند وصول كلا المادتين الي درجة الانصهار الخاصة بهما فان مادة Bio PCM Q25 تكون أكثر قدرة علي تخزين الطاقة الحرارية وعدم نفاذها للفراغ الداخلي. ويوضح شكل رقم (11)، (12) قيم استهلاك الطاقة لأغراض التبريد وكذلك نسب فعالية المواد متغيرة الطور في خفض استهلاك الطاقة بالمقترحات الثلاث.





شكل رقم (11): قيم استهلاك الطاقة لأغراض التبريد بالحالة الأساسية والمقترحات الثلاث.

شكل رقم (12): نسبة فعالية المقترحات الثلاث في كفاءة استهلاك الطاقة لأغراض التبريد.

وعند تحليل الأداء الحراري للغرفة في حال الاعتماد علي مادة Bio PCM Q25 ودون الاعتماد علي أجهزة التبريد لوحظ تحسن الأداء الحراري للغرفة بالمقترحات الثلاث. ولتحليل الأداء الحراري للغرفة تم الاعتماد علي مؤشر متوسط التصويت التنبؤي (PMV)، وهو مؤشر لتقييم الراحة الحرارية من خلال المعادلة التالية[51]:

$$PMV= 4+ (0.303 \exp(-0.036H)+ 0.0275). \{6.57 + 0.46H + 0.31Pa + 0.0017HPa + 0.0014HTa – 4.13 fcl (1 + 0.01dT)(Tcl – Tr) – hcfcl (Tcl – Ta)\}$$

حيث:

Tcl تعني درجة حرارة سطح الجسم المغطي بالملابس وتساوي

Tcl = 35.7- 0.0275H + 0.155 lclofcl (4.13(1 + 0.OldTemp) 1 + 0.155 lclofcl (4.13(1 + 0.OldTemp) thc

Hc = 2.4 (Tcl – Ta) 0.25 or 12.1 square root of v, dt = Tr-22

lcl = عزل الملابس

fcr = نسبة الجسم المغطى بالملابس/ غير المغطى

H = انتاج الحرارة الأيضي (w/m^2)

M = انتاج الطاقة الأيضية (للعمل الخارجي) (w/m^2)

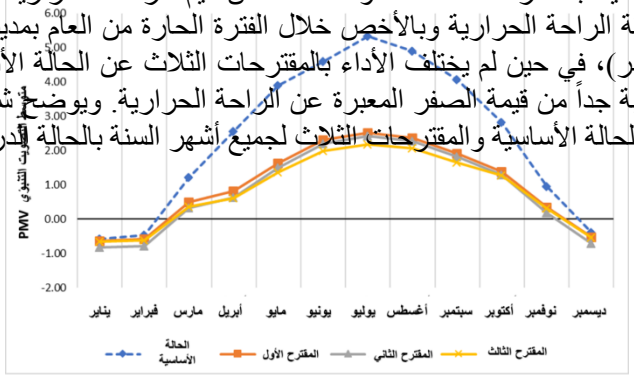
Ta = درجة حرارة الهواء (C°)

Tr = متوسط حرارة الاشعاع (C°)

V = سرعة الهواء (m/s)

Pa = ضغط الهواء(mb)

وناتج هذه المعادلة عبارة عن مؤشر تعبر فيه قيمة الصفر عن الراحة الحرارية بينما الانحراف عن هذه القيمة تعني الاجهاد الحراري المتفاوت سواء كانت القيمة موجبة أو سالبة[52]. ويقوم برنامج Design Builder بإمداد المستخدم بقيم الراحة الحرارية باستخدام مؤشر متوسط التصويت التنبؤي (PMV)، وبمقارنة الحالة الأساسية بالمقترحات الثلاث لوحظ انخفاض قيم الراحة الحرارية في جميع المقترحات لتقترب بشدة من منطقة الراحة الحرارية وبالأخص خلال الفترة الحارة من العام بمدينة أسوان الجديدة (من شهر أبريل حتى أكتوبر)، في حين لم يختلف الأداء بالمقترحات الثلاث عن الحالة الأساسية في باقي شهور السنة والتي كانت قريبة جداً من قيمة الصفر المعبرة عن الراحة الحرارية. ويوضح شكل رقم (13) متوسط قيم الراحة الحرارية بالحالة الأساسية والمقترحات الثلاث لجميع أشهر السنة بالحالة الدراسية.



شكل رقم (13): متوسط قيم الراحة الحرارية بالحالة الأساسية والمقترحات الثلاث للحالة الدراسية.

