تأثير التصميم المعماري على الأداء الحراري لمساكن محدودي الدخل في المناخ الحار الجاف

عمر سعد على حميد

قسم العمارة والعمران، كلية الهندسة، جامعة العلوم والتقانة، أمدرمان، السودان.

omersaad72@yahoo.com

Received: 13/09/2022
Accepted: 23/10/2022

المستخلص- من بين ما يشغل جل اهتمام المعماري يجب أن يكون التغلب على الظروف المناخية القاسية وتحويلها إلى ظروف داخلية صالحة للحياة والعمل دون أن يترتب ذلك عن تكاليف غير مبرره فى تبريد المبنى. تهدف الدراسة فى معرفة تأثير التصميم المعماري على الأداء الحراري لمساكن محدودي الدخل في المناخ الحار الجاف. وقد تم اختيار دراسة الحالة لمبنى سكني لذوي الدخل المحدود بمدينة الخرطوم- حي الثورة، كمنطقة للدراسة لانتشار مثل هذه المباني بها، وتم اختيار الظروف المناخية خلال الأيام 8- 10 من شهر مايو 1998م. كأعلى أيام سجلت فيها درجات حرارة بمنطقة الدراسة. وتم استخدم برنامج الحاسب الألى (HTB2) لإجراء المماثلة الحرارية (هو برنامج حاسب آلي عالمي متخصص في محاكة الأداء الحرارى للمباني والدراسات المتعلقة باستهلاك الطاقة فيها، كما يعمل على إمداد العلماء والمبرمجين والباحثين والمصممين بوسائل مرنه للدراسة التفصيلية لكيفية عمل المبنى فيما يتعلق بالحرارة والطاقة على المدى القصير) لمبنى سكنى بسيط واسع الانتشار وسط ذوى الدخل المحدود، حيث تم إجراء دراسة المماثلة الحرارية للنموذج الأصل المختار وعدد من النماذج المعدلة في وضعيات الكتلة الحيزية بهدف معرفة أثر معالجات التصميم (تغير وضعية الفراغات) فى التأثير على الأداء الحرارى للفراغات الداخلية لكتلة المبنى. حيث خلصت نتائج المماثلة الحرارية إلى أن استمرارية وضعية كتل المبنى فى خط واحد مستمر دون إحداث أي تداخل أو بروز أو نتوء بين الكتل يقلل من فرصة تظليل الكتل لبعضها البعض، مما يؤدى إلى أداء حراري متدني للبيئة الداخلية، عكس ما هو علية عند تداخل فراغات المبنى (لتظليل بعضها البعض) عند التصميم. كما أن الممر يخلق مسار لحركة الهواء بصورة جيدة ولكنه يقود لأداء حراري سيء لبيئة الفراغات الداخلية.

كلمات افتتاحية: المناخ الحار الجاف- الراحة الحرارية- نظم التبريد الطبيعي- تصميم المباني السكنية- المماثلة الحرارية- برنامج (HTB2).

ABSTRACT- One of the concerns of an architect must be to overcome the harsh climatic conditions and turn them into internal needs suitable for life and work without entailing unjustified costs in cooling the building. One of the most important objectives of the study is to know the building design impact on the natural cooling process of low-income housing to create a thermally comfortable indoor environment in the region of a hot, dry climate. Khartoum city was chosen as a study area, because of the spread of such buildings in it, and the climatic conditions were chosen during the 8-10 days of May 1998. As the highest days on which temperatures have been recorded. The thermal analogy was performed using the computer program HTB2 (is an international computer software specialized in simulating the thermal performance of buildings and studies related to energy consumption in them, and also works to provide scientists, programmers, researchers, and designers with flexible means of detailing the study of how the building works with heat and energy in the short term) for a simple residential building that is widespread among low-income people, the thermal simulation is performed for the selected design before and after the manipulation of the locations of some internal functional spaces aiming to deduce the effect of changing the design on the temperature. The study's findings indicated that linear design arrangement leads to poor internal thermal performance, compared with the staggered arrangement when build forms shade each other. Also, the path-way (corridor) is good for continuous air movement and ventilation but leads to poor thermal performance of internal space.

المقدمة

إن الأنسان منذ الخليقة وهو يبحث عن المأوى لمجابهة الظروف الطبيعية والبيئية القاسية ليتمكن من أداء مناشطة اليومية على أكمل وجه. وبمرور الزمن تطورت حياة الإنسان وتغيرت أوجه متطلباته للمأوى (العمل والترفيه والخ)، مما أوجب الرغبة فى الوصول إلى البناء البيئي المثالي من حيث تجديد الهواء، وتوفير درجة حرارة ورطوبة مناسبة خلال اليوم.

حتى بداية القرن العشرين كان الإنسان يعيش فى توافق بين البيئة الطبيعية والبنائية، حيث كانت البيئة البنائية تشيد وفق قواعد إقليمية المناخ وبطريقة فنية وتقنية بسيطة، لذلك لم ينشأ التساؤل عن تأثر المساكن بالبيئة الطبيعية أو تأثر البيئة سلباً

بالبناء المحيط، فالحلول التصميمية التي تحترم العناصر المناخية والبيئية لا تحتاج إلا لحنكه ومقدرة المعماري في تفهم الطبيعة، فخلق التوافق بين الحلول التصميمة والبيئة الطبيعية ومواد البناء منذ البداية تعطى نتائجاً متوازنة تصميمياً تحترم المناخ الخارجي وتتفاعل معه وتستفيد من خصائصه، مما يساعد في خلق بيئة داخلية للمبنى ذات أداء حراري مناسب مريح وصحي يساعد بشكل صحيح في التقليل من كلفة تشغيل المبنى.

تكمن **أهمية الدراسة** في معرفة مدى تأثير وضعية الفراغات التصميمية معمارياً على تغيير درجة الحرارة الداخلية لفراغات كتلة المبنى، وذلك من خلال التوجيه الأمثل من أجل الراحة الحرارية للفراغات الحيزية المختلفة للمبنى من الناحية التصميمية، وموضعها فى المخطط العام للموقع، بغرض تقليل تكلفة التبريد الاصطناعي والخروج بمؤشرات تصميميه فعالة تساعد على توفير بيئة داخلية مناسبة حرارياً.

استندت **فرضية الدراسة** على أن التوزيع والتوجيه السليم للفراغات المعمارية المختلفة الذي يقلل مساحة أسطح أجزاء المبنى المعرضة لأشعة الشمس المباشرة، يساهم إسهاماً مباشراً فى تقليل أشعة الشمس المنعكسة داخل المبنى، وكذلك كمية الحرارة المكتسبة، مما يساهم في تحسين الأداء الحراري للفرغات الداخلية للمبنى، كما أن المعرفة الكافية بخواص مواد البناء المختلفة وأدائها الحراري يساهم في تحسين البيئة الداخلية للمبنى حرارياً.

انقسمت **منهجية الدراسة** إلى قسمين، **القسم الأول** عباره عن دراسة نظرية لمفهوم البيئة الحرارية الداخلية للمبنى من خلال المراجع العلمية والدوريات والاستفادة من الدراسات والبحوث المختلفة بغرض الوقوف على الخواص المناخية، ودراسة وسائل التبريد الطبيعي والتهوية الطبيعية لوحدة المبنى، وكذلك معرفة تأثير الخواص الحرارية لمواد البناء المختلفة وطرق وأساليب حماية المبنى من تسرب الحرارة إلى داخل المبني. أما القسم **الثاني فقد انتهجت** الدراسة إستخدام برنامج الحاسب الألى **(HTB2)** لعمل المماثلة الحرارية لدراسة الحالة من خلال منزل قائم مختار من طابق واحد واسع الانتشار لفئة الدخل المحدود (عبارة عن غرفتين وبرندتين) مع إجراء تغيير في تصميم وضعية فراغات المبنى للوصول إلى معرفة مدى تأثير التصميم فى الأداء الحراري لفراغات المبنى الداخلية مع التحليل والتقييم للنتائج المتحصل عليها.

الخواص المناخية

إن الإلمام بالمعلومات العامة عن خصائص الإقليم المناخي المراد التصميم ضمن إطاره يساعد المعماري فى العملية التصميمية (من خلال تحليل وترتيب وتصميم الفراغات المختلفة ضمن التصنيف المناسب والاستخدام الأمثل والاحتياج للفراغ خلال اليوم) للخروج بالتصميم المناسب مناخياً وبيئياً وفراغياً[1]، بما أن موضوع الدراسة يدور حول التصميم في منطقة المناخ الحار الجاف بمنطقة الخرطوم، عليه يمكن أن تلخيص ووصف خصائص ومميزات المناخ الحار الجاف من خلال النقاط التالية:

- يقع بين خطوط عرض 15º و30 º شمال وجنوب خط الاستواء.
- يمتاز بالحرارة الشديدة والهواء الجاف، تتراوح درجات الحرارة العليا أثناء ساعات النهار بين 43ºم و49ºم فى فصل الصيف و27ºم و32ºم فـ3ى فصل الشتاء. أما درجات الحرارة الدُنيا أثناء ساعات الليل فتتراوح بين 24ºم و30ºم فى فصل الصيف وبين 10ºم و18ºم فى فصل الشتاء.
- المدى الحراري يصل 17ºم-22ºم، والرطوبة النسبية منخفضة وتتراوح بين10% و55%.
- الأمطار قليلة الى متوسطه، والسماء تقريباً خالية من الغيوم فى معظم أيام السنة، مما يسمح لوصول كميه عالية من الأشعة الشمسية المباشرة إلى سطح الأرض أثناء النهار وفقدانها أثناء الليل فى شكل أشعة حرارية.
- الرياح متوسطة إلى شديدة السرعة وتكون مصحوبة أحياناً بالغبار والأتربة والرياح السائدة هي الرياح الجنوبية الغربية في فصل الصيف، والرياح الشمالية الشرقية في فصل الشتاء.

