أثر استخدام وحدات البناء من التربة المثبتة المضغوطة علي الراحة الحرارية داخل الفراغات المعمارية

Effect of Using Compressed Stabilized Earth Blocks on the Thermal comfort in Architectural Spaces

أ.د/ أسامة أحمد إبراهيم مسعود

أستاذ العمارة – كلية الهندسة - جامعة السويس

أ.د/ دينا محمود صادق	**د/ محمد إبراهيم محمد عبد الهادى**	**م.م/ أيمن سيد محمد احمد**
أستاذ الهندسة المدنية- المركز القومي للبحوث والإسكان والبناء-القاهرة	مدرس بكلية التعليم الصناعي- جامعة السويس	مدرس مساعد بكلية التعليم الصناعي- جامعة بني سويف

E-mail: aymansaid15@yahoo.com

Abstract:

The problem of high building materials prices, which result in the rise in residential unit prices, has recently emerged. On the other hand, using traditional building systems, such as concrete and different types of bricks, consumes a great deal of energy during manufacturing or operating the facility. Accordingly, many researches have been carried out recently to find alternatives traditional building systems and materials such as Compressed Stabilized Earth Blocks, which relies on using available natural soil compressed at high pressure, thereby benefit from natural resources situated in each area and produce building blocks that reflect the natural environment. This research aims to evaluate the effect of Compressed Stabilized Earth Blocks as alternative walls for walls made from traditional blocks (such as Perforated Clay Bricks, Solid Clay Bricks, Perforated Cement Brick and Solid Cement Bricks) on thermal comfort in architectural spaces through using (Design builder) for defining energy consumption in order to control the temperature during Summer. Two types of natural soils were used (Sandy soil and Silty soil) and a partial replacement was made to the used soil types by utilizing some materials Aswan clay and clay soil in order to improve soil performance then adding 8% cement of the total weight for stabilizing the mix. Building blocks were made of best 8 mixes in order to achieve the requirements of Egyptian Code for

building by Stabilized Earth Blocks. This study is conducted on a residential sample (Social Housing sample composed of two residential units with a total area of 90 m2 for each) for comparison between building blocks made from stabilized soil and other blocks made from local brick units. Experimental results and computer simulation technology have shown that the usage of building blocks, made from stabilized soil with 8% cement, helps to reduce energy consumption in order to achieve thermal comfort ranging from 5% to 25%, compared with other brick types. It also helps to reduce resources and energy consumption used in manufacturing and to decrease negative environmental impacts resulting from other building materials. Research recommendations refer to the necessity of using soil in producing building blocks in new projects under design for choosing best usage of soil and stabilize it in order to benefit from natural materials, rationalize electric power consumption and control temperature in buildings in general and residential buildings in particular.

Keywords: Sandy soil, Silty soil, Limestone, Aswan clay, Compressed stabilized Earth Blocks, Stabilization, Energy conservation, Thermal comfort.

1- الملخص:-

ظهرت في الآونة الأخيرة مشكلة ارتفاع اسعار مواد البناء وما يترتب عليه من ارتفاع اسعار الوحدات السكنية ومن ناحية اخرى فأن استخدام انظمه البناء التقليدية مثل الخرسانة وانواع الطوب المختلفه تستهلك قدر كبير من الطاقة سواء اثناء التصنيع او خلال فترة تشغيل المنشأ وعليه فقد تم اجراء العديد من الابحاث مؤخرا لإيجاد بدائل لأنظمة ومواد البناء التقليدية ومنها البناء بالتربة المثبتة المضغوطة، والتى تعتمد على استخدام التربة الطبيعية المتوفرة وتثبيتها ومن ثم الاستفادة من الموارد الطبيعية الموجودة فى كل منطقة وأنتاج وحدات بنائية تعبر عن البيئة الطبيعية. يهدف هذا البحث الى تقييم استخدام وحدات البناء من التربة المثبتة المضغوطة كحوائط بديلة للحوائط من انواع الطوب التقليدية (الطوب الطفلي المفرغ- الطوب الطفلي المصمت- الطوب الاسمنتي المفرغ- الطوب الاسمنتي المصمت) على الراحة الحرارية داخل الفراغات المعمارية وذلك من خلال استخدام برنامج المحاكاه (Design builder) لتحديد معدل استهلاك الطاقة المستخدمة للتحكم فى درجات الحرارة فى الصيف. تم استخدام نوعين من التربة الطبيعية (تربة رمليه و تربة طمييه) و قد تم عمل احلال جزئى لانواع التربة المستخدمة باستخدام بعض المواد المتوفرة محليا مثل بودرة الحجر الجيرى و الطين الاسوانى و التربة الطينية و ذلك لتحسين اداء التربة و من ثم اضافة 8% اسمنت من الوزن الكلى لتثبيت الخليط. وقد تم انتاج وحدات بناء من افضل8 خلطات تحقق متطلبات الكود المصرى للبناء بالتربة المثبتة. وقد تم عمل هذه الدراسة علي نموذج سكني (نموذج الإسكان الاجتماعي المكون من وحدتين سكنية بمساحة الوحدة 90 م^2) للمقارنة بين وحدات البنائية المنتجة باستخدام التربة المثبته مع وحدات الطوب المحلية. ولقد أظهرت النتائج التجريبية والمحاكاة باستخدام الحاسب الالي أن استخدام وحدات البناء من التربة المثبتة بنسبة اسمنت 8% يعمل علي توفير أستهلاك الطاقة المستخدمة لتحقيق الراحة الحرارية بنسبة تتراوح من 5% الي 25% مقارنة بانواع الطوب الاخرى، بالاضافة الى تقليل استهلاك الموارد والطاقة المستخدمه فى التصنيع وتقليل الاثر البيئى السلبى الناتج من مواد البناء الاخرى. وتشير توصيات البحث إلى

ضرورة دراسة استخدام التربة لانتاج وحدات البناء في المشروعات الجديدة قيد التصميم لاختيار أفضل استخدام للتربة وتثبيتها بما يحقق الاستفادة من المواد الطبيعية وترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية للتحكم فى درجات الحرارة داخل المباني بشكل عام والمباني السكنية بشكل خاص.

الكلمات المفتاحية:- التربة الطينية، الطمية، الرملية، الحجر الجيري، الطين الاسواني، وحدات البناء من التربة المثبتة المضغوطة، ترشيد استهلاك الطاقة، الراحة الحرارية.

1- المقدمة:-

ان صناعة مواد البناء تستهلك قدر كبير من الطاقة و ينتج عنها ملوثات اثناء استخراجها وتجهيزها ونقلها. فقد وجد فى المملكة المتحدة ان متوسط الاستهلاك من الطاقة حوالي 50% المستخدمة فى إنتاج ونقل المواد البناء [1،2].. و تم قياس كمية انبعاثات الكربون لقياس الطاقة المستهلكة ومقارنتها لأنواع الطوب المستخدمة في صناعة وحدات البناء، نجد أن حوالي 22 كجم كربون/طن للتربة المثبتة المضغوطة، اما الطوب الاسمنتي المصمت حوالي 143 كجم كربون/طن، وأن الطوب الطفلى المحروق حوالي 280-375 كجم كربون/طن، وكذلك أن البلوكات الاسمنتية المفرغه حوالي 20كجم كربون/طن [3].. وعليه فقد ظهر نظام البناء بالتربة المثبتة المضغوطة الذى يعتمد على استخدام خليط من التربة الطبيعية ومادة التثبيت و كمية من الماء للأستفادة من التربة الطبيعية وتقليل استهلاك المواد ذات التاثير السلبى على البيئة. ويتم انتاج وحدات البناء بالضغط أو الكبس باستخدام مكبس يتم تشغيله يدوياً أو أليا. ويتم البناء بهذه الوحدات البنائية باستخدام مونة بناء من نفس خليط التربة ومادة التثبيت والماء. وهناك العديد من الأمثلة على المشاريع التي استخدمت فيها نظام البناء بالتربة المثبتة المضغوطة ففي المملكة العربية السعودية تم تنفيذ (مسجد في الرياض المملكة العربية السعودية) حيث استخدم 8% اسمنت لتثبيت التربة [4،5].. وفي الهند تم استخدام هذا الأسلوب في بناء 2698 منزلاً في 39 قرية، وكذلك في ايران استخدم هذا النظام لإعادة تاهيل المناطق المتضرره من زلزال 2003 [3]. ان توفير الظروف الحرارية الأمنة والمريحة للإنسان داخل المباني يعتبر من اهم أهداف عملية التصميم المعماري والعمراني، ومع وجود أزمة عالمية في الطاقة التقليدية ظهرت الحاجة الى ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة لتحقيق الراحة الحرارية داخل المباني. وبالتالى فان الاستخدام الامثل للمواد لتحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغات المعمارية تعتبر متطلب أساسى من متطلبات المباني السكنية وخاصة فى المناطق شديدة الحرارة [7]. بحيث يتم اختيار أنواع المواد التي تساعد فى تحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغات المعمارية وبالتالى ترشيد استهلاك الطاقة المُسْتَهْلَكَة في أعمال التبريد أو التدفئة [8]. وبالتالى ظهرت الحاجة الى استبدال مواد البناء التقليدية ذات الموصلية الحرارية العالية مثل (الطوب الطفلي المصمت، والطوب الاسمنتي والخرسانة المسلحة) بمواد اخرى صديقة للبيئة مثل البناء بالتربة المثبته وذلك لتحقيق الاستدامة وخاصة في المناطق الصحراوية وذلك لتوافر التربة الطبيعية وبالتالي تقليل استهلاك الموارد مما يجعلها أكثر اقتصادية بالإضافة إلى ترشيد استهلاك الطاقة المستخدمه اثناء الانتاج.

