

# تقييم الأداء الحراري لمواد البناء المحلية المستخدمة في جدران المباني السكنية علي الساحل الليبي

د. أيمن المقلطة  
المعهد العالي للعلوم والتقنية، قسم العمارة والمدني  
مصراته - ليبيا  
elmagalfta@gmail.com

أ. أسامة محمد ابوشينة  
المعهد العالي للعلوم والتقنية، قسم العمارة والمدني  
الخمس - ليبيا  
osamaabouchena@yahoo.com

أ. مفتاح محمد الربيعي  
المعهد العالي للعلوم والتقنية، قسم العمارة والمدني  
الخمس - ليبيا  
chi.Alrrabiey@gmail.com

ان سياسة الاسكان الجديدة في العديد من المدن تشجع علي التوسع العمودي بدلا من الاقفي نتيجة لارتفاع ثمن الاراضي السكنية و زيادة الطلب على السكن في المناطق الحضرية بالتالي نجد ان مساحة الواجهات المعمارية أصبحت الأكثر عرضة لأشعة الشمس والتي تؤثر بشكل واضح في تغير درجات الحرارة الداخلية للمبنى [2]. ان العديد من الدراسات الخاصة بتشييد المباني اهتمت بدراسة موصلية مواد البناء المستخدمة والتي تختلف من مادة الى اخرى. تم اختيار الساحل الليبي كمنطقة الدراسة نتيجة لتفاوت الكبير لدرجات الحرارة خلال فصول السنة [3]. حيث يمكن تقييم الاداء الحراري للمبنى باستخدام محاكاة الكمبيوتر فقد أصبحت أدوات المحاكاة الحاسوبية الأكثر أهمية في التنبؤ بالأداء المستقبلي للطاقة والأداء البيئي للبناء، فضلا عن الراحة لشاغلي المكان. وبالتالي، تم إجراء هذه الدراسة باستخدام برنامج ECOTECT لفهم الملامح الأساسية لمادة البناء جدران المبنى لتحسين الأداء الحراري لتوفير افضل كفاءة لاستخدام الطاقة [4]. هذه الأدوات تعطي نتائج مرجحة وبشكل موثوق للاستفادة من البيئة المحلية من حيث التهوية و التوجيه وكذلك نسبة سطوح الشمس التي قد يتعرض لها المبنى قبل الشروع في عملية البناء لتقييم أداء المباني لتقليل من الطاقة التشغيلية المستخدمة مستقبلا. وبالتالي، فإن المحاكاة هي الوسيلة الفعالة لإختيار افضل تصميم للحد من هدر الطاقة عن طريق تحليل أداء المبنى [5].

يتمثل الأداء الحراري للمباني في كمية الطاقة المختزلة و المكتسبة و المفقودة منها وذلك عن طريق انتقالها من والي البيئة المحيطة بها. حيث توجد عدة عوامل في المبنى تحدد الأداء الحراري لكمية الحرارة المفقودة والمكتسبة. يلعب تصميم المبنى ومواد البناء المستخدمة دورا هاما في تحديد الأداء الحراري بحيث يتأثر المبنى من الاحمال الحرارية الناتجة عن اشعة الشمس التي يتم انتقالها عن طريق عناصر المبنى مثل الجدران والاسقف بالإضافة الي الأبواب والنوافذ. وفي المقابل تحدد هذه الاستجابة الحرارية كمية الطاقة المطلوبة للتدفئة والتبريد للحفاظ على ظروف الراحة الحرارية المثلى لشاغلي المكان. تكمن أهمية دراسة المواد المستخدمة في بناء الغلاف الخارجي للمبنى من حيث توفير بيئة مريحة حراريا ونفسيا داخل الفراغات المعمارية وتوفير الاضاءة الطبيعية و التهوية و التحكم في الحماية من التقلبات الجوية الخارجية بالإضافة الي حماية الفراغات الداخلية من الضوضاء و مقاومة الحريق. إن الطاقة الرئيسية القادمة من الإشعاع الشمسي في اطوال موجية مختلفة والمتسلطة على الواجهة الخارجية نتيجة توجيه معين للمبنى تعمل على تسرب الحرارة فيؤثر الحمل الحراري الداخلي على درجة الحرارة الداخلية. لذلك فإن العزل هو احد أهم العوامل في تنظيم البيئة الداخلية والحفاظ على الأداء الحراري للمبنى [4].