الراحة الحرارية

تعرف الراحة الحرارية بأنها الحرارة الفاعلة ذات المدى المفضل الذي ليحس فيه الإنسان لا حرارة ولا برودة أكثر مما يود[2] . ومن الطبيعي أن هنالك حدوداً للراحة الحرارية من حرارة ورطوبة وتهوية، وتعرف حدود الظروف المناخية التى يستطيع جسم الإنسان فيها أن يحتفظ بدرجة حرارته ثابته تقريباً بأقل قدر من بذل الطاقة بمنطقة الراحة الحرارية. والتي بعدها من فوقها أو تحتها يحدث إرهاق عضوي للإنسان. وقد حدد فيكتور أولجياى نطاق الراحة الحرارية المثلى بالنسبة للمناطق الحارة الجافة للشخص العادي مع نشاط متوسط فى الظل بين درجة حرارة 22-827م، ورطوبة نسبية من 30%-60%، وسرعة هواء 0.5-3 متر/ثانية. (1) إذا تعدت درجات الحرارة والرطوبة الخارجية حدود الراحة الحرارية أصبح على المصمم أن يتحكم في الغلاف الخارجي للمبنى للسيطرة على الظروف الداخلية. وفى حالة تعثر الحصول على درجات الحرارة والرطوبة المناسبة من خلال الغلاف الخارجي للمبنى أو من خلال التهوية. فإنه يلزم فى هذه الحالة إستخدام الوسائل الميكانيكية لضبط الأداء البيئي الداخلي للمبنى.

نظم التبريد الطبيعي

تعرف نظم التبريد الطبيعي بأنها الطرق والوسائل المتبعة فى التخطيط وتصميم المباني والهادفة إلى تسخير ما حوته البيئة المحلية من تربة وأشجار ونباتات، وما وهبه الله لنا من طاقتي الشمس والرياح لتكييف الأجواء الداخلية للمباني عن طريق إحداث دورات تهوية تساهم مساهمة فعالة في عملية التبريد، وهي غير مكلفة لأنها لا تحتاج لصرف أي طاقة من جهة وتدخل فى أساسيات تصميم المبنى من جهة أخر[3] . وهو أكثر فعالية فى تبريد فراغات المبنى الداخلية عن طريق أقل كسب حراري من البيئة الخارجية مع سهولة فقدان الحرارة بطرق طبيعية للوصول إلى حدود الراحة الحرارية أو قريباً منها من حركة للهواء أو التبخر أو البيئة المحيطة.

ومن أهم أساليب التبريد الطبيعي **الأساليب التصميمية** وهي التي تهدف إلى التقليل من الحمل الحراري الذي تتعرض له الفراغات الداخلية بهدف تحقيق الراحة الحرارية. وحيث أن الحمل الحراري الذي يتعرض له المبنى يتكون من جزأين أولهما هو الحرارة المكتسبة من تأثير العوامل الجوية الخارجية وهو مصدر النسبة الأعلى للمدخلات الحرارية. والثاني هو مجموع مصادر الحرارة المكتسبة من عوامل داخل المبنى

(الأجهزة الكهربائية– المستخدمين– مصادر الإضاءة-الخ.....). والغلاف الخارجي للمبنى والذي يتكون من مجموع الحوائط الخارجية للمبنى والسقف النهائي يمثل المصدر الأساسي للمدخلات الحرارية الخارجية للمبنى. لذا نجد معظم المعالجات التصميمية موجهه نحو التحكم فى المدخلات الحرارية من خلال الأسقف والحوائط.

- **توجيه المبنى:** يفضل أن يأخذ محور المبنى الطولي الاتجاه شرق-غرب. "وقد أجريت تجارب للوصول إلى أنسب شكل للمبنى بالنسبة لمناطق المناخ الحار الجاف فكانت النتيجة أن تكون النسبة المثلى للاستطالة فى المبنى هي 1: 1.3 ويمكن أن تزيد الى 1: 1.6. وبتحريك الكتل وعمل حوش داخلي دون التأثير على نسبة الاستطالة يؤدى إلى زيادة الظل سوآءا على الواجهات أو أرضية الفناء[4].
- **الأسطح المنحنية** والمنكسرة**:** وجد أن **الأسطح** المنحنية مثل القباب والأسطح القشرية والمنكسرة، يؤدى استخدامها إلى زيادة كمية الظل الذاتي والساقط وبالتالي تقليل الجزء المعرض من سطح السقف المعرض لأشعة الشمس خلال ساعات النهار، خلافاً لما يحدث للأسطح الأفقية[5].
- **كاسرات الشمس: يهدف** استخدامها الى **منع** أشعة الشمس من السقوط على الغلاف الخارجي للمبنى أو النفاذ الى الفراغات الداخلية عندما تكون درجة حرارة الهواء **الخارجي** أعلى من المعدلات المطلوبة للراحة الحرارية للإنسان. حيث أن كاسرات الشمس المثالية يجب أن توفر الحماية المطلوبة من أشعة الشمس المباشرة دون حجب الرؤية أو التقليل من فعالية التهوية الطبيعية.
- **التبريد بالتبخير:** يمر الهواء الساخن عبر أو فوق جسم مائي يعمل على خفض درجة حرارته، ويرتبط هذا النوع من المعالجات مباشرةً بحركة الرياح. ولكن نسبة لقلة الماء فى كثير من هذه المناطق فان استعمال وسيلة تبخر الماء لتبريد الفراغات الداخلية ظلت محدودة.
- **معالجات كتلة المبنى:** يكون لشكل كتلة المبنى أهمية فى تحديد كمية الظلال به، ويساعد البروز فى الأدوار العلوية على زيادة كمية الظلال على سطح الحوائط السفلية للمبنى.

التهوية الطبيعية

إن توفير المعدل الأدنى من التهوية الطبيعية داخل المبنى يعتبر من العناصر الضرورية لحياة الإنسان من أجل راحته وصحته وحيويته، فأهمية التهوية الطبيعية تكمن فى أثرها الفعال فى تخفيض الإجهاد الحراري على الإنسان، وتساعد أيضاً على التخلص من ثاني أكسيد الكربون والروائح الكريهة، والشوائب الضارة بالصحة. وتعتبر التهوية الطبيعية ضرورية من أجل تخفيض درجات حرارة الحوائط والأسقف والأرضيات بالاستفادة من ظاهرة انتقال الحرارة بواسطة تيارات الحمل[6]. وتعتمد التهوية الطبيعية على حركة الهواء وموضع واتجاه ومساحة فتحات ونوافذ المبنى. لذا متى ما قام المصمم بتصميم الفتحات والنوافذ بشكل صحيح يسمح بحركة الهواء الطبيعي كلما ساعد على عملية تهوية الفراغات الداخلية للمبنى طبيعياً.

- **حركة الهواء:** تأتى حركة الهواء نتيجة للفرق بين الضغط الجوي المرتفع والضغط الجوي المنخفض، فيكون مسار الهواء من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض بصورة عامة. أما داخل المبنى فحركة الهواء تعرف بالطاقة الحركية للهواء، حيث يتحرك الهواء نتيجة للتدرج فى الضغط الجوي عبر الفراغ الداخلي. وتعتمد حركة الهواء فى الفراغ الداخلي على تصميم المبنى وتوجيهه بالنسبة لاتجاه الرياح وعلى تصميم الفتحات وتنسيق الموقع حول المبنى خاصة تخطيط الأشجار وتوزيعها. والتحكم فى التهوية الطبيعية يكون إما للاستفادة أو الحماية من الهواء البارد. أما العناصر التصميمية المؤثرة والفعالة على حركة الهواء داخل المبنى فيمكن تلخيصها فى الاتي:

- توجيه الفتحات وعلاقتها باتجاه تيارات الهواء الخارجي.
- مساحة الفتحات.
- الموقع الرأسي للفتحات.
- طريقة فتح النافذة.
- تصميم الفواصل الداخلية.
- التخطيط العام للموقع وعلاقته بالتهوية.

الخواص الحرارية للمواد

إن موازنة البيئة الداخلية للمباني تعتمد بصورة مباشرة ليس فقط على المناخ الخارجي بل أيضاً على مادة البناء المستخدمة حيث يختلف الأداء الحراري لمواد البناء باختلاف خصائصها الحرارية الفيزيائية. وقد تم تقسيم المواد البنائية إلى **مواد البناء ومواد الإنهاء** وتختلف مواد البناء في قابليتها للتوصيل الحراري، فبينما تقل في المواد الخفيفة ذات المسامات المغلقة تزيد فى المواد الثقيلة قليلة المسامات. إن خاصية تخزين الحرارة والاحتفاظ بها تعتبر من الخصائص المهمة والفاعلة بالنسبة للمباني فى المناطق ذات المناخ الحار الجاف حيث التباين الكبير فى درجة حرارة الهواء بين كل من ساعات الليل وساعات النهار وفصل الصيف وفصل الشتاء. إن مفعول السعة الحرارية فى هذه المناطق قد يكون ذات فائدة كبيرة بالمقارنة بمفعول العوازل الحرارية وهذا يتضح لنا من الأداء الحراري للمباني التقليدية، حيث أن سماكة الحوائط للمباني التقليدية والتي تتميز بسعتها الحرارية العالية ساعدت كثيراً فى توفير قدر مناسب من الراحة الحرارية للفراغات الداخلية. فعندما يتعرض السطح الخارجي للحائط إلى أشعة الشمس المباشرة والمنعكسة والمنتشرة ويتفاعل مع الهواء الحار أثناء النهار ترتفع درجة حرارته ومن ثم تبدأ الحرارة فى التدفق إلى الداخل بواسطة التوصيل. وبما أن الحائط سميك وذات سعة حرارية عالية ويستطيع تخزين كميات كبيرة من الحرارة، فهذا يعنى أن جزءاً كبيراً من الحرارة يتم تخزينه بواسطة الحائط ويؤدى إلى رفع درجة حرارته وبالتالي يتسبب فى تأخير مرور الحرارة إلى السطح الداخلي، ويسمى التباين الزمنى فى وصول الموجة الحرارية إلى السطح الداخلي بالتخلف الزمنى، إذ أن أعلى درجة حرارة للسطح الداخلي تحدث فى زمن متأخر مقارنة بزمن حدوث أعلى درجة حرارة للسطح الخارجي[7]

تصميم المبنى

العملية التصميمية ماهي إلا مجموعة من القرارات التى توجه فى النهاية لتحقق رغبات واحتياجات الإنسان متمثلة فى الراحة الفيسيولوجية والنفسية والفنية. فالتخصصات المختلفة فى العمارة وتنسيق المواقع والتصميم العمراني والصناعي والبيئي، والتي من الطبيعي أن تُسخر كلها لخدمة الإنسان، عادةً ما يبدأ التصميم فيها دون الاهتمام بالاعتبارات الإنسانية الأساسية والتي تقام العملية التصميمية من أجلها[8]. ومن المنطقي أن يكون المصمم قد وضع فعلاً الأهداف الإنسانية الفيسيولوجية (كالصحة والراحة والأمن) بجوار المعايير التكنولوجية والاقتصادية والقانونية والجمالية.