2-1- مشكلة البحث: ظهرت في الآونة الأخيرة مشكلة عالمية بوجه عام ومحلية بوجه خاص والتي تتعلق بارتفاع اسعار مواد البناء ونقص الطاقة والمياة ونضوب بعض الموارد الطبيعية، وزيادة معدل استهلاك الطاقة فى عملية التصنيع والنقل وكذلك اثناء فترة تشغيل المنشا. والتأثير السلبي لمواد البناء التقليدية علي البيئة مثل الخرسانة و الطوب و من ثم الحاجة إلى إيجاد بدائل لتلك المواد.

2-2- هدف البحث: دراسة جدوي استخدام وحدات البناء من التربة المثبتة المضغوطة من حيث مدى توفيرها للراحة الحرارية داخل الفراغات المعمارية.

2-3- أهمية البحث: ترجع أهمية البحث إلى تحديد افضل الخلطات التى تحقق افضل راحة حرارية داخل الفراغات المعمارية وتحديد نسبة الوفر فى الطاقة الكهربية المستخدمة مما له من تاثير ايجابى على البيئة.

2-4- منهجية البحث: يعتمد البحث على المنهج التحليلي للبيانات والمعلومات التي يتم التوصل إليها من خلال الدراسة النظرية والعملية.

3- ترشيد استهلاك الطاقة داخل المباني السكنية:

3-1 العوامل المؤثرة على ترشيد استهلاك الطاقة داخل المباني السكنية:

3-1-1 الأقاليم المناخية:

بشكل عام فان المناخ في مصر بشكل عام هو مناخ صحراوي، حار جاف صيفاً، معتدل ممطر شتاءاً. حيث يتضح من خلال الرجوع إلى التقسيم المناخي للعالم أن مصر تقع في الإقليم الحار الجاف [9].

3-1-2 العوامل المناخية:

تعتبر العوامل المناخية هي من أهم العوامل الاساسية المؤثرة على الراحة الحرارية للإنسان سواءاً كان داخل أو خارج المبني السكني، ومن أهم تلك العوامل:-

1- درجة حرارة الهواء حيث انها مؤشر علي كمية الطاقة الحرارية التي يخزنها أي جسم.

2- الإشعاع الشمسي ويشمل:-

أ- تأثير مدة سطوع الشمس.

ب- تأثير شدة أشعة الشمس.

ت- تأثير زاوية سقوط الشمس.

3- **الرطوبة النسبية** هي تستخدم لتقدير كتلة بخار الماء الموجودة في كتلة معينة من المزيج الغازي أو الهواء بالنسبة إلى كتلة بخار الماء اللازم لتشبع كتلة الهواء نفسها وعند درجة الحرارة نفسها.

4- **الرياح (حركة الهواء)** حركة أو انتقال الكتل الهوائية في الاتجاه الأفقي، وتتحرك الرياح نتيجة فروق الضغط الجوي، فالرياح تتحرك حركة تسارعية من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض.و يحدث انحراف في حركة الرياح نتيجة دوران الكوكب. كما يوضح جدول (1) العوامل المؤثرة علي الراحة الحرارية داخل المباني السكنية.

جدول (رقم 1) العوامل المؤثرة علي الراحة الحرارية داخل المباني السكنية [10]

العوامل المناخية المؤثرة على الراحة الحرارية	حدود الراحة الحرارية
• درجة حرارة الهواء (درجة مئوية ^{5}C)	21,8 : 30 س^{5} (درجة مئوية)
• الرطوبة النسبية (RH) %	20 : 50 %
• سرعة الهواء (V_a) م/ث	0,5 : 1,5 م/ث

3-1-3 العوامل الإنشائية:

تؤثر العوامل الإنشائية تأثيرًا مباشرًا على الراحة الحرارية داخل المباني السكنية. ومن اهم النظم الانشائية النظام الانشائي الهيكلي ونظام الحوائط الحاملة ونظام الهيكل الحديدي (14) كما هو موضح فى الشكل رقم (1). وتؤثر مواد البناء المستخدمة في الأنشاء تأثيراً كبيراً على الراحة الحرارية داخل المباني السكنية. حيث يمكن تصنيف مواد البناء المستخدمة في الإنشاء إلى (مواد بناء طبيعية - مواد بناء معالجة - مواد البناء المصنعة) [11]. ويعتبر استخدام مواد البناء التي تعمل علي تخفيض استهلاك الطاقة الحرارية من اهم العوامل الانشائية المؤثرة على ترشيد استهلاك الطاقة داخل المبانى، و يتم ذلك من خلال استخدام مواد من البيئة المحيطة مثل التربة المستخرجه من الأرض التي تعمل علي خفض درجة حرارة داخل المبنى وزيادة الوفر في الطاقة الكهربية المطلوبه لتحقيق الراحة الحرارية فى المباني.

شكل رقم (1) النظم الانشائية

4-1-3 نسبة الإشغال ونوع النشاط الداخلي والملابس:

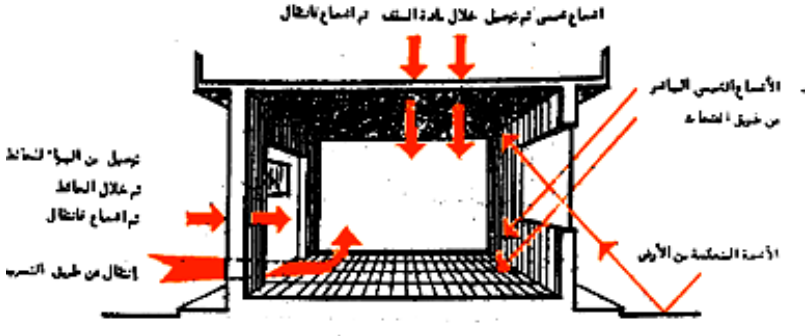
تعد نسبة الإشغال داخل الفراغ المعماري من العوامل المؤثرة على استهلاك الطاقة والراحة الحرارية الداخلية، وهذا لأن جسم الإنسان يقوم بإنتاج طاقة حرارية من خلال عملية التمثيل الغذائي وتتم هذه العملية لإمداد الإنسان بالطاقة اللازمة للقيام بالعمليات الحيوية، وكمية الطاقة الحرارية المتولدة من جسم الإنسان تعتمد علي نوع النشاط الذي يقوم به الشخص داخل الفراغات المعمارية [12].

5-1-3 الحرارة المنبعثة من الأجهزة المنزلية الداخلية:

يجب اختيار الأجهزة المنزلية قليلة الانبعاث الحراري وذات الكفاءة العالية فى ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية، مع مراعاة استخدام نظم الإضاءة الصناعية التي تتميز بنسبة إشعاع حراري منخفض لتقليل الأحمال الحرارية الداخلية [13].

6-1-3 طرق الانتقال الحراري بين البيئة الخارجية والوسط الداخلي للمباني السكنية:

يوضح الشكل (2) طرق الانتقال الحراري بين البيئة الخارجية والوسط الداخل (التوصيل الحرارى – الحمل الحرارى – الاشعاع الحرارى – البخر و التكثيف)، مما يؤثر على تحقيق الراحة الحرارية الداخلية [14].



شكل رقم (2) الانتقال الحراري بين البيئة الخارجية والوسط الداخلي[15].

3-1-7 تأثير ظاهرة التغير المناخي والاحتباس الحراري:

ان التغيرات المناخية الناتجة عن الانبعاثات المسببة للاحتباس الحراري مثل انبعاث غاز غاز ثاني أكسيد الكربون لها العديد من الاثار السلبية على العالم، ومن اهم الظواهر السلبية الناتجة عن التغيرات المناخية ارتفاع درجات الحرارة عن معدلاتها الطبيعية ومما ينتج عنها كوارث طبيعية مثل رفع حرارة الكوكب الى 1.2 درجة مئوية مقارنة بمستويات ما قبل الثورة الصناعية بسبب ثاني أكسيد الكربون الناتج من عملية الانتاج. وفي ضوء تلك المشكلة ظهرت الحاجة الملحة إلى إعادة تقييم كل المنشآت من الناحية البيئية، وخاصة المنشأت السكنية ودراسة امكانية استبدال تلك المنشآت الغير متوافقة مع البيئة بأخرى متوافقة معها بحيث يتحقق معها المعايير البيئيه لتقليل تفاقم الأزمة البيئية [16].