مما لا شك فيه ان نوعية المواد البناء و شكلها و تركيبها بالإضافة الي لونها لها تأثير علي خلق بيئة داخلية مريحة بالمباني. حيث يفضل استخدام مواد للإنشاءات الخارجية (تشطيب الخارجي) ذو اللون الفاتح و ذات الملمس الخشن لتقليل من تأثير اشعة الشمس الساقطة في فترة الظهيرة. فعلي سبيل المثال مواد البناء ذات الاسطح الناعمة و الالوان الفاتمة كاللون الاسود هي الاكثر امتصاصا لأشعة الشمس بينما المواد ذات الاسطح الخشنة والالوان الفاتحة كاللون الابيض اقل امتصاصا لأشعة الشمس و العكس صحيح [6]. ان أفضل المواد المستخدمة في إنشاء الغلاف

المخلص - كمية كبير من الطاقة تستهلك عند استخدام منظومات التكييف للهواء من حيث التدفئة والتبريد في مكان اقامة الانسان وعمله للحصول على اجواء مريحة وذلك للتغلب على التغيرات الموسمية في فصلي الصيف والشتاء. تلعب الجدران الخارجية والاسقف دورن هاما في عملية العزل الحراري و الذي من شأنه ان يؤدي الي التقليل من استهلاك الطاقة الحرارية حيث يتم اختيار مواد البناء التي من شأنها ان تكون ذات قيمة عالية للعزل الحراري. تكمن أهمية هذا البحث في ايجاد الحلول للتقليل من كمية الطاقة المستخدمة لعملية التدفئة و التبريد في داخل المباني متعددة الطوابق عن طريق دراسة المواد المحلية الأكتفا للعزل الحراري المستخدمة لبناء الجدران. ان هذه الورقة تدرس تقييم الاداء الحراري لأكثر المواد المحلية استخداما لبناء الجدران و هما البلوك الإسمنتي المفرغ و طوب الحجر الجيري المصمت. وقد تم حساب الأداء الحراري الناتج عن المواد المستخدمة في المبنى بواسطة برنامج المحاكاة ECOTECT وفقا لخواص وانواع الطوب المستخدم في السوق الليبي. حيث تم اختيار الطوب المستخدم في بناء الجدران الخارجية في المحاكاة على اساس ان المباني السكنية أصبحت متعددة الطوابق (عمارات ومجمعات سكنية) بالتالي نجد ان الإشعاع الشمسي الساقط على الواجهات اكبر بكثير من الساقط على السطح العلوي. و من خلال نتائج البحث وجد ان عند استخدام طوب الحجر الجيري المصمت يعطي عزل حراري جيد في الداخل خلال النهار ومن جهة اخرى فإن الطوب يختزل حرارة النهار حيث يتأثر المبنى بالحمل الحراري في فترة الليل. ومن ناحية اخرى البلوك الإسمنتي المفرغ اكثر تأثرا بدرجات الحرارة الخارجية الا انه سرعان ما يفقد الحرارة المكتسبة مما يجعل المبنى اقل تأثرا بحرارة النهار في وقت الليل. يفضل استعماله في المباني السكنية متعددة الطوابق نظرا لخفة وزنه و متانته و سهولة عمل التمديدات الكهربائية و شبكات المياه في داخله.

الكلمات الافتتاحية: الأداء الحراري، مواد البناء الليبية ، المنزل الليبي ، تكنولوجيا البناء.

## 1. المقدمة

ظهرت الحاجة في يومنا هذا الي ايجاد الحلول و البدائل الناتجة عن ازدياد الطاقة المستخدمة في تدفئة و تبريد المباني و ذلك عن طريق ايجاد مواد تقوم بالعزل الحراري للبيئة الخارجية لتكون الأكتفا في الاداء الحراري. ان تقييم الأداء الحراري للمبنى هو مدي انتقال الطاقة الحرارية من المناطق المحيطة بالمبنى الي داخل المبنى. كما يشير إلى مدى عزل المبنى عن ظروف الطقس الخارجية لتحقيق درجة حرارة مريحة داخليا. وهذا يعني الحفاظ على درجة الحرارة الداخلية في مستوى الراحة [1]. مما لا شك فيه ان عملية اختيار المواد البناء التي تغلف المبنى من الخارج أي التي تستخدم في بناء الجدران الخارجية والسقف العلوي تقوم على اساس مقاومتها للعوامل الجوية كالحرارة و الرطوبة.