موجهات التصميم فى المناخ الحار الجاف

عند التصميم بصورة عامة يجب الوضع فى الاعتبار بعض الأسس التصميمية التى تساعد على خلق بيئة داخلية مناسبة حرارياً تتعامل مع طبيعة المناخ المحيط دون الحوجة قدر المستطاع إلى إستخدام البيئة الاصطناعية[9] . وتتمثل هذه الأسس في التالي:

- حماية كتلة المبنى من تأثيرات الشمس المختلفة خصوصاً في فصل الصيف.
- خلق الموازنة التصميمية بتقسيم المبنى لنطاقات مختلفة مع مراعات احتياجات كل منشط على حده مناخياً خلال فصول السنة.
- زيادة استخدام التهوية الطبيعية من خلال تنظيم مسارات حركة الهواء داخل المبنى وتقليل مسارات حركة الهواء خلال المبنى.
- عمل الفتحات المناسبة (حجماً وشكلاً وارتفاعاً) للسماح بأقصى حالات التهوية الطبيعية.
- استخدام العناصر الميكانيكية لتحريك الهواء داخل المبنى في حالة تعزر حركته تلقائياً (ملاقف الهواء).
- خلق عازل حراري بواسطة الفراغات الحيزية الغير مستخدمة لزيادة حماية البيئة الداخلية.
- استخدام النباتات والخضرة لترطيب وتنقية الرياح الحارة المحملة بالأتربة في بعض الأحيان.
- استخدام المسطحات المائية لزيادة عملية تبريد الهواء.
- إستخدام التظليل بجميع أشكاله فى المبنى.
- إستخدام العوازل المختلفة حسب الحوجة والألوان الفاتحة لعكس أشعة الشمس.

مؤشرات التصميم السكنية العامة

هنالك بعض النقاط الأساسية التى تُضع فى الحسبان كمؤشرات تصميمية للمباني السكنية تساعد فى عملية تسهيل الوصول الى تصميم مبنى سكنى مقبول وذات تهوية طبيعية: -

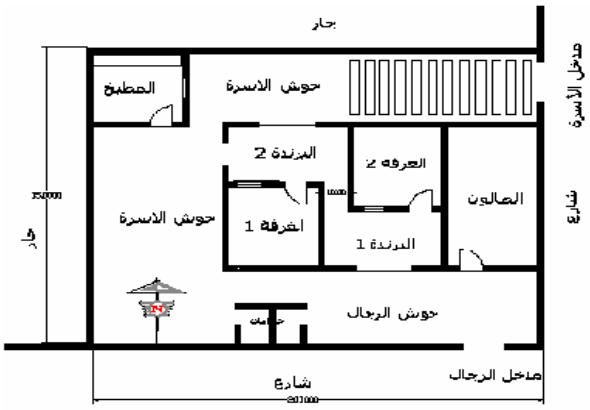
- زيادة العلاقة بين المناشط الداخلية والمناشط الخارجية بتجهيز أماكن مظلله ومحمية من الأمطار وخلافه.
- تقسيم الفراغات الداخلية إلى نطاقات مختلفة وتصنيفها وتوزيعها تصميمياً على المستويين الأفقي والرأسي وفى الاتجاهات المختلفة (شمالا وجنوباً– شرقاً وغرباً) وفق مقتضيات الاستعمال أثناء ساعات اليوم (الصباح– بعد الظهر- ليلاً) للاستفادة القصوى.
- تحديد نطاقات أماكن الفراغات الحيزية فى الموقع كل حسب مرونته واحتياجاته التصميمية البيئية المناسبة له وخصوصاً مناطق النوم المريحة.
- أقصى تهوية طبيعية ممكنه من خلال تصميم وضعية الفتحات المناسبة من حيث الحجم والشكل وطريقة الفتح و..... الخ.
- تحديد أماكن التهوية الميكانيكية للتبريد الاصطناعي فى أماكن محمية من الحرارة وأشعة الشمس المباشرة.

دراسة الحالة

تقوم دراسة الحالة على اختيار أنموذج لمبنى سكنى بسيط لذوي الدخل المحدود قائم بولاية الخرطوم (وذلك لانتشار هذا النوع من المباني في الولاية) لعمل مماثلة حرارية له، لمعرفة مدى تأثير التصميم المعماري لفراغات المبنى فى الحفاظ على الأداء الحرارى الجيد للفراغات الداخلية خلال ساعات اليوم، وذلك من خلال دراسة أثر الأوضاع التصميمية للفراغات الحيزية المكونة لأجزاء المبنى ذات التهوية الجيدة، والمردود الحرارى المناسب خلال ساعات الذروة الحرارية للوصول إلى أنسب الحلول التصميمية الحرارية التى تتيح أنسب الوضعيات، والتي تؤدى بدورها إلى الحد من إستخدام وسائل التبريد الصناعي وتقليل كلفة تشغيل المبنى.

أنموذج الدراسة

أنموذج الدراسة المختار عبارة عن مبنى سكنى قائم بمدينة أمدرمان بمنطقة الثورات، وهو مكون من طابق واحد (غرفتين وبرندتين) وتوصف باللغة العامية بمصطلح غرفة خلف خلاف. بالإضافة لصالون للرجال وحمامان منفصلان ومطبخ خارجي، فى موقع بمساحه 300 متر مربع، يحده من الجهتين الشمالية والغربية جار سكنى ومن الجهتين الشرقية والجنوبية شارع بعرض 15م. راجع الشكل 1.



الشكل 1: الأنموذج الأصل

وسبب اختيار هذا النوع من المساكن هو:

- من أكثر أنواع المنازل انتشارا في أوساط ذوي الدخل المحدود.
- البساطة فى الإنشاء.
- اقتصادي من ناحية توفير سكن يحمى الأسرة بأقل تكلفة.
- يوافق العادات والتقاليد السودانية القائمة فى الفصل بين الرجال والنساء (غرفة للرجال وآخري للنساء) من ناحية الخصوصية بالفصل الكلى أو الجزئي (الفصل الكلى عدم وجود ممر يربط بين الغرفتين مما يعنى زيادة في الخصوصية، ووجود ممر يعنى خصوصية اقل وكلما ذاد عرض الممر كلما قلت الخصوصية).

الوصف التصميمي لأنموذج الدراسة

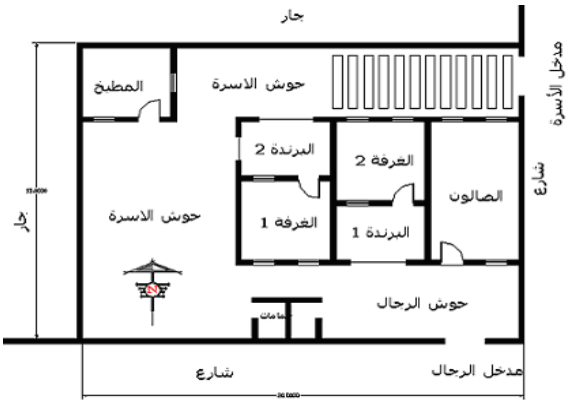
نجد أن العلاقات بين أجزاء المسكن علاقة بسيطة واضحة تتلخص في الاتي: راجع الشكل 1

- التصميم فى شكل مستطيل بسيط لا يوجد به تعقيدات.
- التصميم للكتلة العام شبه مفتوح من خلال البرادات المحيطة بالغرف.
- الكتلة المبنية ذات توجيه تهويه طبيعية شمالية جنوبية، بغرض تهوية جميع أجزاء الكتلة طبيعياً.
- المطبخ فى وضعية سهلة الاستخدام من جهة حيز النساء ومعه مساحة خدمه خارجية عباره عن الحوش.
- الحمامات فى وضعية سهلة للاستخدام للجنسين.
- الفصل الواضح بين منطقتي الرجال والنساء حيث تتوفر غرفة وبرنده وحوش ومدخل لكل من الرجال والنساء.

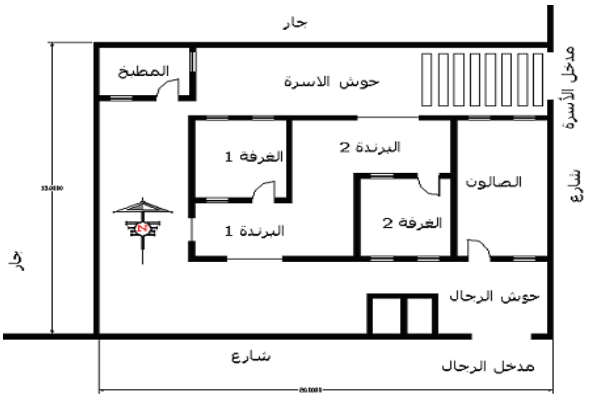
تطوير الأنموذج

إن الغرض الأساسي من التعديلات التى تمت على النموذج موضوع الدراسة (الأصل) فى تغير وضعية تصميم الفراغات المكونة للمبنى السكنى هو إعطاء المجال للتعرف على أثر أوضاع الفراغات الحيزية فى المحافظة على الأداء الحراري للبيئة الحرارية الداخلية خلال ساعات اليوم، مع الحفاظ على الطابع المميز لهذا النوع من المساكن (من ناحية الفصل والخصوصية والبساطة والاقتصادية) فى جميع النماذج المعدلة.

التعديل الأول: التعديل الذي تم على الأنموذج الأصل كان بإلغاء الممر الرابط بين قسم الرجال وقسم النساء والذي بدوره أدى إلى زيادة الفصل والخصوصية. راجع الشكل 2.



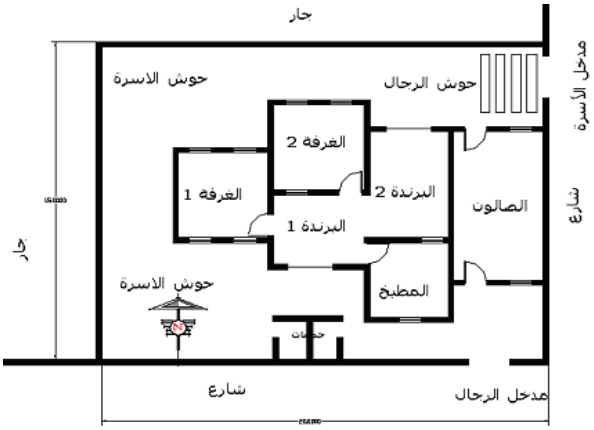
الشكل 2: الأنموذج المعدل الأول



الشكل 3: الأنموذج المعدل الثاني

التعديل الثاني: فى هذا التعديل تمت زيادة عرض الممر الرابط بين قسم الرجال وقسم النساء بمقدار الضعف وعكس وضعية الغرف الموجودة فى الأنموذج الأصل حيث أصبحت الغرفة الشمالية غرفة جنوبية والبرند الجنوبية برندة شمالية والعكس بالعكس راجع الشكل 3.