3-2 طرق تقييم الراحة الحرارية داخل المباني السكنية وترشيد إستهلاك الطاقة:

1. طرق التقييم البيومناخية.
2. طرق القياس المعملية.
   - أ- طريقة القياس المباشر لتقييم الأداء الحراري للمباني.
   - ب- طرق القياس لتقييم معدلات استهلاك الطاقة.
3. الطرق النظرية (الحسابية) الرياضية البسيطة لمحاكاة الغلاف الخارجي.
   - أ- حساب الانتقالية الحرارية للغلاف الخارجي.
   - ب- حساب الانتقالية الحرارية الكلية للمبني.
4. تقييم الأداء الحراري بواسطة برامج المحاكاة [15، 16].

4- منهجية الدراسة العملية:

4-1 البرنامج العملي:

في الجزء العملي تم انتاج وحدات بناء من التربة المثبتة المضغوطة ابعادها (250 × 120 ×90) مم، حيث تم استخدام نوعين من التربة الطبيعية من خلال تصنيف التربة والتدرج الحبيبى [6]. التربة الاولي هى تربة رمليه زلطيه والثانية هى تربة طمييه. وقد تم دراسة تاثير استبدال جزء من التربة الطبيعية ببعض المواد المتوفرة محليا فى البيئة المحيطة مثل بودرة الحجر الجيري، الطين الاسواني او التربة الطميية الطينية بحيث كانت نسبة الاستبدال 26% من من وزن التربة. كما تم تثبيت التربة بنسبة 8% الاسمنت من وزن التربة. تم عمل ثماني خلطات كما هو موضح فى الجدول (3). وقد تم إنتاج وحدات البناء من التربه بكبس الخلطات الموضحة فى جدول (3) بعد اضافة الماء و خلطه جيدا مع المواد الجافة باستخدام مكبس يتم تشغيله يدوياً كما موضح بالشكل (3). بعد انتاج الوحدات مباشرةً تم رصها كما هو موضح في شكل (4) وعمل المعالجة برش الماء بعد 24 ساعة من الكبس و لمدة 27 يوم. بعد انتهاء المعالجة تم إجراء اختبار الضغط (شكل رقم 5) واختبار الموصلية الحرارية ويوضح جدول (2) نتائج اختبار مقاومة الضغط والموصلية الحرارية.

شكل رقم (3) طريقة الكبس اليدوي

شكل رقم (4) رص وحدات البناء

شكل رقم (5) اختبار الضغط

جدول (رقم 2) نتائج مقاومة الضغط والموصلية الحرارية لوحدات البناء بالتربة المثبتة

أنواع التربة	رقم الخلطة	أنواع الخلطات	مقاومة الضغط كجم/سم^2	الموصلية الحرارية (وات/م.س^o)
			28 يوم	
تربة رملية زلطية (مجموعة 1)	1	100% تربة رملية زلطيه	57.31	1.069
	2	76% تربة رملية زلطيه + 24% الحجر الجيري	67.7	1.034
	3	76% تربة رملية زلطيه + 24% طين أسواني	78.5	0.946
	4	76% تربة رملية زلطيه + 24%طيني طمي	66.5	0.756
تربة طمية رملية (مجموعة 2)	5	100% تربة طميه رملية	55.9	0.848
	6	76% تربة طميه رملية + 24% الحجر الجيري	61.9	0.789
	7	76% تربة طميه رملية + 24% طين أسواني	74.8	0.723
	8	76% تربة طميه رملية + 24%طيني طمي	57.6	0.548

جدول (رقم3) نسب الخلطات لانتاج وحدات بناء من التربة المثبتة المضغوطة (كجم/م^3)

التربة	رقم الخلطة	الخلطة	الاسمنت	التربة		المواد المضافة			الماء
				تربة رملية زلطيه	تربة طمييه رملية	بودرة الحجر الجيري	الطين الاسواني	طمية طينية	
تربة رملية زلطية (مجموعة 1)	1	100% تربة رملية زلطيه	137.8	1585	—	—	—	—	229
	2	76% تربة رملية زلطيه + 24% الحجر الجيري	121	1030	—	362	—	—	253
	3	76% تربة رملية زلطيه + 24% طين أسواني	121	1030	—	—	362	—	253
	4	76% تربة رملية زلطيه + 24%طيني طمي	135	1147	—	—	—	403	224
تربة طمية رملية (مجموعة 2)	5	100% تربة طميه رملية	114	—	1308	—	—	—	237
	6	76% تربة طميه رملية + 24% الحجر الجيري	86	—	798	280	—	—	162
	7	76% تربة طميه رملية + 24% طين أسواني	86	—	800	—	208	—	162
	8	76% تربة طميه رملية + 24%طيني طمي	241	—	982	—	—	345	115

2-4 برنامج المحاكاة Design Builder (Version 2.2.5.004)

تم استخدام برنامج المُحاكاة Design Builder (Version2.2.5.004) في تقييم كفاءة وحدات البناء من التربة المثبته من حيث ترشيد استهلاك الطاقة المستخدمة لتحقيق الراحة الحرارية داخل المباني السكنية مقارنة بانواع الطوب المختلفة المتوفرة محليا، و ذلك من خلال حساب استهلاك المبني السكني للطاقة (ك.و.س) ومعرفة نسبة الوفر أو ترشيد استهلاك الطاقة في أحد نماذج مبانى الإسكان الاجتماعي. ثم يتم عرض نتائج المحاكاة ومقارنتها ببعضها البعض لكل نوع من أنواع الطوب المختلفة، بنتائج استهلاك الطاقة الكهربائية لتحقيق الراحة الحرارية داخل المباني.

- **مدخلات البرنامج**

1- رسم المبني السكنى: نموذج الإسكان الاجتماعي المكون من طابقين والمكون من وحدتين سكنية بمساحة الوحدة 90 م^2 الشكل (رقم 6) كما يوضح الشكل رقم (7) المنظور للمبني السكني على برنامج المحاكاة.

2- درجة الحرارة المطلوبه عند تشغيل اجهزة التكييف: ضبط درجة الحرارة التشغيل عند 24 º س.

3- الإنشاء :-

1-3 الحوائط:- تتكون الحوائط الخارجية وكذلك الداخلية من الطوب بأنواعه سمك 25 سم للمبني لاستخدامه في الحوائط الغير حاملة.

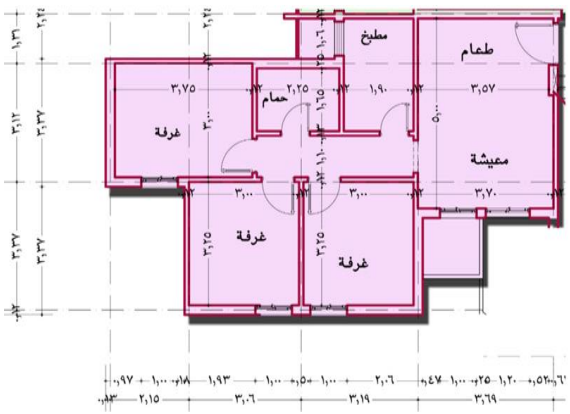
2-3 الأسقف:- السقف يسمك 14 سم وبدون عزل حراري (U-value= 3.559 w/m^2-k).

أ- المقاومة الحرارية للسطح الخارجي= 0,055م^2. س º /واط.

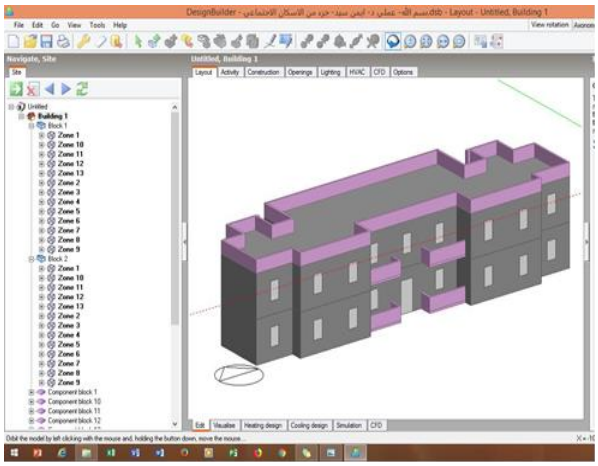
ب- المقاومة الحرارية للسطح الداخلي= 0,123م^2. س º /واط.