استلمت الورقة بالكامل في 16 مارس 2018 وروجعت في 28 مارس 2018 وقيلت للنشر في 26 إبريل 2018

ونشرت ومتاحة على الشبكة العنكبوتية في 28 إبريل 2018

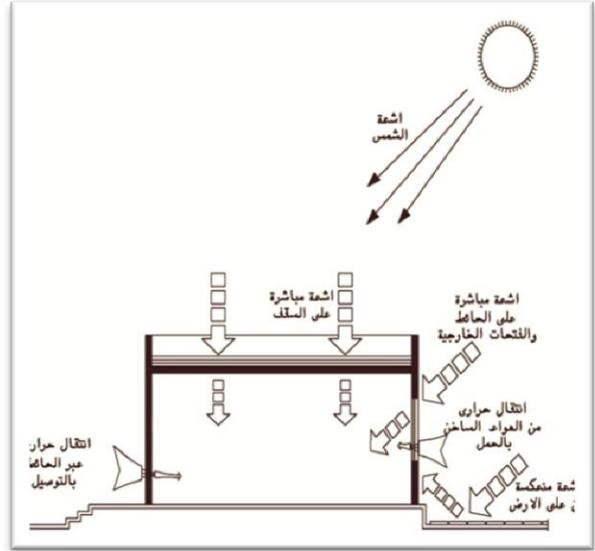
جيري ناعم لان قيمة الموصلية الحرارية منخفضة جدا لدي الخشن، حيث تزداد في الانخفاض إذا وصلت الرطوبة إلى الجدران ذلك وان قيمة العزل تنقلص إلى حد كبير. بالتالي اعطى بعض الاقتراحات التي تساعد في تحسين الاداء الحراري داخل المبنى لتحسين الراحة الداخلية لشاغلي المكان و التقليل من استهلاك الطاقة [11]. لقد اتبعت برنامج ECOTECT على مدي كفاءته في تصميم و اختيار المواد المستخدمة في البناء لخلق بيئة داخلية مريحة حيث برهن علي ان التصميم الصحيح و التوجيه السليم للمبنى و مواد البناء المختارة للجدران الخارجية والسقف في مرحلة البناء لهم دور كبير في تقليل الاشعاع الشمسي المباشر الساقط على المبنى و الذي له تأثير كبير على درجة الحرارة الداخلية [7] . هناك عدة عوامل تؤثر على أداء الطاقة منها الموقع الجغرافي و البيئة المحيطة و التوجيه و مواد بناء الجدران الخارجية التي تكون مغلف المبنى الخارجي الرئيسي [12]. ووفقا لدراسة التي اجراها C. Koranteng, & A. Mahdavi (2011) ، لدراسة تحقيق أفضل أداء حراري لمبنى مكاتب في غانا باستخدام برنامج المحاكاة ECOTECT، فقد وجد أن إضافة بعض التحسينات للمواد تعمل على تحقيق أفضل أداء حراري للمبنى منها ( الزجاج، التظليل، الإضاءة الفعالة ، مادة بناء الجدران الخارجية للمبنى) [13].

تتم اهمية اختيار منطقة الساحل الليبي كونها الأكثر تباوتا في درجات الحرارة ونظرا للتنوع المناخي للمنطقة عبر السنة، فإن التغيير الكبير في درجات الحرارة خلال فصلي الصيف والشتاء يبدو واضح جدا حيث تتراوح بين 10 الي 43 م° [14]. ان التوجه الجديد في العديد من سياسات البناء نحو التوسع الرأسي و اختيار المواد المحلية الأكثر كفاءة اصبح هاجسا لإنشاء المباني وخاصة السكنية منها، حيث ان المساحة المعرضة لأشعة الشمس تأخذ الجدران النصيب الأكبر منها سواء كانت بشكل مباشر او لا، مما يعطي قدر اكبر للجدران الخارجية بتلقي درجات حرارة متنوعة [15] . ركز في هذه الدراسة على الجدران كعنصر فعال لعمل محاكاة وذلك لان بناء الجدران الخارجية هي المغلف الرئيسي لإنشاء المبنى والتي تؤثر على حسابات الاداء الحراري للمباني متعددة الطوابق [16]. ان التطور السريع في عالم مواد البناء وزيادة الطلب عليها في سوق البناء المحلية دفع بأنواع جديدة من هذه المواد للظهور في سوق العمل الليبي و منها الطوب الاحمر (الباجور) والبلوك المفرغ المحشو بالفلين. حيث لازال هذان النوعان من الطوب غير شائعات الاستعمال نظرا الي صعوبة الامدادات الكهربائية و ارتفاع تكلفة الانتاج للأخير. اما طوب الحجر الجيري المصمت و البلوك الخرساني المفرغ هما الأكثر استعمالا و الأكثر توفر في سوق المحلي نظرا الي رخص تكلفتها و متانتها بالمقارنة مع المواد الأخرى و الشكل (2) يوضح الانواع المختلفة لطوب البناء.