التعديل الثالث: فى هذا التعديل تم ضم كتلة المطبخ الخارجي إلى بقية كتل المبنى وبحيث يخدم الوظيفة دون أن يفقد المبنى طابعه المميز (الفصل والخصوصية) وبالاستفادة من التعديل الأول فى إلغاء الممر الرابط بين الغرف والربط بطريقة مباشرة بين البرندات دون الحوجة إلى ممر رابط بينهما. راجع الشكل 4.



الشكل 4: الأنموذج المعدل الثالث

منهجية دراسة الحالة

تقوم **منهجية دراسة الحالة** على إستخدام برنامج الحاسب الآلى **(HTB2)** لعمل المماثلة الحرارية لمعرفة تأثير الوضعيات التصميمية المختلفة للفراغات الحيزية على الأداء الحراري للبيئة الداخلية لكتلة المبنى. ولإتمام عملية المماثلة الحرارية تم تزويد برنامج الحاسب الآلي (HTB2) على المعلومات المناخية الأساسية لتشغيله من خلال الموقع النسبي والمعلومات المناخية الخاصة بالأنموذج المختار، وكذلك تم اختيار درجات الحرارة المسجلة بمصلحة الإرصاد الجوي لليوم الثامن من شهر مايو إلى اليوم العاشر منه للعام 1998م، والمعروفة بارتفاع درجة حرارتها فى هذه الفترة من السنة.

برنامج الحاسب الآلي HTB2

هو برنامج حاسب آلي متخصص في محاكة الأداء الحراري للمباني والدراسات المتعلقة باستهلاك الطاقة فيها، كما يعمل على إمداد العلماء والمبرمجين والباحثين والمصممين بوسائل مرنه للدراسة التفصيلية لكيفية عمل المبنى فيما يتعلق بالحرارة والطاقة على المدى القصير[10]. ولإجراء المماثلة الحرارية فى هذا البرنامج لابد من توفر المعلومات التالية:

- الموقع الجغرافي للمبنى متمثلاً فى خطوط الطول والعرض.
- معرفة التقسيم الداخلي لفراغات المبنى الحيزية.
- وضع مكونات المبنى وارتباط أسطحها مع الداخل والخارج.
- عدد وخواص مواد البناء المستخدمة فى تشيد الفواصل الداخلية.
- الخواص الحرارية للمواد المستخدمة فى تشيد المبنى.
- التهوية الطبيعية (معدل ونمط سريان الرياح وكيفية التحكم بها) فى المبنى.
- جدولة وتوقيت الأحداث.
- حالة الطقس الخارجية.
- تحديد فترة التشغيل.
- تحديد نوع المعلومات المراد استخراجها ومداها الزمنى.).

ولعمل المماثلة الحرارية بصورة صحيحة تم تزويد برنامج الحاسب الآلي HTB2 بالمعلومات المناخية التالية [1*] : درجة حرارة الهواء، سرعة الرياح، اتجاه الرياح، الرطوبة

[1*]-المعلومات أعلاه تكون خلال كل ساعة من ساعات اليوم (24 قراءة خلال اليوم).
-تم تثبيت قيمة غطاء السحب (0.15) والإشعاع المشتت كنسبة ثابتة 15% من الإشعاع الكلى فى حالة السماء الصافية.

النسبية، غطاء السحب (0-1)، الإشعاع الشمسي الكلى، إشعاع الشمس المشتت[11] ،

وعند عمل المماثلة الحرارية للنموذج الأصل يتم تجاهل كل مصادر الحرارة الإضافية الناتجة من إنارة أو حرارة ناتجة من الطبخ أو أي مصادر أخرى، فقط يتم الأخذ بالاعتبار مصادر الحرارة الخارجية.

عملية المماثلة الحرارية

سيتم عمل المماثلة الحرارية لأكثر الفراغات الحيزية بالمبنى استخداما خلال ساعات اليوم (الغرف البرندات والصالون للرجال) أما الفراغات الخدمية (**المطبخ:** فهو خارجي مما يعنى عدم تأثيره على كتلة المبنى المدروسة، ولكن فى أحد النماذج المعدلة تم ضمه إلى باقي كتل المبنى لمعرفة أثره فى هذه الحالة على الأداء الحراري على البيئة الداخلية. **والحمامات:** من النوع البسيط فى إستخدام تقنية تحليل الفضلات (الحجر الماص) الذي يحتاج إلى تغير وتبديل موضعة من فترة إلى أخرى)، فسوف يتم تجاهلهما لانفصالها عن كتلة المبنى الرئيسية. عملية المماثلة الحرارية المقترحة لتحليل النموذج الأصل والنماذج المعدلة بواسطة برنامج الحاسب الآلي (HTB2) مرت بالمراحل التالية:

- **تحديد نوع التهوية المستخدمة:** نوع التهوية فى عملية المماثلة الحرارية التى تمت على فراغات النماذج المختارة اعتمدت الدراسة التهوية الليلية، وهى تهوية الفراغات الداخلية لمكونات المبنى عن طريق فتح النوافذ والفتحات ليلاً والسماح بدخول الهواء للفراغ وتجديده بهواء آخر بارد حيث يكون الهواء الخارجي أقل درجة حرارة عنه فى الفراغات الداخلية التى تكون درجة حرارتها بدأت بالارتفاع نتيجة للفقد الحرارى الذى يحدث من أجزاء المبنى للحرارة المكتسبة خلال ساعات النهار الحار، وإغلاق هذه الفتحات والنوافذ فى الفترة النهارية للحفاظ على درجات الحرارة المكتسبة من خلال التهوية فى الفترة الليلية للفراغات الداخلية إلى أطول فترة خلال ساعات النهار الحارة.

- **دراسة الأداء الحراري لكل فراغات النماذج:** تم رصد درجات حرارة الفراغات الداخلية المكونة للنماذج قيد الدراسة خلال ساعات اليوم بهدف عقد المقارنة بينها من خلال القراءات الناتجة من عملية المماثلة الحرارية، والتي سوف ستعرض فى شكل رسومات بيانية يمثل محورها السيني ساعات اليوم المختلفة (بنظام 24 ساعة) ويمثل محورها الصادي درجات الحرارة المئوية، وكذلك هناك جدول مرفق مع كل أنموذج من النماذج يوضح درجات حرارة كل فراغ من فراغات النماذج المدروسة خلال كل ساعة من ساعات اليوم. والتي جاءت كالاتي في الأشكال (5،6،7،8) أدناه.

مناقشة النتائج

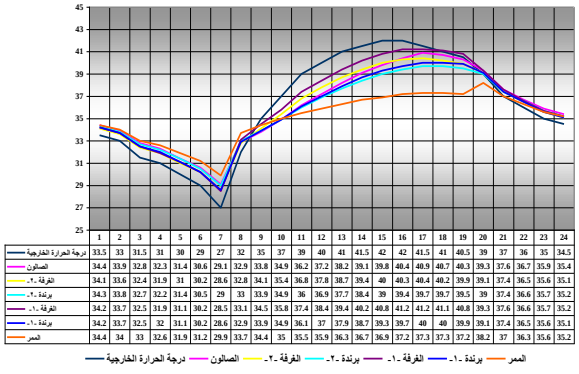
تمت عملية المماثلة الحرارية للنماذج المختلفة لكتلة المبنى فى الخطوتين التاليتين:

الخطوة الأولي: مقارنة الأداء الحراري لفراغات كل نموذج على حده: النتائج المتحصلة نتيجة لعملية المماثلة الحرارية عبارة عن حصيلة قراءة درجات حرارة الفراغات المختلفة بين النماذج المختلفة والتي سوف ستعرض فى شكل رسومات بيانية يمثل محورها السيني ساعات اليوم المختلفة (بنظام أل 24 ساعة) ويمثل محورها الصادي درجات الحرارة المئوية.

1. الأداء الحراري للإنموذج الأصل:

بالرغم من توجيه الفراغات الحيزية فى نموذج الأصل يسمح بتهوية طبيعية جيدة ومستمرة خلال ساعات اليوم، إلا أن الأداء الحراري والمرصود من عملية المماثلة الحرارية لفراغات هذا الأنموذج توضح تدنى الأداء الحراري لفراغات المبنى بشكل عام وخصوصاً فى ساعة الذروة الحرارية، حيث ترتفع درجات حرارة فراغات المبنى بشكل ملحوظ ويكون الفرق بين درجة الحرارة الخارجية ودرجة الحرارة الداخلية للفراغات صغير جداً مما يؤكد سوء الأداء الحراري للفراغات بالأنموذج خلال فترة الظهيرة [12].

