INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.

Improving the Thermal Performance of the Form Elements of the Vault in the Hot Desert Regions of Egypt.

(Aswan city as an applied study)

Mona M. Hashem

Assistant lecturer, Architecture Dept., higher Institute of engineering and technology – New Minia

Abdel Monteleb M. Aly

Architectural& environmental design Professor, Architecture Dept., Faculty of engineering, Assiut University

Medhat M. Osman

Architectural& environmental design assistant prof., Architecture Dept., Faculty of engineering, Minia University

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.

Abstract

The state seeks to achieve the principles of sustainability contained in the 2030 Sustainable Development Strategy related to the rationalization of energy consumption, so the environmental dimension is one of the most important elements that must be taken into account in the design of buildings, especially in the hot desert regions, because of its great importance in achieving thermal comfort for building users and reducing the use of cooling, air conditioning and heating. The final roof of the building is considered one of the important components of the building envelope, which plays a major role in protecting the internal spaces from the external environment with harsh climatic conditions. Vault is one of architectural elements that contribute to improving the thermal performance within roofing with. The research assumes that the change in the formal elements of the vault (shape- proportions- dimensions) leads to an improvement in its thermal performance, especially in hot desert regions, The study aims to improve the thermal performance of roofed spaces in vaults in hot desert regions of Egypt by changing its formal elements, the research adopts the inductive method by studying the climatic features of the Egyptian hot desert region, the concept of thermal comfort, methods of evaluating them inside building, definition of the vault and its different forms and thermal characteristics, and the field monitoring methodology of the vaults in Egypt (their forms – their locations), through the field surveys of Egyptian cities, and finally an applied analytical approach using a simulation program for the elements of the vault, The results showed some of the necessary design criteria that must be followed when using the vault as a cover for the spaces in the buildings built in the hot desert regions of Egypt.

Keywords: Thermal performance, thermal comfort, hot desert regions, vaults, simulation, Egypt.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.

1- المقدمة:

تسعى الدولة لتحقيق مبادئ الاستدامة الواردة في استراتيجية التنمية المستدامة 2030 والخاصة بترشيد استهلاك الطاقة، لذا فإن البعد البيئي يعد من أهم العناصر التي يجب مراعاتها في تصميم المباني وبخاصة في الإقليم الحار الصحراوي المصري، لما له من أهمية كبيرة في تحقيق الراحة الحرارية لمستخدمي المباني وتقليل استخدام وسائل التبريد والتكييف والتدفئة، على الرغم من ذلك نجد تجاهل شديد لهذا البعد في التصميم المعاصر، الأمر الذي أدى إلى اللجوء لاستخدام الوسائل الميكانيكية داخل المباني فيرتفع بذلك استهلاك الطاقة وتقل إمكانية جسم الإنسان على التأقلم مع الحرارة الخارجية.

1-1 فرضية البحث:

يفترض البحث أن تغيير في العناصر الشكلية للقبو من (شكل – نسب – أبعاد) يؤدي إلى تحسين الأداء الحراري له وبخاصةً في المناطق الحارة الصحراوية.

2-1 هدف البحث:

وبناءً على ما تقدم فإن البحث يهدف إلى تحسين الأداء الحراري للفراغات المسقفة بالأقبية في الأقليم الحار الصحراوي المصري عن طريق التغيير في العناصر الشكلية للقبو.

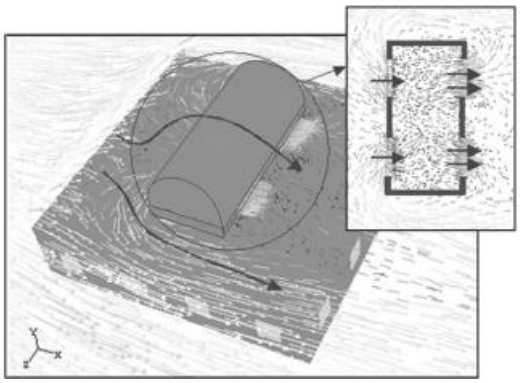
3-1 منهجية البحث:

ينتهج البحث العديد من المناهج كالمنهج الاستقرائي لما ورد في الخلفية العلمية من التعرف على السمات المناخية للإقليم الحار الصحراوي المصري، تعريف الراحة الحرارية وطرق تقييمها داخل المباني السكنية وترشيد استهلاك الطاقة، وتعريف القبو وأشكاله المختلفة والأشكال التي استخدمت منها في مصر ومميزات القبو الإنشائية والحرارية، وكذلك منهج الرصد الميداني للأقبية في مصر من حيث (أشكالها – أماكن تواجدها) عن طريق المسح الميداني للمدن المصرية، وأخيراً المنهج التطبيقي التحليلي باستخدام برنامج محاكاة لعناصر القبو الشكلية.