الشكل (2) مواد البناء المستخدمة في بناء الحوائط بالسوق الليبي

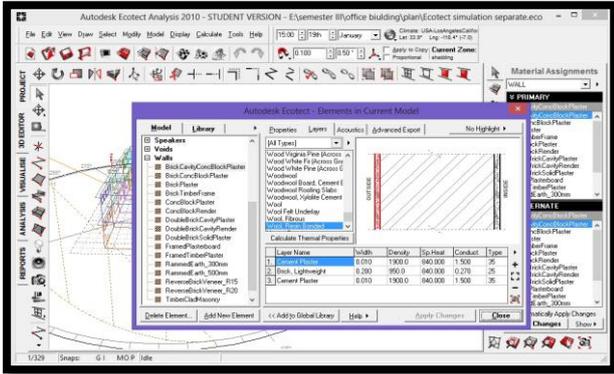
الخارجي للمبنى هي المواد ذات خاصية اكتساب وفقدان الحرارة ببطء، لقدرتها على الاحتفاظ بالحرارة خلال ساعات النهار. يشترط في استخدام هذه المواد ان يكون تصميم المبنى ذو تهوية جيدة للتقليل من الحمل الحراري الناتج عن الحرارة المختزلة من فترات النهار حتى تكون مصدر للتبريد الطبيعي ليلا. و من أمثلة المواد ذات خاصية اكتساب الحرارة ببطء الخرسانة أو مباني الطوب ذات السماكة الكبيرة بعكس المواد المعدنية التي لها خاصية سريعة لاكتساب و انتقال الحرارة. لقد أثبتت العديد من الدراسات ان الجدار هو الأكثر تأثرا للحرارة الخارجية حيث تتأثر بأشعة الشمس المباشرة و انتقال الحرارة من الهواء الساخن بالحمل بالإضافة الي اشعة الشمس المنعكسة من الارضية و انتقال الحرارة بالتوصيل كما هو موضح في الشكل (1).



شكل (1) الانتقال الحراري عبر الغلاف الخارجي للمبنى المصدر [7]

ان الجدران الخارجية للمبنى هي اكثر العناصر التي تنتقل من خلالها الحرارة للداخل حيث تصل القيمة العظمى للموصلية الحرارية لها  $0.5 \text{ k}^{\circ} \text{ w/m}^2$  وتبلغ الابواب والفتحات الخارجية المكشوفة قيمتها الي  $6 \text{ k}^{\circ} \text{ w/m}^2$  بينما في الاسقف لا تتجاوز  $0.4 \text{ k}^{\circ} \text{ w/m}^2$  [8]. ووفقا لدراسة اجريت بواسطة (Nevin, 2003) ، لمعرفة اثر مواد البناء على الراحة الحرارية في المباني السكنية وذلك لتحديد ما إذا كانت المواد التقليدية أكثر ملاءمة لتوفير الراحة الحرارية لشاغلي المكان عن مواد البناء الحديثة. حيث تكون أفضل درجة حرارة تصميمية للراحة الداخلية عند  $25^{\circ} \text{ م}^{\circ}$  [5]. وجد أن مادة بناء الجدران من البلوك الحجر الجيري المصمت مع العزل الحراري يوفر أقصى قدر من الراحة الحرارية، في حين أن البلوك المفرغ يوفر أقل قدر من الراحة [9]. وفي دراسة مشابهة اجريت عن تأثير بعض أنواع مواد البناء على الاحمال الحرارية لمبنى سكني وجد ان لمواد بناء الجدران اثر كبير على الاحمال الحرارية للمبنى والذي ينتج عنه استهلاك للطاقة، وذلك ان اعلى الاحمال الحرارية للتبريد من الجدران هي  $7.33 \text{ kw}$  عند الساعة الرابعة مساء تنتج عن الجدران الاسمنتي المفرغ وان الجدار الطيني يعطي حمل مقداره  $4.78 \text{ kw}$  عند نفس التوقيت وهو يقل بمقدار 35% عن جدار الاسمنت [10].