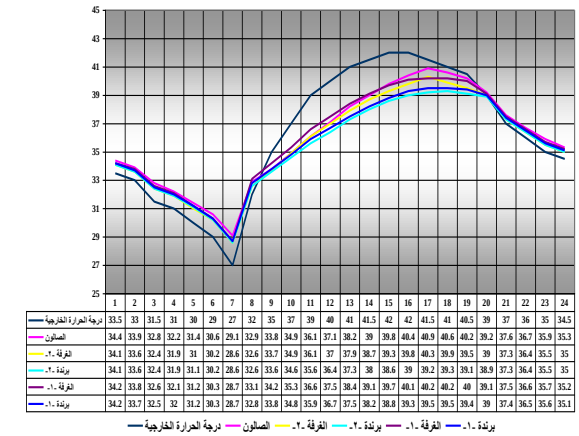
أما الفترة المسائية حيث تنخفض درجة الحرارة الخارجية وتبدأ درجة الحرارة الداخلية بالارتفاع نتيجة لعملية الفقد الحراري الناتج من فقدان أجزاء المبنى للحرارة المكتسبة فى الفترة النهارية وذلك نتيجة لانخفاض درجة الحرارة الخارجية خلال الليل، مما يعنى عكس عملية انتقال الحرارة من اكتساب لها خلال فترات النهار الحار إلى فقدان لها خلال الليل. ولا يزيد الفارق بين درجة حرارة كتلة المبنى الداخلية عن أكثر من درجة مئوية خلال ساعات الليل. راجع الشكل 5.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
درجة الحرارة الخارجية	33.5	33	31.5	31	30	29	27	32	35	37	39	40	41	41.5	42	42	41.5	41	40.5	39	37	36	35	34.5
الصالون	34.4	33.9	32.8	32.3	31.4	30.6	29.1	32.9	33.8	34.9	36.2	37.2	38.2	39.1	39.8	40.4	40.9	40.7	40.3	39.3	37.6	36.7	35.9	35.4
الغرفة ـ٢ـ	34.1	33.6	32.4	31.9	31	30.2	28.6	32.8	34.1	35.4	36.8	37.8	38.7	39.4	40	40.3	40.4	40.2	39.9	39.1	37.4	36.5	35.6	35.1
برندة ـ٢ـ	34.3	33.8	32.7	32.2	31.4	30.5	29	33	33.9	34.9	36	36.9	37.7	38.4	39	39.4	39.7	39.7	39.5	39	37.4	36.6	35.7	35.2
الغرفة ـ١ـ	34.2	33.7	32.5	31.9	31.1	30.2	28.5	33.1	34.5	35.8	37.4	38.4	39.4	40.2	40.8	41.2	41.2	41.1	40.8	39.3	37.6	36.6	35.7	35.2
برندة ـ١ـ	34.2	33.7	32.5	32	31.1	30.2	28.6	32.9	33.9	34.9	36.1	37	37.9	38.7	39.3	39.7	40	40	39.9	39.1	37.4	36.5	35.6	35.1
المعمر	34.4	34	33	32.6	31.9	31.2	29.9	33.7	34.4	35	35.5	35.9	36.3	36.7	36.9	37.2	37.3	37.3	37.2	38.2	37	36.3	35.6	35.2

الشكل 5: نتيجة عملية المماثلة الحرارية للأنموذج الأصل

2. الأداء الحراري للإنموذج المعدل الأول:



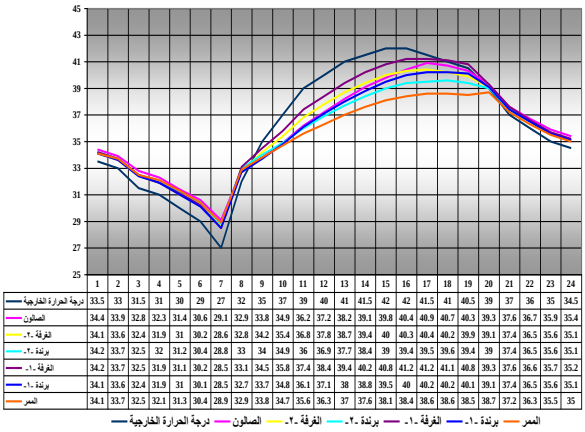
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
درجة الحرارة الخارجية	33.5	33	31.5	31	30	29	27	32	35	37	39	40	41	41.5	42	42	41.5	41	40.5	39	37	36	35	34.5
الصالون	34.4	33.9	32.8	32.2	31.4	30.6	29.1	32.9	33.8	34.9	36.1	37.1	38.2	39	39.8	40.4	40.9	40.6	40.2	39.2	37.6	36.7	35.9	35.3
الغرفة ـ٢ـ	34.1	33.6	32.4	31.9	31	30.2	28.6	32.6	33.7	34.9	36.1	37	37.9	38.7	39.3	39.8	40.3	39.9	39.5	39	37.3	36.4	35.5	35
برندة ـ٢ـ	34.1	33.6	32.4	31.9	31.1	30.2	28.6	32.6	33.6	34.6	35.6	36.4	37.3	38	38.6	39	39.2	39.3	39.1	38.9	37.3	36.4	35.5	35
الغرفة ـ١ـ	34.2	33.8	32.6	32.1	31.2	30.3	28.7	33.1	34.2	35.3	36.6	37.5	38.4	39.1	39.7	40.1	40.2	40.2	40	39.1	37.5	36.6	35.7	35.2
برندة ـ١ـ	34.2	33.7	32.5	32	31.2	30.3	28.7	32.8	33.8	34.8	35.9	36.7	37.5	38.2	38.8	39.3	39.5	39.5	39.4	39	37.4	36.5	35.6	35.1

الشكل 6: نتيجة عملية المماثلة الحرارية للأنموذج المعدل الأول

عند سحب فراغ الممر (الفراغ الذي يربط بين قسمي الرجال والنساء) في هذا الأنموذج لمعرفة تأثير الممر في الأداء الحراري لباقي فراغات المبنى وإمكانية خلق بيئة داخلية أكثر راحة حرارية بدون وجود الممر[13] . تشير نتائج المماثلة الحرارية التى تمت إلى عدم وجود تحسن ملحوظ فى الأداء الحراري لفراغات المبنى حيث تعطى نتائج مقاربة لنتائج الأنموذج الأصل خلال فترة الظهيرة الحارة أو المسائية والصباحية المعتدلة حرارياً. مما يعنى أن تأثير الممر من الناحية البيئة ضعيف جداً وبشكل واضح. راجع الشكل 6.

3. الأداء الحراري للأنموذج المعدل الثاني:

فى هذا الأنموذج تمت زيادة حجم فتحة الممر بين الغرفتين لدراسة تأثير هذه الزيادة على الأداء الحراري، إلا أن القراءات المتحصل عليها تشير إلا أن الأداء الحراري لفراغات الأنموذج أسوأ النتائج بالمقارنة مع النموذجين الأصل والأول وخصوصاً خلال فترة الظهيرة[14] . مما يعنى أن زيادة حجم الممر يعطى أسوأ النتائج. راجع الشكل 7.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
درجة الحرارة الخارجية	33.5	33	31.5	31	30	29	27	32	35	37	39	40	41	41.5	42	42	41.5	41	40.5	39	37	36	35	34.5
الصالون	34.4	33.9	32.8	32.3	31.4	30.6	29.1	32.9	33.8	34.9	36.2	37.2	38.2	39.1	39.8	40.4	40.9	40.7	40.3	39.3	37.6	36.7	35.9	35.4
الغرفة -٢-	34.1	33.6	32.4	31.9	31	30.2	28.6	32.8	34.2	35.4	36.8	37.8	38.7	39.4	40	40.3	40.4	40.2	39.9	39.1	37.4	36.5	35.6	35.1
برندة -٢-	34.2	33.7	32.5	32	31.2	30.4	28.8	33	34	34.9	36	36.9	37.7	38.4	39	39.4	39.5	39.6	39.4	39	37.4	36.5	35.6	35.1
الغرفة -١-	34.2	33.7	32.5	31.9	31.1	30.2	28.5	33.1	34.5	35.8	37.4	38.4	39.4	40.2	40.8	41.2	41.2	41.1	40.8	39.3	37.6	36.6	35.7	35.2
برندة -١-	34.1	33.6	32.4	31.9	31	30.1	28.5	32.7	33.7	34.8	36.1	37.1	38	38.8	39.5	40	40.2	40.2	40.1	39.1	37.4	36.5	35.6	35.1
الممر	34.1	33.7	32.5	32.1	31.3	30.4	28.9	32.9	33.8	34.7	35.6	36.3	37	37.6	38.1	38.4	38.6	38.6	38.5	38.7	37.2	36.3	35.5	35

الممر — برندة -١- — الغرفة -١- — برندة -٢- — الغرفة -٢- — الصالون — درجة الحرارة الخارجية

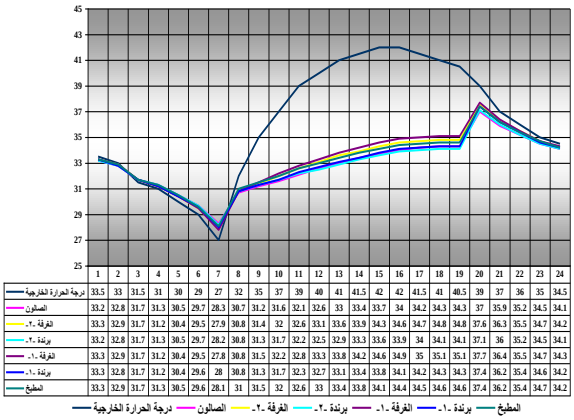
الشكل 7: نتيجة عملية المماثلة الحرارية للإنموذج المعدل الثاني

4. الأداء الحراري للإنموذج المعدل الثالث:

هذا الأنموذج يختلف عن باقي النماذج فى أنه يضم فراغ آخر إلى كتلة المبنى وهو المطبخ، ونجد أن الفراغ المضاف قد ساعد على الحفاظ على انخفاض درجة حرارة كتلة المبنى الداخلية بالمقارنة إلى باقي النماذج الأخرى وذلك من القراءات المأخوذة من عملية المماثلة الحرارية كما هو واضح من نتائج المماثلة الحرارية، حيث أن درجة الحرارة الداخلية انخفضت فى كل فراغات كتلة المبنى بشكل ملحوظ مما يعنى أداء حراري أفضل خلال فترات اليوم. ففي ساعات الصباح والنهار[15] نجد أن كتلة المبنى تحتفظ بدرجة حرارتها المنخفضة خلال ساعات الذروة الحارة، حيث يكون فى ساعات النهار الفارق بين درجة الحرارة الداخلية لفراغات المبنى أقل من درجة الحرارة الخارجية بشكل ملحوظ. أما الفترة المسائية حين تنخفض درجة الحرارة الخارجية تبدأ درجة الحرارة الداخلية فى الارتفاع ولا يزيد الفارق بين درجة حرارة كتلة المبنى الداخلية ودرجة الحرارة الخارجية عن أكثر من درجة مئوية خلال ساعات الليل. راجع الشكل 8.

الخطوة الثانية: مقارنة الأداء الحراري لكل فراغ مشابه من فراغات النماذج المختبرة كل على حده:

من خلال نتائج عملية المماثلة الحرارية فى النماذج المختلفة موضع الدراسة خلال ساعات اليوم (الأربع وعشرين)، وكذلك عمل مقارنه للفراغات المتشابه فى النماذج المختلفة من اختيار ثلاثة أوقات مختلفة من ساعات اليوم، وفى فترات مختلفة من اليوم (الفترة الصباحية الساعة الثامنة، والفترة النهارية الساعة السادسة عشر، والفترة المسائية عند ساعة منتصف الليل). وكذلك هناك جدول مرفق مع كل نموذج من النماذج يوضح درجات حرارة كل فراغ من فراغات النماذج المدروسة خلال كل ساعة من ساعات اليوم.