2- الخلفية العلمية:

تهتم الدراسة بالسقف النهائى للمبنى كونه أكثر العناصر المكونة للغلاف الخارجي للمبنى تعرضاً للظروف المناخية الخارجية، فهو يلعب دور رئيسي في وقاية الفراغات الداخلية من البيئة الخارجية ذات الظروف المناخية القاسية، والتى يجب الوصول فيها للراحة الحرارية للمستخدم، ويعتبر القبو من العناصر المعمارية المساهمة في تحسين الأداء الحراري داخل الفراغات المسقفة به حيث تبلغ مساحة سطحه المعرضه للظروف المناخية أقل بحوالي 30% من مساحة السطح المستوي المماثل له في الحجم، كما أن انحناءه يسبب زيادة في سرعة الهواء المار فوق سطحه الأمر الذي يعمل على خفض درجة حرارته،[1] كما موضح بالشكل رقم (1).

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.



شكل رقم (1): تدفق الرياح حول مبنى مسقف بالقبو.[2]

لذا تتعرض الدراسة لكل من: السمات المناخية للإقليم الحار الصحراوي المصري، مفهوم الراحة الحرارية وطرق تقييمها في المباني السكنية وترشيد استهلاك الطاقة، تعريف القبو، أشكاله، أشكال القبو المستخدمه في مصر، مميزات القبو والحرارية.

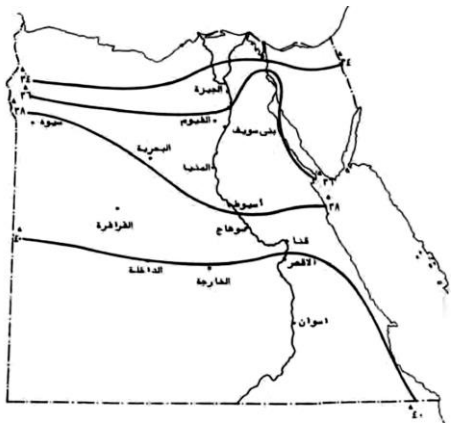
1-2 السمات المناخية للإقليم الحار الصحراوي المصري:

يتميز الإقليم المناخي الحار الصحراوي بجمهورية مصر العربية بالجفاف التام، إلا من السيول النادرة الفجائية[3]. و يتم عرض العوامل المناخية بمصر من حيث (درجة حرارة الهواء – الرطوبة النسبية – الرياح – التساقط (الأمطار)) تفصيلاً كالتالي.

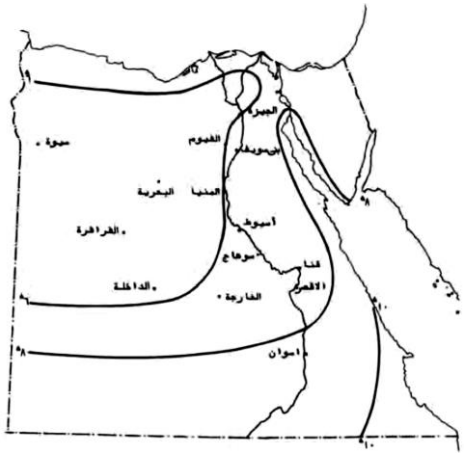
1-1-2 درجة حرارة الهواء:

نلاحظ من الشكل رقم (2)، ارتفاع درجات الحرارة في فصل الصيف ارتفاعاً ملحوظاً، حيث تتراوح درجات الحرارة ما بين (35- 41) درجة مئوية تقريباً بصعيد مصر، ويلاحظ أن الفارق بسيط بين درجات الحرارة في محافظات شمال الصعيد (الجيزة – الفيوم – بني سويف) وبين الوسط والجنوب منه. أما الشكل رقم (3)، فنلاحظ منه انخفاض درجات الحرارة في فصل الشتاء، حتى تصل إلى 6 درجات مئوية في شمال الصعيد و 8 درجات مئوية جنوباً.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.



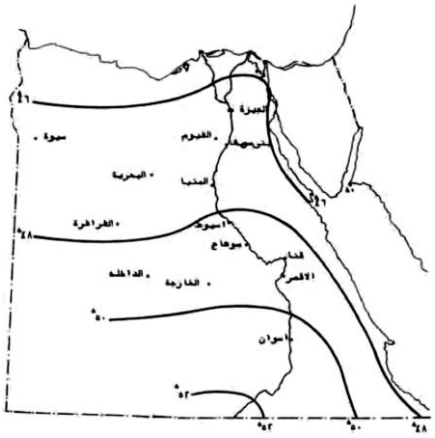
شكل رقم (2): المتوسط اليومي لأقصى درجات حرارة في شهر يوليو(ممثل لفصل الصيف) لمدن مصر[4].