جـ- نسبة مساحة الفتحة من مساحة الواجهة 10% لجميع واجهات المبني السكني

4- البيانات المناخية :- تم استخدام ملف البيانات لمدينة اسوان.



شكل رقم (6) المسقط الافقي لوحده سكنية من نماذج الإسكان الاجتماعي.



شكل رقم (7) منظور للمبني السكني

5- نتائج الاختبارات المحاكاة:

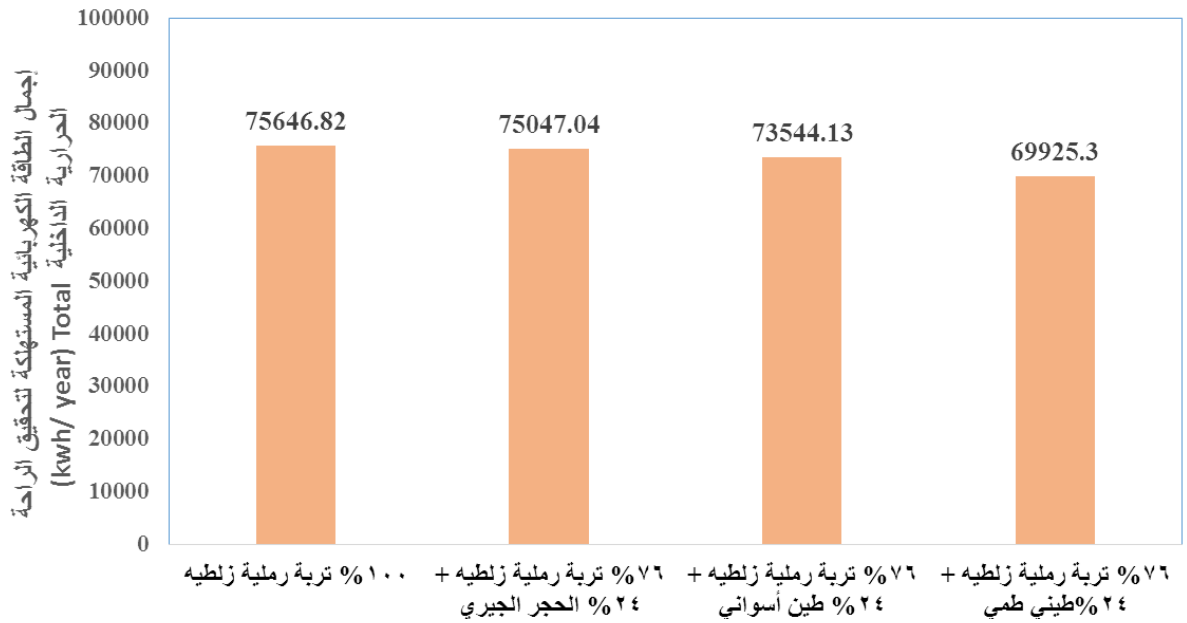
يتم فى هذا الجزء عرض نتائج برنامج المحاكاة من حيث تحديد اجمالي الطاقة الكهربائية المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية داخل مبنى الاسكان الاجتماعى لتحديد افضل خلطات من التربة المثبتة باقل نسبة طاقة مستهلكة، وكذلك تحديد نسبة الوفر فى الطاقة المستهلكة مقارنة بالطوب المحلي المتوفر في السوق المصري.

1-5 تأثير استخدام وحدات البناء من التربة المثبتة على الراحة الحرارية وترشيد استهلاك الطاقة داخل المباني السكنية:

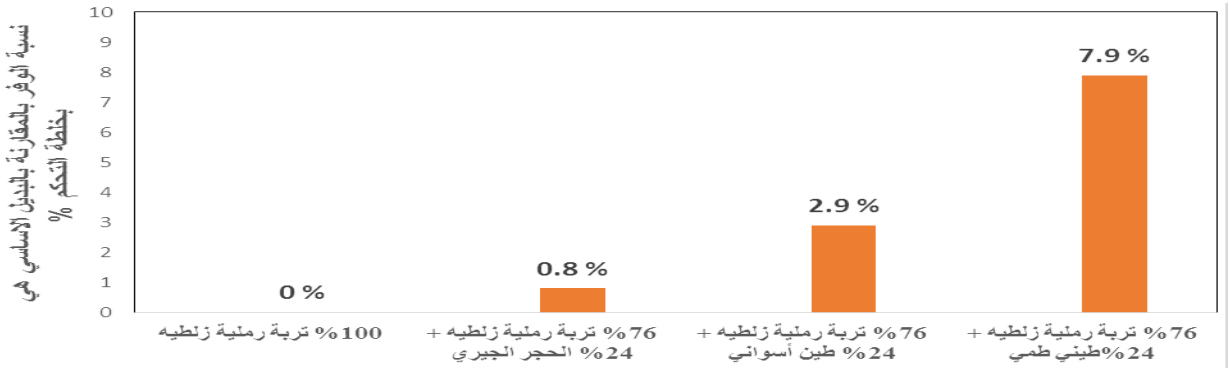
يتم فى هذا الجزء عرض نتائج تقييم الخلطات المختلفة من وحدات البناء من التربة المثبتة والمنتجة فى الدراسة، حيث يوضح جدول (5) نتائج المحاكاة للانواع الطوب (الموصلية الحرارية - الكثافة- الحرارة النوعية - معامل الانتقال الحراري للحائط - أجمالي الطاقة المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية).

5-1-1 المجموعة رقم (1): الخلطات المصنعه من التربة الرملية الزلطيه

يوضح الشكل (8) اجمالي الطاقة الكهربائية المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية لاسلوب البناء بالتربة المثبتة المضغوطة والمصنعه من التربة الرملية الزلطية، كما يوضح الشكل (9) نسبة الوفر فى الطاقة الكهربية المستهلكة للخلطات المختلفة مقارنة بخلطة التحكم (خلطة رقم 1) والتى تحتوى على التربة والاسمنت والماء فقط بدون اى اضافات اخرى. يتضح من الاشكال ان معدل الاستهلاك السنوى للطاقة الكهربية للنظام المعتمد على الحوائط من وحدات البناء من التربة المثبته والمصنعه من خلطة التحكم هو (75646.82) كيلو وات / السنة، بينما الخلطات المحتوية على مواد مضافة سواء بودرة الحجر الجيرى او الطين الاسوانى او التربة الطينية تحقق وفر فى استهلاك الطاقة مقارنة بخلطة التحكم، حيث تعطى الخلطة المحتوية على التربة الطينية (76% تربة رملية + 24% تربة طينية) اعلى نسبة وفر فى الطاقة الكهربية (7.9%) يليها الخلطة المحتوية على التربة الطين الاسوانى (76% تربة رملية + 24% طين اسوانى) (2.9% وفر) واخيرا الخلطة المحتوية على بودرة الحجر الجيرى (76% تربة رملية + 24% بودرة حجر جيرى) والتى تعطى اقل نسبة وفر فى الطاقة الكهربية (0.8%) مقارنة بخلطة التحكم (100% تربة رمليه). و من ثم فانه من المفضل استخدام خليط من التربة الطينية مع التربة الرمليه لتحقيق افضل نتائج من حيث الراحة الحرارية يليها الطين الاسوانى و اخيرا بودرة الحجر الجيرى عن استخدام التربة فقط بدون مواد مضافة خاصة ان المواد المضافة تعمل على تحسين مقاومة الضغط للوحدات المنتجه مما له تاثير على قوه تحمل الحوائط.