ان عالمنا اليوم شهد طفرة في تطور تقييم المواد المستخدمة في عملية البناء فاصبح التقييم الحراري داخل المباني يقيم بواسطة استخدام برامج هندسية مثل ECOTECT و Hot Disk technique لتقييم الاداء الحراري في داخل المباني قبل عملية التنفيذ باختيار التصميم و التوجيه السليم للمباني واعطاء البدائل لاختيار انسب مواد بناء. علي سبيل المثال اجريت دراسة و باستخدام برنامج Hot Disk technique، على تأثير الموصلية الحرارية لمواد البناء على الاداء الحراري داخل المبنى، وجد ان قيمة الموصلية الحرارية لنوع مادة البناء تأثر بشكل واضح على الحرارة الداخلية. حيث فضل استخدام طوب حجر جيري خشن بدلا من طوب حجر



الشكل (4) يوضح تحديد مواد البناء للمبنى من داخل البرنامج

اولا – الطوب الحجري الجيري المصمت

من خلال تحديد مادة طوب الحجر الجيري المصمت كمادة بناء للجدران الخارجية وجد أن الطوب المستخدم لعب دور في العزل الحراري عن البيئة المحيطة للمبنى، حيث عزل الحرارة المتسلطة على الجدران الخارجية من الصباح الي فترة المساء المبكر مما وفر بيئة مريحة داخليا في درجة حرارة مناسبة كما موضحة بالجدول، حيث تم اختزال كمية من الحرارة المسلطة عليه. وعند المساء تكون العملية عكسية عندما يبرد الجو في الخارج يقوم الطوب بانبعاث الحرارة المختزلة مما يتسبب بارتفاع بسيط للحرارة الداخلية تستمر الي ساعات الصباح الباكر الي حين فقدانها .

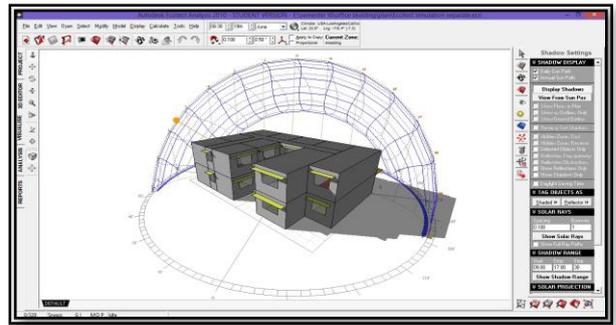
جدول 2. يوضح الفرق بين درجات الحرارة باستخدام طوب الحجر الجيري المصمت

الوقت	درجة الحرارة الخارجية	درجة الحرارة الداخلية	الفرق بين الداخل والخارج
س	°م	°م	°م
1	21.4	23.8	2.4
3	21.4	23.1	1.7
5	22.1	22.7	0.6
7	24.1	22.5	-1.6
9	28.6	23.1	-5.5
11	32.3	23.7	-8.6
13	34.6	24.5	-10.1
15	36.4	25.6	-10.8
17	33.9	24.6	-9.3
19	28.5	23.2	-5.3
21	25.4	23.5	-1.9
23	21.1	23.3	2.2

جدول 1. يوضح مقارنة لخصائص بعض مواد البناء الطوب المستخدمة في بناء الحوائط بالسوق الليبي [17].