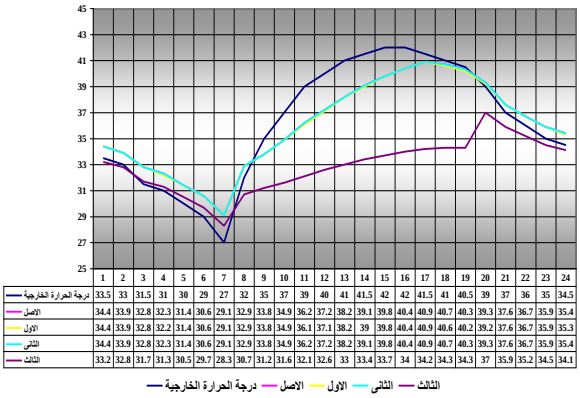
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
درجة الحرارة الخارجية	33.5	33	31.5	31	30	29	27	32	35	37	39	40	41	41.5	42	42	41.5	41	40.5	39	37	36	35	34.5
الصالون	32.2	32.8	31.7	31.3	30.5	29.7	28.3	30.7	31.2	31.6	32.1	32.6	33	33.4	33.7	34	34.2	34.3	34.3	37	35.9	35.2	34.5	34.1
الغرفة -٢-	33.3	32.9	31.7	31.2	30.4	29.5	27.9	30.8	31.4	32	32.6	33.1	33.6	33.9	34.3	34.6	34.7	34.8	34.8	37.6	36.3	35.5	34.7	34.2
برندة -٢-	33.2	32.8	31.7	31.3	30.5	29.7	28.2	30.8	31.3	31.7	32.2	32.5	32.9	33.3	33.6	33.9	34	34.1	34.1	37.1	36	35.2	34.5	34.1
الغرفة -١-	33.3	32.9	31.7	31.2	30.4	29.5	27.8	30.8	31.5	32.2	32.8	33.3	33.8	34.2	34.6	34.9	35	35.1	35.1	37.7	36.4	35.5	34.7	34.3
برندة -١-	33.3	32.8	31.7	31.2	30.4	29.6	28	30.8	31.3	31.7	32.3	32.7	33.1	33.4	33.8	34.1	34.2	34.3	34.3	37.4	36.2	35.4	34.6	34.2
المطبخ	33.3	32.9	31.7	31.3	30.5	29.6	28.1	31	31.5	32	32.6	33	33.4	33.8	34.1	34.4	34.5	34.6	34.6	37.4	36.2	35.4	34.7	34.2

المطبخ — برندة -١- — الغرفة -١- — برندة -٢- — الغرفة -٢- — الصالون — درجة الحرارة الخارجية

الشكل 8: نتيجة عملية المماثلة الحرارية للإنموذج المعدل الثالث

فراغ الصالون:

عند الساعة الثامنة من الفترة الصباحية نجد أن الفرق بين درجة الحرارة الخارجية والنماذج الأصل والأول والثاني لا تزيد بأكثر من 0.9 درجة مئوية أما فى النموذج الثالث فهي تعطى قراءة تقل بمقدار 1.3 درجة مئوية أي أفضل من كل قراءات النماذج الأخرى. وعند الساعة السادسة عشر من وقت الظهيرة نجد أن القراءات تدل إلى أن الأداء الحراري لوضعية الصالون تعطى قراءات أفضل حيث تقل بمقدار 1.6 درجة مئوية عن درجات الحرارة الخارجية أما فى النموذج الثالث فنجد أن القراءات المتحصلة هي أفضل القراءات بين النماذج المختبرة حيث تقل درجة حرارة فراغ الصالون فى النموذج بمقدار يصل إلى 8.0 درجة مئوية عن درجة الحرارة الخارجية وهو فرق واضح وكبير.



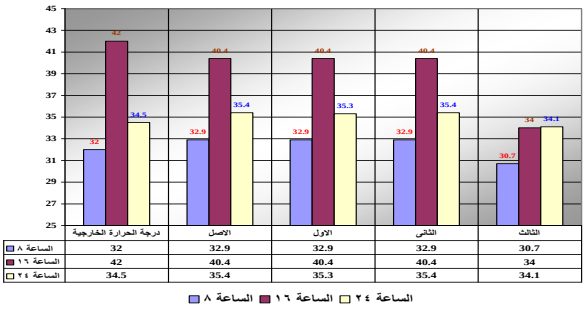
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
درجة الحرارة الخارجية	33.5	33	31.5	31	30	29	27	32	35	37	39	40	41	41.5	42	42	41.5	41	40.5	39	37	36	35	34.5
الاصل	34.4	33.9	32.8	32.3	31.4	30.6	29.1	32.9	33.8	34.9	36.2	37.2	38.2	39.1	39.8	40.4	40.9	40.7	40.3	39.3	37.6	36.7	35.9	35.4
الاول	34.4	33.9	32.8	32.2	31.4	30.6	29.1	32.9	33.8	34.9	36.1	37.1	38.2	39	39.8	40.4	40.9	40.6	40.2	39.2	37.6	36.7	35.9	35.3
الثاني	34.4	33.9	32.8	32.3	31.4	30.6	29.1	32.9	33.8	34.9	36.2	37.2	38.2	39.1	39.8	40.4	40.9	40.7	40.3	39.3	37.6	36.7	35.9	35.4
الثالث	33.2	32.8	31.7	31.3	30.5	29.7	28.3	30.7	31.2	31.6	32.1	32.6	33	33.4	33.7	34	34.2	34.3	34.3	37	35.9	35.2	34.5	34.1

الثالث — الثاني — الاول — الاصل — درجة الحرارة الخارجية

الشكل 9: فراغ الصالون

وقراءات النماذج عند ساعة منتصف الليل نجد أن النموذج الأصل والأول والثاني تسجل أعلى درجة حرارة خلال اليوم للقراءات الحرارية المرصودة بمقدار 0.9 درجة مئوية عن درجة الحرارة الخارجية وذلك ناتج من عملية الفقد الحراري الذي يكون قد وصل قمته فى رصد هذه الساعة، أما بالنسبة

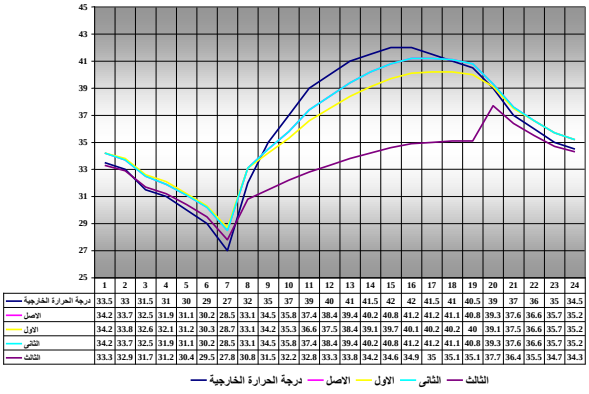
للنموذج الثالث فبالرغم من الفقد الحراري الذي يحدث فإنه يعطى قراءات تقل عن قراءات الحرارة الخارجية بمقدار 0.4 درجة مئوية. راجع الشكل 9. .فبالرغم من عدم تغيير وموقع الصالون النماذج المختبرة إلا أن النموذج الثالث أعطى قراءة أفضل لدرجة الحرارة الداخلية عن باقي القراءات فى النماذج الأخرى التى أعطت نتائج لا يتعدى الفرق بين درجات حرارتها فيما بينها أكثر من 0.1 °م. بينما النموذج الثالث يعطى فرق كبير بينه وبين باقي قراءات النماذج الأخرى تصل إلى أكثر من 6.0 °م. فى فترة من فترات اليوم. راجع الشكل 9a.



الشكل 9a: فراغ الصالون

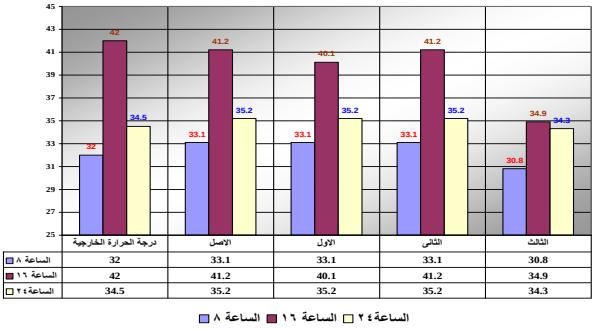
فراغ الغرفة1:

فى الفترة الصباحية عند (الساعة الثامنة) نجد أن الفرق بين قراءة درجة الحرارة الحرارية فى النماذج المختبرة وقراءة درجة الحرارة الخارجية يقل بمقدار بسيط لا يتعدى 0.9 - 1.2 درجة مئوية بينها. أما فى فترة النهارية عند الساعة السادسة عشر فالفرق واضح بين درجة الحرارة الخارجية الذي يصل إلى 42 درجة مئوية وبقية النماذج المختبرة، فتقل درجة حرارة النماذج الأصل والأول والثاني عن درجة الحرارة الخارجية بمعدل 0.8 – 1.9 درجة مئوية وهو انخفاض ليس بالكبير ولكن بالنظر إلى قراءة النموذج الثالث فالفرق يزيد بمعدل كبير يصل إلى 7.1 درجة مئوية مما يعنى أداء حراري متميزاً. أما بالنسبة لقراءات الفترة المسائية ساعة منتصف الليل فدرجة الحرارة الداخلية لفراغ الغرفة1 تزيد عن درجة الحرارة الخارجية بمقدار نصف درجة مئوية فى النماذج الأصل والأول والثاني بينما تقل بمقدار ضئيل جداً فى النموذج الثالث يصل إلى 0.2 درجة مئوية عن درجة الحرارة الخارجية. راجع الشكل 10.



الشكل 10: فراغ الغرفة 1

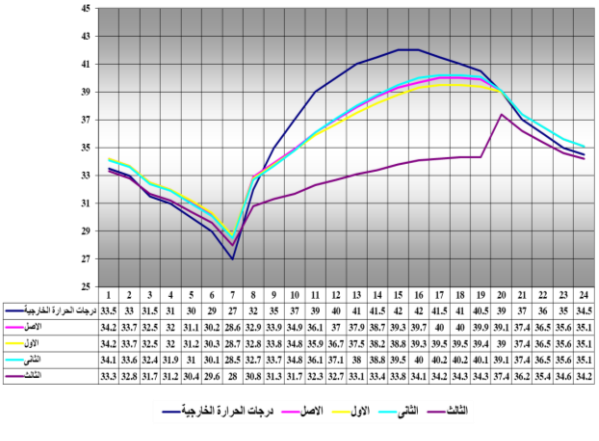
من الملاحظ للأداء الحراري أن قراءة درجة الحرارة للنموذج الأصل والثاني لفراغ الغرفة1 قد انطبقت تماماً. وأن الفرق بين قراءات درجات الحرارة للنماذج الأصل والأول والثاني بالمقارنة مع قراءة درجة الحرارة الخارجية يكون بسيط خلال أغلب فترات اليوم مما يدل على سوء الأداء الحراري لفراغ الغرفة1 بتلك النماذج، عكس الأداء الحراري لنفس الفراغ بالنموذج الثالث بالنسبة لدرجة الحرارة الخارجية حيث يعطى قراءة تدل على أداء حراري متميز للفراغ. راجع شكل 10a.