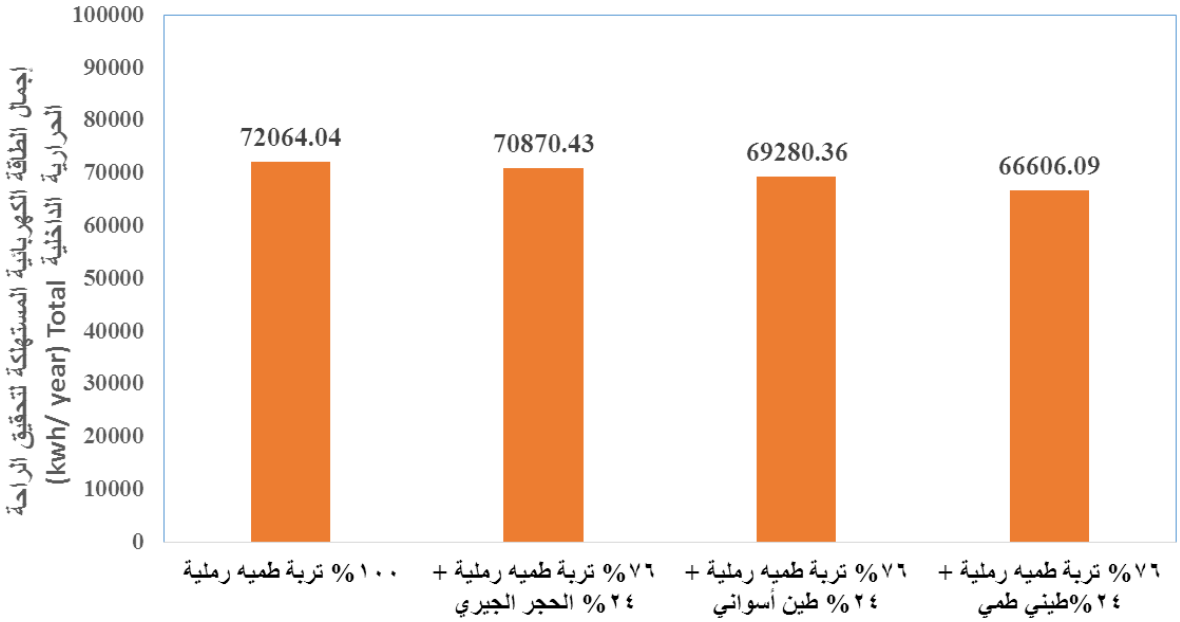
شكل رقم (8) أجمالي الطاقة الكهربائية المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية لإسلوب البناء بالتربة المثبتة المضغوطة المجموعة رقم (1)



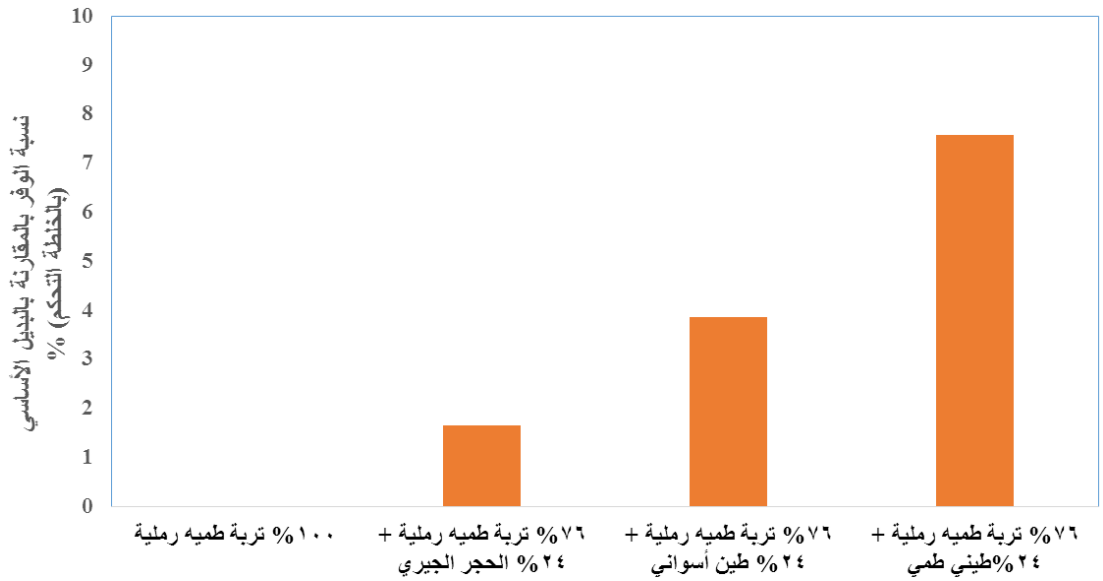
شكل رقم (9) نسبة الوفر الطاقة بالمقارنة بخلطة التحكم في المجموعة رقم (1) لأسلوب البناء بالتربة المثبتة المضغوطة.

2-1-5 المجموعة رقم (2) الخلطات المصنعه من التربة طمييه رملية

يوضح الشكل (10) اجمالي الطاقة الكهربائية المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية لاسلوب البناء بالتربة المثبتة المضغوطة والمصنعه من التربة طمييه رملية ، كما يوضح الشكل (11) نسبة الوفر فى الطاقة الكهربية المستهلكة للخلطات المختلفة مقارنة بخلطة التحكم (خلطة رقم 1) والتى تحتوى على التربة والاسمنت والماء فقط بدون اى اضافات اخرى. يتضح من الاشكال ان معدل الاستهلاك السنوى للطاقة الكهربية للنظام المعتمد على الحوائط من وحدات البناء من التربة المثبته والمصنعه من خلطة التحكم هو (72064.04) كيلو وات / السنة، بينما الخلطات المحتوية على مواد مضافة منها التربة الطينية تحقق وفر فى استهلاك الطاقة مقارنة بخلطة التحكم، حيث تعطى الخلطة المحتوية على التربة الطينية (76% تربة طمييه رملية + 24% تربة طينية طمييه) اعلى نسبة وفر فى الطاقة الكهربية (7.6%) بينما الخلطة المحتوية على التربة الطين الاسوانى (76% تربة رملية + 24% طين اسوانى) حيث تعطي اقب نسبة وفر في الطاقة الكهربية (3.9%) وكذلك الخلطة المحتوية على بودرة الحجر الجيرى (76% تربة رملية + 24% بودرة حجر جيرى) والتى تعطى اقل نسبة وفر فى الطاقة الكهربية (1.7%) مقارنة بخلطة التحكم (100% تربة طمييه رملية). و من ثم فانه من المفضل استخدام خليط من التربة الطينية مع التربة طمييه رملية لتحقيق افضل نتائج من حيث الراحة الحرارية عن استخدام التربة فقط بدون مواد مضافة خاصة ان المواد المضافة تعمل على تحسين مقاومة الضغط للوحدات المنتجه مما له تاثير على قوه تحمل الحوائط.



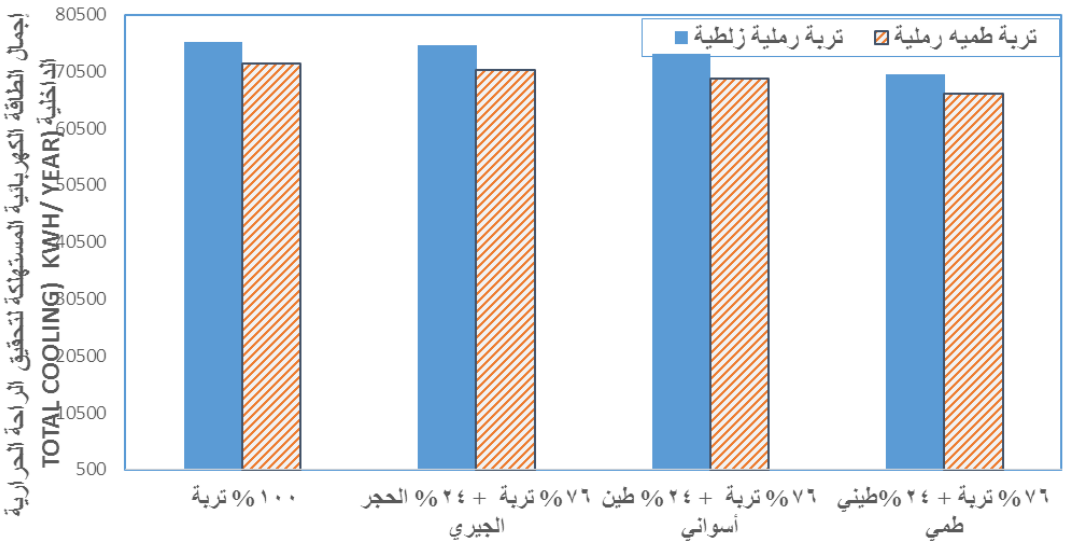
شكل رقم (10) أجمالي الطاقة الكهربائية المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية لأسلوب البناء بالتربة المثبتة المضغوطة مجموعه (2).