8. التوصيات

بعد استعراض النتائج السابقة يمكن القول بضرورة مراعاة النقاط التالية:

- دعم الأبحاث الخاصة بتطبيقات المواد متغيرة الطور في المباني وبالأخص تلك الأبحاث التي تتناول الدمج بين مواد العزل الحراري والمواد متغيرة الطور في أغلفة المباني لما لها من فعالية كبيرة في خفض الطلب على الطاقة لأغراض التبريد بالبيئات الحارة الجافة.
- توجيه المستثمرين نحو دعم صناعة وإنتاج تلك المواد متغيرة الطور وامداد السوق المحلي بالمنتجات المختلفة مثل الألواح واللفائف المدمجة بالمواد متغيرة الطور.
- ضرورة تبني الجهات الحكومية لحلول وتطبيقات التبريد السلبي بالمشروعات القومية كاستخدام مادتي Bio PCM Q23 و Bio PCM Q25 في أغلفة المباني.

- ضرورة المام طلبة وخريجي قسم العمارة بأهمية تلك المواد متغيرة الطور في خفض استهلاك الطاقة لأغراض التبريد وتحسين الظروف المناخية بالفراغات الداخلية.

المراجع

[1] M. Frigione, M. Lettieri, and A. Sarcinella, 'Phase Change Materials for Energy Efficiency in Buildings and Their Use in Mortars', *Materials (Basel).*, vol. 12, no. 8, p. 1260, Apr. 2019.
[2] S. B. Sadineni, S. Madala, and R. F. Boehm, 'Passive building energy savings: A review of building envelope components', *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*, vol. 15, no. 8, pp. 3617–3631, Oct. 2011.
[3] H. Akeiber *et al.*, 'A review on phase change material (PCM) for sustainable passive cooling in building envelopes', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 60, pp. 1470–1497, Jul. 2016.
[4] Y. Konuklu, M. Ostry, H. O. Paksoy, and P. Charvat, 'Review on using microencapsulated phase change materials (PCM) in building applications', *Energy and Buildings.*, vol. 106, pp. 134–155, Nov. 2015.
[5] 'DesignBuilder Software Ltd - Home'. [Online]. Available: https://designbuilder.co.uk/. [Accessed: 13-Aug-2019].
[6] 'Home - PCM - Phase Change Material'. [Online]. Available: https://www.pcm-ral.org/pcm/en/. [Accessed: 17-Jul-2019].
[7] A. de Gracia and L. F. Cabeza, 'Phase change materials and thermal energy storage for buildings', *Energy and Buildings.*, vol. 103, pp. 414–419, Sep. 2015.
[8] B. T. Office, 'Energy Savings Potential and Research, Development, & Demonstration Opportunities for Residential Building Heating, Ventilation, and Air Conditioning Systems', Technical Report, Navigant Consulting, Inc., Burlington, MA (United States), 2012.
[9] K. O. Lee, M. A. Medina, E. Raith, and X. Sun, 'Assessing the integration of a thin phase change material (PCM) layer in a residential building wall for heat transfer reduction and management', *Applied Energy*, vol. 137, pp. 699–706, Jan. 2015.
[10] P. C. Tabares-Velasco, C. Christensen, and M. Bianchi, 'Verification and validation of EnergyPlus phase change material model for opaque wall assemblies', *Building and Environment.*, vol. 54, pp. 186–196, Aug. 2012.
[11] X. Kong, C. Yao, P. Jie, Y. Liu, C. Qi, and X. Rong, 'Development and thermal performance of an expanded perlite-based phase change material wallboard for passive cooling in building', *Energy and Buildings.*, vol. 152, pp. 547–557, Oct. 2017.
[12] A. Mavrigiannaki and E. Ampatzi, 'Latent heat storage in building elements: A systematic review on properties and contextual performance factors', *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*, vol. 60, pp. 852–866, Jul. 2016.
[13] D. Zhou, C. Y. Zhao, and Y. Tian, 'Review on thermal energy storage with phase change materials (PCMs) in building applications', *Applied Energy*, vol. 92, pp. 593–605, Apr. 2012.
[14] N. Soares, J. J. Costa, A. R. Gaspar, and P. Santos, 'Review of passive PCM latent heat thermal energy storage systems towards buildings' energy efficiency', *Energy and Buildings.*, vol. 59, pp. 82–103, Apr. 2013.
[15] A. Waqas and Z. Ud Din, 'Phase change material (PCM) storage for free cooling of buildings—A review', *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*, vol. 18, pp. 607–625, Feb. 2013.
[16] P. Tatsidjodoung, N. Le Pierrès, and L. Luo, 'A review of potential materials for thermal energy storage in building applications', *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*, vol. 18, pp. 327–349, Feb. 2013.
[17] R. K. Sharma, P. Ganesan, V. V. Tyagi, H. S. C. Metselaar, and S. C. Sandaran, 'Developments in organic solid–liquid phase change materials and their applications in thermal energy storage', *Energy Conversion and Management.*, vol. 95, pp. 193–228, May 2015.
[18] M. A. Wahid, S. E. Hosseini, H. M. Hussen, H. J. Akeiber, S. N. Saud, and A. T. Mohammad, 'An overview of phase change materials for construction architecture thermal management in hot and dry climate region', *Applied Thermal Engineering.*, vol. 112, pp. 1240–1259, Feb. 2017.
[19] T. K. Aldoss, 'Maximizing the Usage of PCM Materials in Buildings', in *ASME 2011 5th*