الشكل 10a: فراغ الغرفة 1

فراغ البرندة 1:

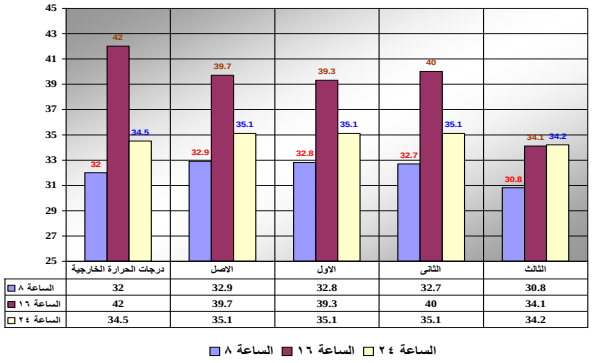
فى الفترة الصباحية عند الساعة الثامنة نجد أن قراءة النماذج المختبرة تعطى درجات حرارة تزيد عن درجة الحرارة الخارجية ذات درجة الحرارة 32 درجة مئوية بقدار يتراوح بين 0.6 – 0.9 درجة مئوية. بينما قراءة النموذج الثالث تعطى انخفاض بأقل من 1.2 درجة مئوية عن درجة الحرارة الخارجية. وفى فترة الظهيرة عند الساعة السادسة عشر حيث تصل درجة الحرارة الخارجية 42 درجة مئوية تقل درجة حرارة النماذج الأصل والأول والثاني عنها بمقدار 2.5 - 2.7 درجة مئوية، أما قراءة النموذج الثالث فتعطى فرق كبير حيث يصل إلى أكثر من 7.9 درجة مئوية أقل من درجة الحرارة الخارجية. وفى الفترة المسائية وعند ساعة منصف الليل فالنموذج الثالث تقل درجة حرارته المأخوذة من عملية المماثلة الحرارية عن درجة الحرارة الخارجية بمقدار بسيط لا يتعدى 0.3 درجة مئوية أما باقي النماذج المختبرة فتزيد عن درجة الحرارة الخارجية بقدر يزيد عن نصف درجة مئوية. راجع الشكل 11.



الشكل 11: فراغ البرندة 1

من نتائج القراءات نلاحظ أن النموذج الثالث يعطى أفضل النتائج للأداء الحراري لفراغ البرندة، أما بالنسبة لباقي النماذج المختبرة خلال الفترة النهارية ذات الحرارة العالية بالمقارنة مع درجة الحرارة الخارجية، بينما تكون القراءات

متقاربة بين النماذج ودرجة الحرارة الخارجية خلال الفترتين المسائية والصباحية. راجع شكل 11a.



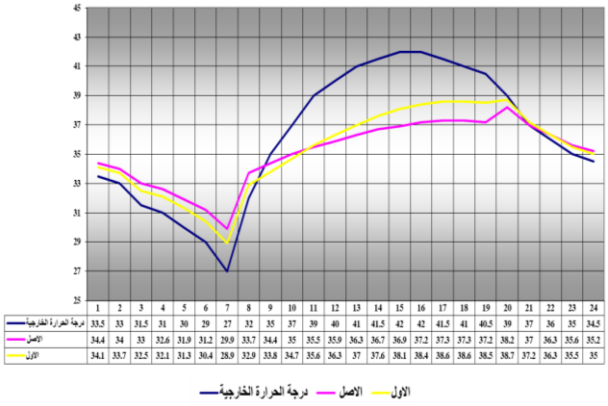
	درجات الحرارة الخارجية	الاصل	الاول	الثاني	الثالث
الساعة ٨	32	32.9	32.8	32.7	30.8
الساعة ١٦	42	39.7	39.3	40	34.1
الساعة ٢٤	34.5	35.1	35.1	35.1	34.2

الساعة ٨ الساعة ١٦ الساعة ٢٤

الشكل 11a: فراغ البرندة 1

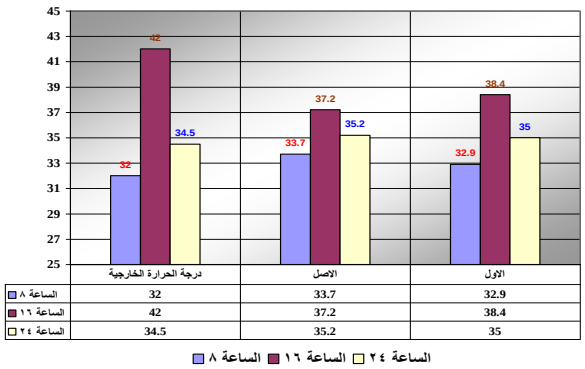
فراغ الممر:

ومن خلال النتائج المرصودة من عملية المماثلة الحرارية للنموذجين يلاحظ أن الفرق ليس بكبير فى القراءات الحرارية الملاحظة خلال ساعات اليوم. فدرجة حرارة النموذجين المختبرين (الأصل والأول) لا يزيد عن درجة الحرارة الخارجية بأكثر من 0.9 درجة مئوية فى الساعة الثامنة صباحاً وهو فارق ليس بالكبير، أما فى الساعة السادسة عشر نهاراً تنخفض درجة حرارة الممر بالنموذج الأصل بمقدار 4.8 درجة مئوية عند درجة الحرارة الخارجية بينما تقل درجة حرارة فراغ الممر فى النموذج الأول بمقدار 3.6 درجة مئوية أي بفارق 1.2 درجة مئوية عن النموذج الأصل. أما الملاحظ من الأداء الحراري عند ساعة منتصف الليل أن الفرق بين درجة الحرارة بين والنموذجين المختبرين لا تتعدى 0.2 درجة مئوية فيما بينهما، وتزيد عن درجة الحرارة الخارجية بمقدار أكثر من نصف درجة مئوية بقليل. راجع الشكل 12.



الشكل 12: فراغ الممر

النتائج المتحصل عليها من عملية المماثلة الحرارية لفراغ الممر تنحصر فى نموذجين فقط هما الأصل والأول. وفراغ الممر هو عبارة عن الحيز الرابط بين الفراغات والفاصل بين الوظائف. فكلما كان عرض الفراغ صغير كلما زاد الممر فى الفصل والخصوصية بين الوظائف وكلما زاد عرضه كلما قل الفصل والخصوصية بين الفراغات ولو انعدم الممر كانت الخصوصية والفصل كاملتين. راجع الشكل 12a.



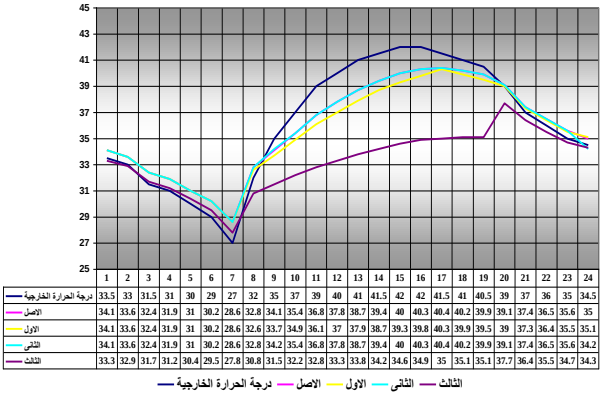
	درجة الحرارة الخارجية	الاصل	الاول
الساعة ٨	32	33.7	32.9
الساعة ١٦	42	37.2	38.4
الساعة ٢٤	34.5	35.2	35

الساعة ٨ الساعة ١٦ الساعة ٢٤

الشكل 12a: فراغ الممر

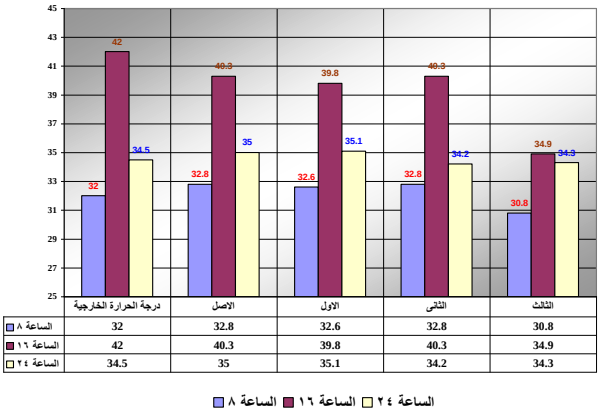
فراغ الغرفة 2:

فى الساعة الثامنة صباحاً نلاحظ أن القراءة الحرارية للنماذج الأصل والأول والثاني تزيد بمقدار ضئيل لا يتعدى 0.8 درجة مئوية عن درجة الحرارة الخارجية بينما تقل بمقدار 1.2 درجة مئوية فى قراءة النموذج الثالث وقراءات الساعة السادسة عشر من وقت الظهيرة تشير إلى انخفاض درجة حرارة النماذج ألأصل والأول والثاني بمقدار 1.7 – 2.2 درجة مئوية عن درجة الحرارة الخارجية التى تصل إلى 42 درجة مئوية، بينما يكون انخفاض درجة الحرارة لفراغ الغرفة 2 بشكل واضح من خلال قراءة درجة حرارة النموذج الثالث التى تقل بأكثر من 7 درجات مئوية. أما قراءة درجة حرارة النماذج خلال ساعة منتصف الليل فتنخفض درجة الحرارة لتصل إلى 34.5 درجة مئوية ودرجة حرارة النماذج المختبرة تزيد بمقدار لا يتجاوز النصف درجة مئوية فى النموذجين الأصل والأول وتقل بنفس المقدار فى النموذجين الثاني والثالث. راجع الشكل 13.