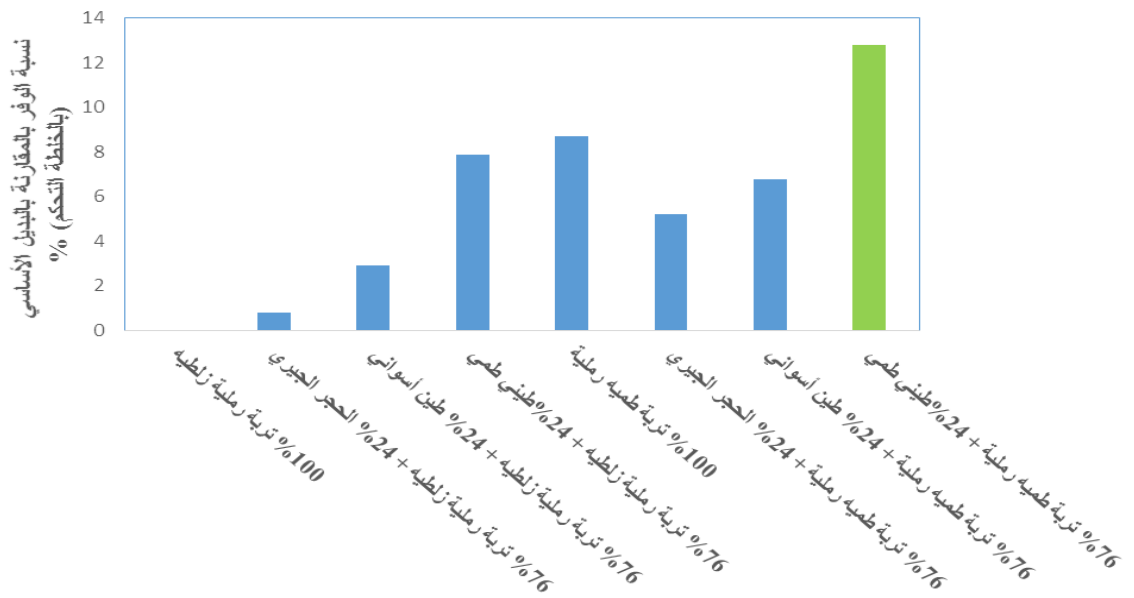
شكل رقم (11) نسبة الوفر الطاقة بالمقارنة بخلطة التحكم للمجموعة الخلطات رقم (2) لأسلوب البناء بالتربة المثبتة المضغوطة.

يوضح الشكل (12) تاثير نوع التربة على كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية، كما يوضح الشكل (13) نسبة الوفر فى الطاقة الكهربية المستهلكة للخلطات المختلفة مقارنة بالخلطة المحتويه على التربة الرملية والاسمنت والماء. يتضح من شكل (12) انه بصفة عامة استخدام التربة الطمييه الرملية تعمل على تقليل استهلاك الطاقة الكهربية لتحقيق الراحة الحرارية مقارنة بالترية الرملية الزلطية حيث تتروح نسبة

الوفر فى الطاقة الكهربية المستهلكة بين 8.7% و 12.8 % بناءا على نوع المادة المضافة. ومن ثم فانه فى المناطق شديدة الحرارة يفضل استخدام التربة الطمية الرملية عن التربة الرمليه الزلطية. كما يتضح ان الخلطة المحتوية على التربة الطميه الرملية مضافا اليها التربة الطينية تعطى اعلى نسبة وفر فى الطاقة الكهربية على الاطلاق يليها المحتوية على التربة الطميه الرملية مضافا اليها الطين الاسوانى بينما الخلطة المحتوية على التربة الرمليه فقط تعطى اعلى استهلاك للطاقة الكهربية، و عليه فانه من المفضل استخدام خليط من التربة مضافا عليه بعض المواد المتوفرة فى البيئة المحليه لتحسين مقاومة الوحدات و تقليل استهلاكها للطاقة الكهربية.



المضغوطة شكل رقم (12) أجمالي الطاقة الكهربائية المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية لأسلوب البناء بالتربة المثبتة



شكل رقم (13) نسبة الوفر فى الطاقة الكهربية المستهلكة للخلطات المختلفة مقارنة بالخلطة التحكم.

2-5 المقارنة بأنواع الطوب المحلي المستخدم في السوق المصري: -

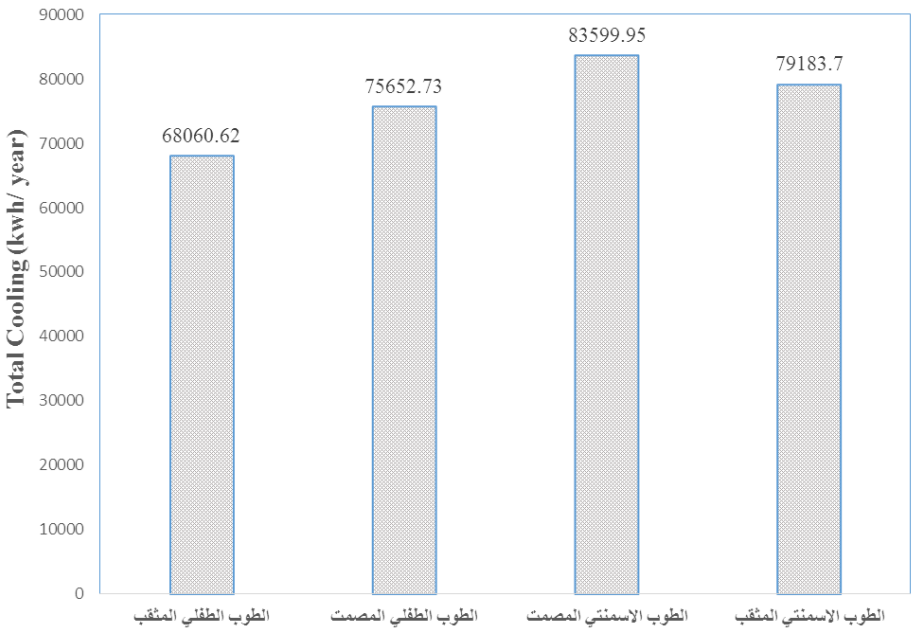
يتم تقييم أنواع الطوب المختلفة المستخدمة محلياً في الأسواق المصرية وعددهم اربع انواع مختلفة من الطوب، وفيما يلي يوضح الجدول (2) نتائج تقييم أداء أنواع الطوب في تحقيق الراحة الحرارية داخل المباني السكنية، وترشيد استهلاك الطاقة.

- يوجد أربعة أنواع من الطوب في السوق المحلي يتم المقارنة بهم هما: -

1ا-الطوب الطفلي المفرغ مقاسة (25*12*6)سم. 2-الطوب الطفلي المصمت مقاسة (25*12*6)سم.

3-الطوب الاسمنتي المفرغ مقاسة (40*20*12)سم 4-الطوب الاسمنتي المصمت مقاسة (25*12*6)سم.

يوضح الشكل (14) اجمالي الطاقة الكهربائية المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية لاسلوب البناء بالطوب الاسمنتي المثقب. كما يتضح من الاشكال ان معدل الاستهلاك السنوى للطاقة الكهربية للنظام المعتمد على الحوائط من وحدات البناء بالطوب الاسمنتي المثقب هو (68060.62) كيلو وات / السنة، ثم يتضح بالمقارنة التي تم أجرأها علي جميع الأنواع المختلفة من الطوب المحلي أن أفضل بديل حقق وفر في استهلاك الطاقة الكهربائية المستهلكة داخلياً هو الطوب الطفلي المفرغ بنسبة 22.14% بالمقارنة بالطوب الاسمنتي المفرغ.يبين الجدول(4) نتائج تقييم أداء استخدام انواع الطوب المحلي (الطوب الطفلي المثقب- الطوب الطفلي المصمت- الطوب الاسمنتي المثقب-الطوب الاسمنتي المصمت). وكذلك يبين الجدول (5) نتائج المحاكاة للخلطات المصنعة من التربة المثبتة المضغوطة.



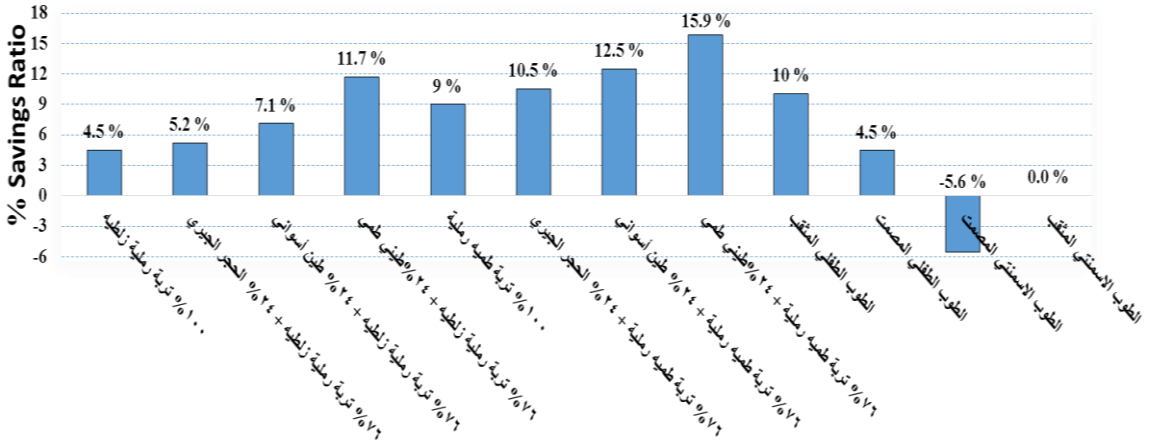
شكل رقم (14) أجمالي الطاقة الكهربائية المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية لأسلوب البناء بانواع الطوب المحليا