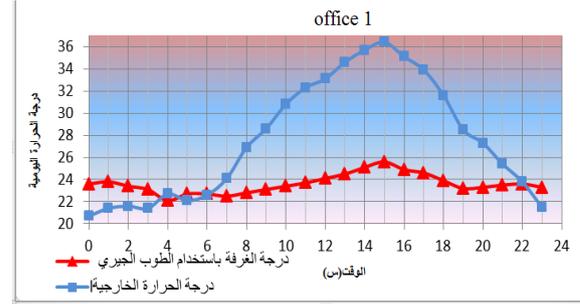
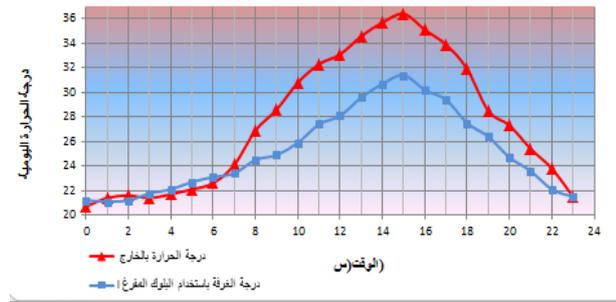
النوع الطوب	الابعاد سم	الوزن كجم	U w/m <sup>2</sup> °C	العيوب	المزايا
الحجر الجيري المصمت	20×40×20 30×50×20	-10 15	0.75 7	يتأثر بالرطوبة وزنه الذاتي ثقيل	قليل التوصيل للحرارة نوسعة كبيرة للاحتفاظ بالحرارة
البلوك اسمنتي المفرغ	20×40×20 20×40×15	7-5	1.86	موصليته الحرارية مرتفعة تسرب مياه المطر منه	وزنه الذاتي خفيف سرعة انتاجه في السوق
الطوب الاحمر (الياجور)	20×40×20 15×40×20	5-3	1.02 9	صعوبة الإمدادات الكهربائية يستغرق وقت لإنتاجه	وزنه الذاتي خفيف عزل جيد للحرارة والرطوبة
طوب اسمنت مغف بالفلين	20×40×20 20×40×15	7-4	1.24 1	باهض التكلفة يستغرق وقت لإنتاجه	متوسط الوزن عزل جيد للحرارة

اجريت الدراسة على عينتين من مواد البناء المستخدمة في سوق البناء الليبي الشائعة الاستخدام في المباني السكنية وذلك من خلال المحاكاة باستخدام برنامج ECOTECT. ان المحاكاة تحتاج الي تحديد الموقع الجغرافي من حيث خط الطول ودوائر العرض بالإضافة الي تحديد يوم معين من السنة مع تعيين التوجيه الخاص بالمبنى وفقا لسهم الشمال الجغرافي. قد تم تصميم نموذج مبنى سكني ليبي داخل البرنامج كما موضح بالشكل (3) والذي يقع على دائرة عرض 34° شمالاً وخط طول 14° شرقاً وعلى ارض منبسطة. حدد يوم 21 يوليو من فصل الصيف لتحديد الظروف المناخية.



الشكل (3) يوضح ادخال البيانات للمبنى داخل برنامج ECOTECT

تعتمد المحاكاة على اختيار متغيرات ثانوية منها تحديد مواد البناء و الأبعاد و نوع الأسطح و الشبائيك و الابواب و الأرضيات ، وبالإضافة الي عدد شاغلي المكان كما هو موضح بالشكل التالي.



## الخاتمة

يمكن استنتاج أنه عند استخدام طوب الحجر الجيري المصمت كمادة بناء لجدران الخارجية لمنزل فإنه يعطي عزل حراري جيد في الداخل خلال النهار ومن جهة أخرى فإن الطوب يختزل حرارة النهار حيث يتأثر المبنى بالحرارة الإنبعاثية في فترة الليل حيث يفضل وجود تهوية جيدة للمبنى في هذه الفترة للتقليل من تأثير الحرارة الاختزالية. ونظرا إلى وزنه الثقيل يفضل استخدامه في المباني التي لا تتعدى طابقين و يفضل استخدام مواد عازلة للرطوبة نظرا إلى امتصاصه للرطوبة الخارجية مما يؤثر سلبي على التشطيب الداخلي للجدران. من جهة أخرى وجد أن البلك الاسمنتي المفرغ أكثر تأثرا بدرجات الحرارة الخارجية إلا أنه سرعان ما يفقد الحرارة المكتسبة مما يجعل المبنى أقل تأثرا بحرارة النهار في وقت الليل. يفضل استعماله في المباني السكنية متعددة الطوابق نظرا لخفة وزنه و متانته و سهولة عمل التمديدات الكهربائية و شبكات المياه في داخله. إن أهمية دراسة خواص مواد البناء تكمن في توفير الطاقة التي يستهلكها المبنى والتي تستخدم لتوفير البيئة المريحة داخليا لشاغلي المكان مما يتوجب العمل على إيجاد مواد بناء ذات كفاءة وجود عالية وخواص حرارية ملائمة بالإضافة إلى التكلفة المناسبة حتى تبقى مرجع أساسي يرجع له مهندسي التصميم والإنشاء في تصميماتهم وتنفيذ مشاريع البناء للرقى بالمستوى الحضري في البلاد.