International Conference on Energy Sustainability, Parts A, B, and C, 2011, pp. 7–11.
[20] S. N. J. Al-Saadi, 'Phase Change Materials for Autonomous Energy Storage in Buildings Study of thermal energy storage using phase change materials View project Building Energy Audit for Improving Energy Efficiency and Integrating Solar System in a Library Building View project', 2015.
[21] S. N. Al-Saadi and Z. (John) Zhai, 'A new validated TRNSYS module for simulating latent heat storage walls', *Energy and Buildings.*, vol. 109, pp. 274–290, Dec. 2015.
[22] R. Fikry, 'Application of phase change materials in residential buildings inner envelope', M.Sc thesis, Cairo University, 2016.
[23] S. Vazquez, S. M. Lukic, E. Galvan, L. G. Franquelo, and J. M. Carrasco, 'Energy Storage Systems for Transport and Grid Applications', *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 57, no. 12, pp. 3881–3895, Dec. 2010.
[24] K. Pielichowska and K. Pielichowski, 'Phase change materials for thermal energy storage', *Progress in Materials Science.*, vol. 65, pp. 67–123, Aug. 2014.
[25] Y. Sang, J. R. Zhao, J. Sun, B. Chen, and S. Liu, 'Experimental investigation and EnergyPlus-based model prediction of thermal behavior of building containing phase change material', *Journal of Building Engineering.*, vol. 12, pp. 259–266, Jul. 2017.
[26] S. A. Memon, 'Phase change materials integrated in building walls: A state of the art review', *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*, vol. 31, pp. 870–906, Mar. 2014.
[27] I. Rahmanian, 'Thermal and Mechanical Properties of Gypsum Boards and Their Influences on Fire Resistance of Gypsum Board Based Systems', *[Thesis]. Manchester, UK Univ. Manchester; 2011.*, Nov. 2011.
[28] Z. Wu, M. Qin, and M. Zhang, 'Phase change humidity control material and its impact on building energy consumption', *Energy and Buildings.*, vol. 174, pp. 254–261, Sep. 2018.
[29] 'Phase Change Energy Solutions: Leader in Efficient Building Materials'. [Online]. Available: https://phasechange.com/. [Accessed: 15-Aug-2019].
[30] 'Phase Change Material Data Sheets | PCM Product Details'. [Online]. Available: https://phasechange.com/technology/data-sheets/. [Accessed: 16-Aug-2019].
[31] R. D. Beltrán and J. Martínez-Gómez, 'Analysis of phase change materials (PCM) for building wallboards based on the effect of environment', *Journal of Building Engineering.*, vol. 24, p. 100726, Jul. 2019.
[32] A. Sarı, C. Alkan, and C. Bilgin, 'Micro/nano encapsulation of some paraffin eutectic mixtures with poly(methyl methacrylate) shell: Preparation, characterization and latent heat thermal energy storage properties', *Applied Energy.*, vol. 136, pp. 217–227, Dec. 2014.
[33] L. F. Cabeza, A. Castell, C. Barreneche, A. de Gracia, and A. I. Fernández, 'Materials used as PCM in thermal energy storage in buildings: A review', *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*, vol. 15, no. 3, pp. 1675–1695, Apr. 2011.
[34] P. B. Salunkhe and J. K. D., 'Investigations on latent heat storage materials for solar water and space heating applications', *Journal of Energy Storage.*, vol. 12, pp. 243–260, Aug. 2017.
[35] M. A. Nessim and S. A. Elariane, 'Review on Phase Change Materials and Its Applications in Buildings: Case Study of Egypt', *SSRN Electron. J.*, Nov. 2017.
[36] J. Kosny, E. Kossecka, A. Brzezinski, A. Tleoubaev, and D. Yarbrough, 'Dynamic thermal performance analysis of fiber insulations containing bio-based phase change materials (PCMs)', *Energy and Buildings.*, vol. 52, pp. 122–131, Sep. 2012.
[37] MennatAllah. Hassan. Youssef, 'The Impact of Integrating Phase Change Material upon Indoor Air Temperature in Hot Climates', M.Sc thesis, Faculty of Engineering, Cairo University, 2015.
[38] رامي جورج .محمد ياسين, 'تأثير استخدام المواد متغيرة الطور في الجدران والسقف في الأحمال الحرارية ودرجة الحرارة الداخلية في الأبنية', *مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية*. 2011, vol. 33, no. 3, pp. 113–124,
[39] مها أحمد. سهيل حنا, 'استخدام المواد متغيرة الطور لتخفيض احتياجات الطاقة في الأبنية السكنية', *مجلة جامعة البعث*. 2017, vol. 39, no. 10, pp. 129–156,
[40] M. B. Al-Hadithi, 'Use of Phase Change Material in Residential Walls to Reduce Cooling Load', *Anbar J. Eng. Sci. AJES-2011*, vol. 4, no. 1.
[41] هاشم المحفوض, 'التحليل الحراري للجدران الحاوية علي المواد متغيرة الطور لاستخدامها في ترشيد