(جدول رقم 4) نتائج تقييم أداء استخدام الطوب المحلي

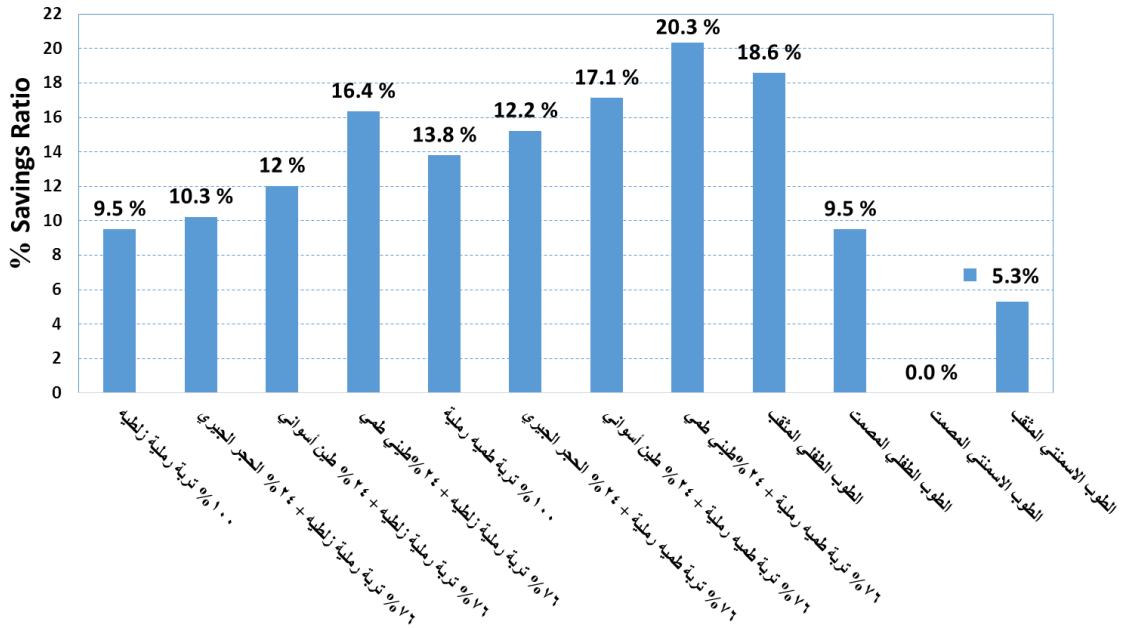
م	أنواع الطوب	الموصلية الحرارية (وات/م.س) [10]	الكثافة (كجم/م^3) [10]	الحرارة النوعية (جول/كجم.س) [10]	معامل الانتقال الحراري للحائط واط /م^2.كلفن	أجمالي الطاقة المستهلكة (كيلو وات ساعة/السنة)
1	الطوب الطفلي المثقب	0.6	1790	840	1.478	68060.62
2	الطوب الطفلي المصمت	1.00	1950	829	2.381	75652.73
3	الطوب الاسمنتي المصمت	1.60	1800	880	2.703	83599.95
4	الطوب الاسمنتي المفرغ	1.25	1140	880	2.402	79183.7

(جدول رقم 5) نتائج المحاكاة للخلطات المصنعة من التربة المثبتة المضغوطة

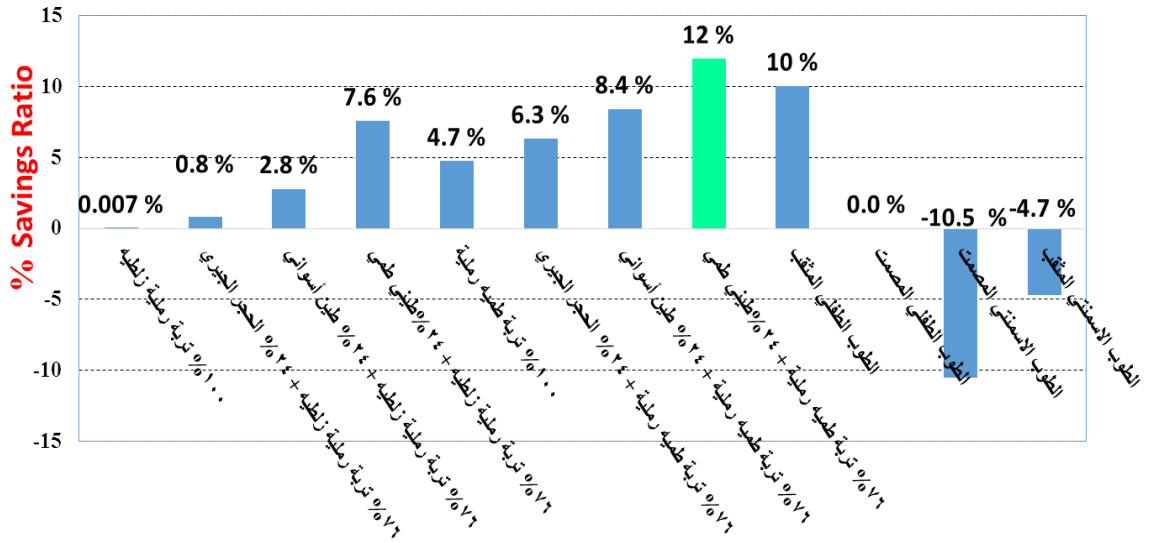
م	أنواع الطوب	الموصلية الحرارية (وات/م.س)	الكثافة (كجم/م^3)	الحرارة النوعية (جول/كجم.س)	معامل الانتقال الحراري للحائط (واط /م^2.كلفن)	أجمالي الطاقة المستهلكة (كيلو وات ساعة/السنة)
1	100% تربة رملية زلطيه	1.069	1892	835	2.476	75646.82
2	76% تربة رملية زلطيه + 24% الحجر الجيري	1.034	1930	833	2.428	75047.04
3	76% تربة رملية زلطيه + 24% طين أسواني	0.946	1933	830	2.303	73544.13
4	76% تربة رملية زلطيه + 24%طيني طمي	0.756	1844	828	1.994	69925.3
5	100% تربة طميه رملية	0.848	1723	829	1.939	72064.04
6	76% تربة طميه رملية + 24% الحجر الجيري	0.789	1715	827	2.151	70870.43
7	76% تربة طميه رملية + 24% طين أسواني	0.723	1756	826	2.054	69280.36
8	76% تربة طميه رملية + 24%طيني طمي	0.548	1629	825	2.160	66606.09



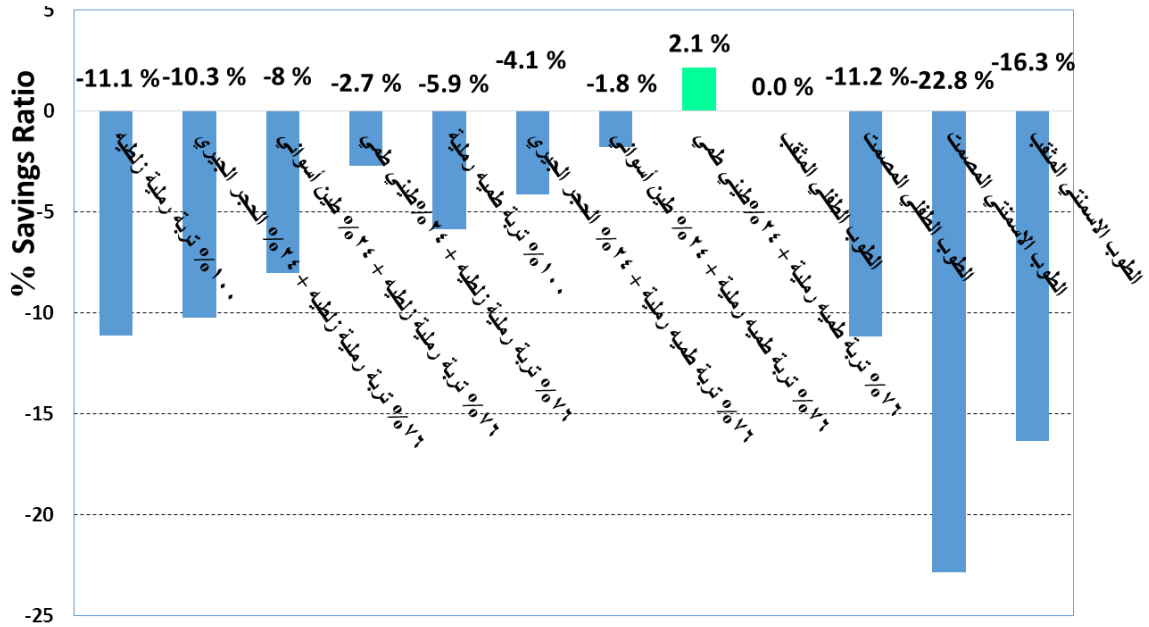
شكل رقم (15) نسبة وفر % الطاقة باستخدام وحدات البناء بالتربة المثبتة المضغوطة بالمقارنة بالبديل (الطوب االاسمنتي المثقب)