## المراجع

- [1] A. M. Fandiño et al., (2005), Thermal Performance of Sustainable Energy Features.
- [2] Mills-Tetty, R.,(2010) "Climate, Environment and Indigenous Construction in Nigeria, A Survey of some House Forms", published paper in "International Journal for Housing Science and Its Applications", Vol.13, No.3, 1989.
- [3] Karen B. M., (2011). Study for Improving Energy Conservation of Existing buildings: Case Study of a Commercial and Residential Building in California, United States.
- [4] Library of Congress, Federal Research Division. Country Profile: Libya, 2005.
- [5] A. Marsh.( 2003). ECOTECT and Energy Plus. Building Energy Simulation User News, vol. 24(6), pp. 2-3.
- [6] Huda M. H. ,(2012).Effect of Building Form on the Thermal Performance of Residential Complexes in the Mediterranean Climate of the Gaza Strip. Architectural Engineering, Faculty of Engineering, The Islamic University of Gaza.
- [7] Givoni, Baruch, "Climate Consideration in Building and Urban Design", Van Nostrand Reinhold, U. S. A., 1998,pp77.82.
- [8] سعادة بسمة دراسة تقييمية للمدارس الحكومية الخضراء في الضفة الغربية بفلسطين رسالة ماجستير - جامعة النجاح - 2014 م ص 53

## ثانيا - البلك الاسمنتي المفرغ

يتضح من خلال النتائج أدناه ان قيمة العزل الحراري للبلك بشكل واضح على البيئة الداخلية للمبنى ابتداء من فترة الصباح الي عند المساء الباكر و يرجع ذلك الي الفجوات المفرغة داخل البلك والتي قامت بالعزل الحراري، وصل الي ذروته عند منتصف النهار الي ان سخنت تلك الفجوات مما أدى الي ارتفاع الحرارة بداخل البلك. ومن جهة أخرى فقد العزل قيمته عند وقت متأخر من المساء حيث وصلت درجة الحرارة بالداخل الي نفس درجة الحرارة بالخارج تقريبا كما موضح بالجدول.

جدول 3. يوضح الفرق بين درجات الحرارة باستخدام البلك الاسمنتي المفرغ

الوقت	درجة الحرارة بالخارج	درجة الغرفة بالبلك الخرساني المفرغ	فرق درجات الحرارة
	(C)	(C)	(C)
1	21.4	21.1	0.3
3	21.4	21.77	-0.37
5	22.1	22.7	-0.6
7	24.1	23.4	0.7
9	28.6	24.9	3.7
11	32.3	27.4	4.9
13	34.6	29.6	5
15	36.4	31.4	5
17	33.9	29.4	4.5
19	28.5	26.4	2.1
21	25.4	23.6	1.8
23	21.5	21.5	0

- [9] Nevin A.G. (2003). "The effects of construction materials on thermal comfort in residential buildings an analysis using ECOTECT 5.0, The Middle East Technical University.
- [10] Bashir M. Suleiman, (2012). Thermal Load Calculations of Multilayered Walls.
- [11] H. Yin, et al., (2010). Building Performance Analysis Based On Modelling And Simulation. Proceedings of the International Conference on Computing In Civil and Building Engineering. Nottingham University Press.
- [12] ECOTECT Software Tool 5.60 (2008), Square One Research. [Online]. Available: <http://www.squ1.com>.
- [13] C. Koranteng, A. et al., (2011). An investigation into the thermal performance of office buildings in Ghana.
- [14] <http://www.libya.climatemps.com>, (2012).
- [15] محمد إبراهيم اعلوه ; قاسم عبدالسلام الزين "تأثير بعض أنواع مواد البناء على الأحمال الحرارية لمبنى سكني في منطقة سبها" مجلة جامعة سبها (للعلوم البحتة والتطبيقية) المجلد الخامس عشر العدد الأول (2016).
- [16] Nahla A. (2007), bio-climatic architecture in Libya: case studies from three climatic regions.
- [17] أحمد محمد الصغير "العزل الحراري في المباني" المؤتمر الأول للتشييد في المناطق الصحراوية 22-24/2008 سبها – ليبيا.