الشكل 13: فراغ الغرفة 2

الأداء الحراري لفراغ الغرفة 2 شبيه بالأداء الحراري لفراغ الغرفة1 حيث تنطبق قراءة النموذج الأصل مع النموذج الثاني من خلال نتائج عملية المماثلة الحرارية، هذا بالإضافة إلى أن الأداء الحراري للنماذج الأصل والأول والثاني قريب من بعضها البعض حيث لا يتعدى الفارق أكثر من نصف درجة مئوية، لكن نجد الاختلاف ظهر بوضوح فى قراءة النموذج الثالث الذي يعطى أداء حراري جيد بالمقارنة مع درجة الحرارة الخارجية وبقية النماذج. راجع الشكل 13a.

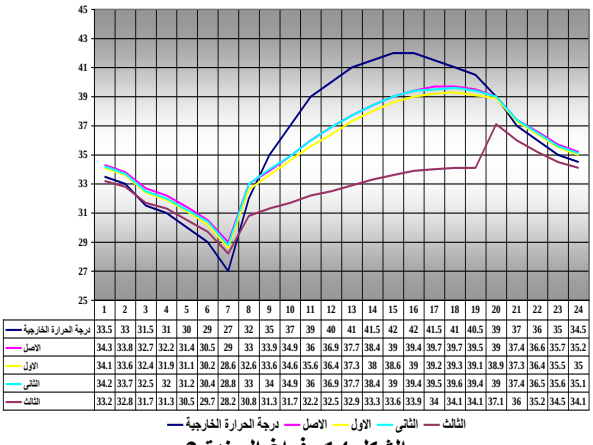


الشكل 13a: فراغ الغرفة 2

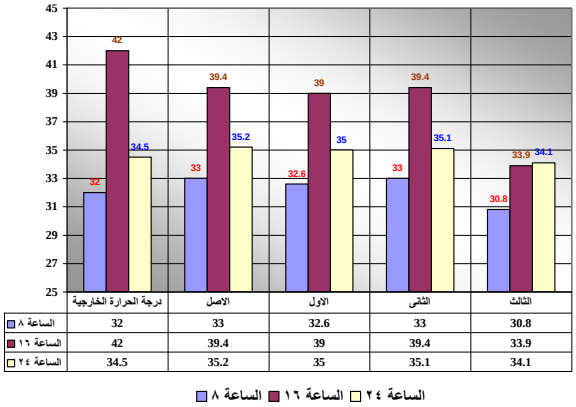
فراغ البرندة 2:

عند الساعة الثامنة صباحاً نجد أن النموذج الثالث يعطى قراءة لدرجة حرارته أقل بمقدار 1.2 درجة مئوية عن درجة الحرارة الخارجية بينما النماذج الأصل والأول والثاني تعطى درجة حرارة تزيد بفارق لا يتعدى النصف درجة مئوية إلى الدرجة مئوية. أما قراءة درجة حرارة النموذج الثالث خلال الفترة النهارية عند الساعة السادسة عشر تظهر الفرق الواضح بينه وبين النماذج الأخرى، حيث يعطى قراءة تقل بمقدار أكثر من ثماني درجات مئوية كاملة بينه وبين درجة الحرارة الخارجية مما يعنى أداء حراري متميز، أما النماذج الأخرى فلا يتعدى الفرق بينها وبين درجة الحرارة الخارجية أكثر من ثلاث درجات مئوية. وكذلك الأداء الحراري للنماذج المختبرة فى الفترة المسائية عند ساعة منتصف الليل فإن الفارق بين قراءة درجة حرارة البرندة 2 ودرجة الحرارة الخارجية فى النماذج الأصل والأول والثاني تزيد بمقدار ضئيل لا يتعدى 0.7 درجة مئوية بينما تقل فى النموذج الثالث بمقدار ضئيل أيضاً لا يتعدى 0.3 درجة مئوية. راجع الشكل 14.

إن عملية المماثلة الحرارية التى تمت على فراغ البرندة 2 ضمن النماذج المختبرة أعطت قراءات يلاحظ فيها تقارب الأداء الحراري لفراغ البرندة فى النماذج الأصل والأول والثاني بشكل تكاد تنطبق فيه قراءة درجة الحرارة لكل النماذج على مدار ساعات اليوم بشكل واضح، ولا يتعدى الفرق بين القراءات فى النماذج أكثر من نصف درجة مئوية عكس الأداء الحراري للفراغ فى النموذج الثالث الذي يعطى قراءة تدل على أداء حراري ممتاز بالمقارنة مع النماذج الأخرى أو درجة الحرارة الخارجية. راجع الشكل 14a.



الشكل 14: فراغ البرندة 2



الشكل 14a: فراغ البرندة 2

الخلاصة

مما سبق ذكره أن هدف الدراسة الأساسي هو دراسة الجانب التصميمي لأثر وضعية فراغات المبنى الحيزية على الأداء الحراري للبيئة الداخلية، ومن مقارنة النتائج المتحصلة من عملية المماثلة خلصت الدراسة إلى بعض النقاط التالية:

عند تصميم مبنى سكنى يجب مراعاة تكامل الأداء بين الوظائف المختلفة والحماية من التأثير الحراري الناتج من أشعة الشمس المباشرة أو المنعكسة. فمن عملية المماثلة الحرارية نجد أن الأداء الحراري البناء المستمر فى خط مستقيم يؤدى إلى تأثير حراري سلبي على الفراغات الداخلية وذلك لأن كل مساحة الحوائط تكون معرضة لأشعة الشمس المباشرة كما أوضحته نتائج المماثلة الحرارية للنموذج الأصل والنماذج المعدلة الأول والثاني، أما فى النموذج المعدل الثالث حيث تم خلق بروز وارتدادات فى وضعية الفراغات بكتلة المبنى كان الأداء الحراري للنتائج المرصودة أفضل بشكل واضح عن باقي النماذج، حيث انخفضت درجة الحرارة بمعدل يصل إلى ثماني درجة مئوية. وذلك لأن أجزاء المبنى قامت بتظليل بعضها البعض مما قلل من مساحة أسطح الحوائط المعرضة لأشعة الشمس.

توجيه المبنى لجهتي الشمال والجنوب يسمح بقدر أكبر من التهوية الطبيعية خصوصاً خلال الفترة المسائية والتي تساعد على تجديد الهواء وعلى خفض درجة الحرارة الداخلية لفراغات المبنى بفارق يتراوح ما بين ثلاثة إلى ثماني درجات مئوية. وبالرغم من هذا، لا يعنى أن استمرارية التهوية خلال اليوم تعنى أفضل أداء حراري لفراغات المبنى، وذلك لأن نتائج المماثلة الحرارية للنموذج الأصل والنماذج المعدلة الأول والثاني كانت ذات تهوية جيدة لكن الأداء الحراري لفراغاته لم يكن جيداً خلال ساعات اليوم.

التوصيات

من خلال الدراسة وبالرغم من أن التصميم السليم للفراغات الحيزية للمبنى يقود إلى أداء حراري جيد للبيئة الداخلية، لكن ليس بالتصميم فقط يمكن الوصول إلى حد الراحة الحرارية المناسبة للإنسان. وظهر جلياً من خلال الدراسة أن هنالك بعض الجوانب التى ظهرت وتحتاج إلى مزيد من البحث حتى يتثنى للجميع الوصول إلى أفضل القرارات التى تساعد على تبريد المبنى طبيعياً والوصول به إلى حد الراحة الحرارية خلال ساعات اليوم. ويمكن تلخيص هذه الجوانب فى الآتي:

- التوسع في تأثير المبني حرارياً ومي تأثره بالمباني المجاورة.

- التوسع فى دراسة التبريد الطبيعي بواسطة التهوية الطبيعية ومحاولة معرفة التوقيت المناسب خلال اليوم للتهوية الطبيعية للمبنى.
- التوسع فى دراسة مواد البناء والإنهاء ومعرفة أثرها فى الأداء الحراري وكيفية معالجتها لتقليل تسرب الحرارة من خلالها إلى داخل المبنى.
- محاولة توفير نماذج قائمة حقيقية للدراسة حتى تساعد على الحصول على نتائج ملموسة وحقيقية نسبة الخطأ فيها محسوب، حيث أن المماثلة الحرارية بواسطة الحاسب الآلي لا تعطى نتائج دقيقة، وإنما تعطى نتائج تقريبية مما يكون فى كثير من الأحيان هذه النتائج التقريبية غير مناسبة للمساعدة فى اتخاذ القرار المناسب.

المراجع

[1] عمر محمد عبد الرحمن الأقرع، (1996)، تأثير المناخ والبيئة على السكن فى أواسط السودان، تطوير السكن العربي عبر العصور، اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، سوريا، دمشق

[2] آرام عبد العزيز السني عباس، (2019)، أثر التصميم المناخي على تحقيق الراحة الحرارية للمستخدمين.

[3] أدهم فريد، (2003) العزل الحراري فى البناء", أنماط البناء فى الوطن العربي، عمان.

[4] عاطف الشهري، (2002)، أهمية العزل الحراري فى المباني السكنية، جدة، مجلة البناء، السنة الحادية والعشرون، العدد129.

[5] سعيد عبد الرحيم، (2004)، العناصر المناخية والتصميم المعماري، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية، 2004.

[6] أحمد كمال، (2001)، نظم التبريد السلبي فى عمارة المدينة فى بداية الهجرة وانعكاساتها على عمارة العصر الحديث، مجلة تراث، أبو ظبي، الأمارات العربية المتحدة، العدد35.

[7] شفيق العوضي ومحمد سراج، (2005)، المناخ وعمارة المناطق الحارة، مطابع الطوبجى، القاهرة.

[8] محمد مهدري شريان، (2019)، العمارة والبيئة `تخطيط المدن والعمارة البيئية، دار الكتاب الحديث.

[9] سميرة جمال جميل، (2009)، المناخ والعمارة، مجلة العلوم والتكنلوجيا، المجلد (14) العدد (1).

[10] Gale Petroski Marshland, (2004). Passive Cooling, Progressive Solar, Inc. Article from Internet

[11] Marc Rosenbaum, P. E., (1999). Passive & Low Energy Cooling Survey, Building Green, Inc., Article from Internet.

[12] Peterson, J. (2018). Characteristics of a Hot Dry Climate (Taken from sciencing.com).

[13] Wikipedia, (2016), Köppen Climate Classification, Wikipedia, [online].

[14] De-Wilde, Pieter, (2018), Building Performance Analysis, Chichester, Wiley-Blackwell, page325-422.

[15] C. Koroneos and G. Kottas, (2007), Energy Consumption Modeling Analysis and Environmental Impact Assessment of Model House in The Saloniki-Greece. Building and Environment, (42):122–138.