شكل رقم (16) نسبة الوفر % الطاقة باستخدام وحدات البناء بالتربة المثبتة المضغوطة بالمقارنة بالبديل (الطوب الأسمنتي المصمت)



شكل رقم (17) نسبة الوفر % الطاقة باستخدام وحدات البناء بالتربة المثبتة المضغوطة بالمقارنة بالبديل (الطوب الطفلي المصمت)



شكل رقم (18) نسبة الوفر % الطاقة باستخدام وحدات البناء بالتربة المثبتة المضغوطة بالمقارنة بالبديل (الطوب الطفلي المثقب)

يوضح الشكل (15) نسبة الوفر فى الطاقة الكهربية المستهلكة للخلطات المختلفة مقارنة بالطوب الاسمنتي المثقب. يتضح من شكل (15) انه بصفة عامة استخدام التربة الطمييه الرملية تعمل على تقليل استهلاك الطاقة الكهربية لتحقيق الراحة الحرارية مقارنة بالطوب الاسمنتي المثقب حيث تتراوح نسبة الوفر فى الطاقة الكهربية المستهلكة 20.3% بناءاً على نوع المادة المضافة. كما يوضح الشكل (16) نسبة الوفر فى الطاقة الكهربية المستهلكة للخلطات المختلفة مقارنة بالطوب الاسمنتي المصمت. يتضح من شكل (16) انه بصفة عامة استخدام التربة الطمييه الرملية تعمل على تقليل استهلاك الطاقة الكهربية لتحقيق الراحة الحرارية مقارنة

بالطوب الاسمنتي المصمت حيث تتروح نسبة الوفر فى الطاقة الكهربية المستهلكة 16.4% بناءاً على نوع المادة المضافة. وكذلك أيضاً يوضح الشكل (17) نسبة الوفر فى الطاقة الكهربية المستهلكة للخلطات المختلفة مقارنة بالطوب الطفلي المصمت. يتضح من شكل (17) انه بصفة عامة استخدام التربة الطمييه الرملية تعمل على تقليل استهلاك الطاقة الكهربية لتحقيق الراحة الحرارية مقارنة بالطوب الطفلي المصمت حيث تتروح نسبة الوفر فى الطاقة الكهربية المستهلكة 12% بناءاً على نوع المادة المضافة. وأيضاً يوضح الشكل (18) نسبة الوفر فى الطاقة الكهربية المستهلكة للخلطات المختلفة مقارنة بالطوب الطفلي المثقب. يتضح من شكل (18) انه بصفة عامة استخدام الطوب الطفلي المثقب يعمل على تقليل استهلاك الطاقة الكهربية لتحقيق الراحة الحرارية مقارنة بالطوب الطفلي المثقب حيث تتروح نسبة الوفر فى الطاقة الكهربية المستهلكة 2.1% بناءاً على نوع المادة المضافة. ومن ثم فانه فى المناطق شديدة الحرارة يفضل استخدام التربة الطمييه الرملية عن التربة الرمليه الزلطية. كما يتضح ان الخلطة المحتوية على التربة الطمييه الرملية مضافا اليها التربة الطينية تعطى اعلى نسبة وفر فى الطاقة الكهربية على الاطلاق يليها المحتوية على التربة الطمييه الرملية مضافا اليها الطين الاسوانى بينما الخلطة المحتوية على التربة الرمليه فقط تعطى اعلى استهلاك للطاقة الكهربية، و عليه فانه من المفضل استخدام خليط من التربة مضافا عليه بعض المواد المتوفرة فى البيئة المحليه لتحسين مقاومة الوحدات و تقليل استهلاكها للطاقة الكهربية.

6- الخلاصة والنتائج من خلال الدراسة النظرية وكذلك المحاكاة باستخدام برنامج Design Builder امكن الوصول للنتائج التالية:

1- استخدام وحدات البناء بالتربة المثبتة المضغوطة تحقق أفضل راحة حرارية داخل الفراغات المعمارية ونسبة وفر في الطاقة الكهربية المستهلكة وكذلك لها تأثير أيجابي علي البيئة.

2- الخلطات المصنعة من التربة الرملية الزلطية (مجموعة رقم 1) حيث تعطي الخلطة المحتوية (76%تربة رملية زلطية +24% تربة طينية) أعلي نسبة وفر في الطاقة الكهربية بمقدار (7.9%) مقارنة بخلطة التحكم الخلطة التي تحتوي علي التربة والاسمنت والماء فقط في نفس المجموعة.

3- في مجموعة الخلطات رقم (2) حيث استخدام وحدات البناء بالتربة المثبتة المضغوطة حيث تعطي الخلطة المحتوية (76%تربة رملية زلطية +24% تربة طينية) تحقق نسبة وفر في استهلاك الطاقة الكهربائية سنوياً بمقدار قدره 7.6% بالمقارنة بالخلطة التحكم الأساسية الخلطة التي تحتوي علي التربة والاسمنت والماء فقط في نفس المجموعة.

3-بصورة عامة، من نتائج المحاكاة المقارنة بالانواع المختلفة من الطوب نجد أن استخدام التربة الطمييه الرملية تعمل على تقليل استهلاك الطاقة الكهربية لتحقيق الراحة الحرارية مقارنة بالطوب الاسمنتي المثقب حيث تتروح نسبة الوفر فى الطاقة الكهربية المستهلكة 15.9% بناءاً على نوع المادة المضافة الخلطة.

7- المراجع:

1- Morel, J.C., Mesbah, a., Oggero, M., Walker, P., 2001. "Building houses with local materials: Means to drastically reduce the environmental impact of construction. Buil". Environ.36, 1119–1126. doi:10.1016/S0360-1323(00)00054-8.

2- Adalbert K. (1996); Energy demand during the life Cycle of a building. CIB symposium Energy Mass and Flow in the life Cycle of building, Vienna .

3- Maini, S. (2005). Earthen architecture for sustainable habitat and compressed stabilized earth block technology. Progrmmae of the city on heritage lecture on clay architecture and building techniques by compressed earth, High Commission of Ryadh City Development. The Auroville Earth Institute, Auroville Building Centre – INDIA.

4- GHOUMARI F. (1989), "Matériau en Terre Crue Compactée: Amélioration de sa Durabilité à l'Eau"; Thèse de Doctorat, INSA de Lyon.

5- HOUBEN H., GUILLAUD H., (CRATerre), Earth (1984),"Construction", Primer Brussels, CRATerre / PGC / CRA / UNCHS / AGCD.

6- Egyptian Standard Building Earth. 2016, pp. 395.

7- أحمد محمد صديق حسن،" دور خدمات المبنى في تحقيق الراحة الحرارية داخل المبانى السكنية - دراسة تطبيقية بمدينة السويس"، دكتوراه، قسم الإنشاءات المدنية والمعمارية، كلية التعليم الصناعي، جامعة السويس، 2018.

8- عبد الرحيم بن حسن الشهري، "تكنولوجيا البناء ودورها في تحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغات المعمارية"، ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، 2008.

9- خالد سليم فجال، "العمارة والبيئة في المناطق الصحراوية الحارة"، كتاب، دار الثقافة والنشر، 2001.

10- المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء، "الكود المصري لتصميم المسكن والمجموعة السكنية"، وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية،2009.

11- نهي عبد الوهاب محمد محمد مصطفي، "حماية البيئة وترشيد استهلاك الطاقة في المبنى من خلال اختيار مواد البناء"، ماجستير، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، 2013.

12- محمد حسن محمد فهمي، "جدلية تشكيل الغلاف الخارجي للمبنى من منظور الراحة الحرارية للفراغات المعمارية"، ماجستير، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، 2012.

13- محمود محمد محمود عبد الرازق، "تقييم كفاءة أداء الطاقة للمبانى الحكومية الإدارية في مصر (حالة القاهرة)"، ماجستير، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، 2011.

14 - هينار أبو المجد احمد خليفة، "تصميم الفراغات العمرانية لتحقيق الراحة الحرارية باستخدامات التقنيات الحديثة للتحكم المناخي"، ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، 2004.

15- خالد مسعد عبد السميع غريب، "الغلاف الخارجي للمنزل الذكي- نحو دليل عملي لتقييم مستوى ذكاء الغلاف الخارجي للمنزل الذكي"، ماجستير، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، 2011.

16- احمد عبد المنطلب محمد علي، "استخدام المحاكاة لتقييم وتحسين الأداء الحراري للمباني السكنية (دراسة حالة: مدينة أسيوط الجديدة)"، ماجستير، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة أسيوط، 2011.