استهلاك الطاقة في هياكل الأبنية', *مجلة جامعة البعث*, 2016. , vol. 38, no. 8, pp. 113–141,

[42] C. N.-M. David Beltrán, Isabel Miño-Rodríguez, Andrea Lobato, Andrés Gallardo, 'Thermal comfort performance within heritage buildings subject to a change of use', in *Proceedings of the Mediterranean Green Building and Renewable Energy Forum 2015*, 2015, pp. 1–6.

[43] R. Baetens, B. P. Jelle, and A. Gustavsen, 'Phase change materials for building applications: A state-of-the-art review', *Energy and Buildings.*, vol. 42, no. 9, pp. 1361–1368, Sep. 2010.

[44] J. Lei, J. Yang, and E.-H. Yang, 'Energy performance of building envelopes integrated with phase change materials for cooling load reduction in tropical Singapore', *Applied Energy*, vol. 162, pp. 207–217, Jan. 2016.

[45] U. Berardi and M. Manca, 'The Energy Saving and Indoor Comfort Improvements with Latent Thermal Energy Storage in Building Retrofits in Canada', *Energy Procedia*, vol. 111, pp. 462–471, Mar. 2017.

[46] D. Beltran, J. Gómez Martínez, and A. Lobato Cordero, 'Effect of Environment on the Selection of Phase Change Materials for Building Wallboards Using Multi-criteria Decision Methods and Building Energy Simulations', 2017.

[47] 'Phase Change Material Data Sheets | PCM Product Details'. [Online]. Available: https://phasechange.com/technology/data-sheets/. [Accessed: 21-Jul-2019].

[48] 'الصفحة الرئيسية - أسوان الجديدة'. [Online]. Available: http://www.newcities.gov.eg/know_cities/Aswan/default.aspx. [Accessed: 17-Aug-2019].

[49] الهيئة العامة للتخطيط العمراني, *المخطط الاستراتيجي العام لمدينة أسوان*. 2012 .

[50] D. Beltran, J. Martínez-Gómez, and A. Lobato-Cordero, 'Effect of environment on the selection of phase change materials for building wallboards using multi-criteria decision methods and Building Energy Simulations'.

[51] ASHRAE, 'Comfort. In: Handbook of Fundamentals.', Atlanta:8.1-8.29, 2001.

[52] سميرة صالح الشاوش, 'تحسين الأداء المناخي للفراغات العمرانية السكنية بمدينة صنعاء', رسالة دكتوراه، جامعة أسيوط, كلية الهندسة، قسم الهندسة المعمارية 2011.

THE IMPACT OF PHASE CHANGE MATERIALS ON THE BUILDINGS ENEGY EFFICIENCY IN THE HOT DESERT AREAS THE ANNEXED ROOMS OF THE TRAFFIC BUILDING IN NEW ASWAN CITY AS A CASE STUDY

ABSTRACT

Energy crisis considered one of the most important challenges in the coming years due to future climate change and its negative effects as high values of air temperature and increasing energy demand for cooling purposes. In Egypt, the energy demand for cooling has been increased due to the increase in air temperature all over the republic. So, it became a very important issue to find a passive climatic solution. Phase Changing Materials (PCMs) considered as the best solution to decrease energy demand for cooling. Most international companies are currently competing in supporting the production of panels and rolls which depend on the integration with PCMs. This study depends on Design Builder software to evaluate the effect of Bio PCM Q23 and Bio PCM Q25 on energy consumption reduction. It was found that Bio PCM Q23 reduces the energy demand for cooling with an acceptable effectiveness percentage between 15.06% and 35.93% when combined with the building envelope, while the effectiveness of Bio PCM Q25 is between 18.93% to 97.93% when combined with the same building envelope.

Keywords: Phase Change Materials, Energy efficiency, Building envelope, Design Builder.