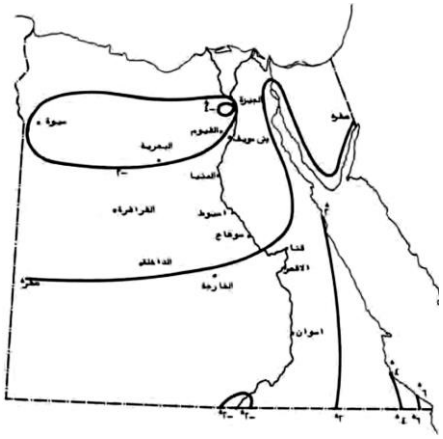
شكل رقم (3): المتوسط اليومي لأقصى درجات حرارة في شهر يناير (ممثل لفصل الشتاء) لمدن مصر[4].

ومما سبق يتضح لنا ارتفاع درجة الحرارة صيفاً إلى درجة الإرهاق الحراري، وانخفاضها شتاءً إلى درجة البرودة الشديدة[5]. ويتبين من الشكل رقم (4)، تراوح أقصى قيم درجات الحرارة بين (46 – 52) درجة مئوية تقريباً بصعيد مصر. كما يتبين من الشكل رقم (5)، أنه تتراوح أقل قيم درجات الحرارة بين (صفر – 4 تحت الصفر) درجة مئوية تقريباً[6].

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.



شكل رقم (4): المتوسط السنوى لأقصى قيم درجات حرارة لمدن مصر[4].



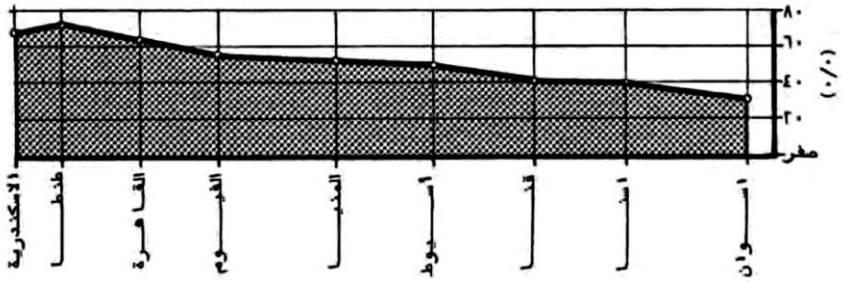
شكل رقم (5): المتوسط السنوى لأدنى قيم درجات حرارة لمدن مصر[4].

وهذا يوضح أن الفارق كبير بين أقصى وأقل قيم لدرجات الحرارة، مما يجعل المناخ في معظم محافظات صعيد مصر قارياً[6]. ويعد السبب في ذلك غياب الغيوم وقلة الرطوبة وندرة التساقطات لهذه الأوساط الجافة وشبه الجافة والتي تؤدي إلى موجات حرارية كبيرة، ففي فصل الصيف تعمل الإشعاعات الشمسية على تسخين المساحات الأفقية من (طرق - ساحات - أسطح) إلى 45 درجة مئوية أو أكثر في منتصف النهار، بينما في الليل فإن هذه المسطحات تفقد حرارتها بسرعة لتصل إلى 15 درجة مئوية أو أقل، بينما درجات الحرارة الليلية محصورة بين (18 : 22) درجة مئوية[7].

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.

2-1-2 الرطوبة النسبية:

الرطوبة النسبية تتأرجح طبقاً لدرجات الحرارة فيتراوح المتوسط السنوي للرطوبة لمدن مصر ما بين (20% – 65%)، كما هو موضح بالشكل رقم (6)[7].

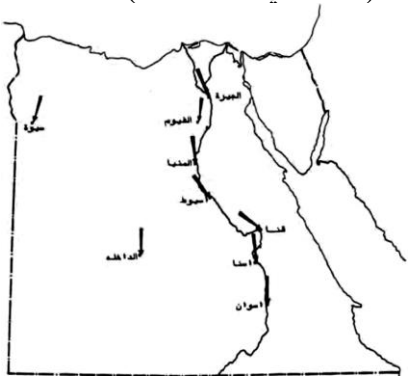


شكل رقم (6): المتوسط السنوى للرطوبة النسبية لبعض مدن مصر[3].

تتطور الرطوبة النسبية مع تطور حرارة الهواء، ويمكن أن تتغير إلى أقل من 20% بعد ذروة الحرارة وحتى 40% خلال الليل، كما أن تساقط الأمطار ضئيل يتراوح ما بين (50 : 150) مليمتر سنوياً، وعلى العموم فإن الأمطار تنطلق ابتداءً من ارتفاعات عالية، وتتبخر قبل وصولها إلى سطح الأرض[8].

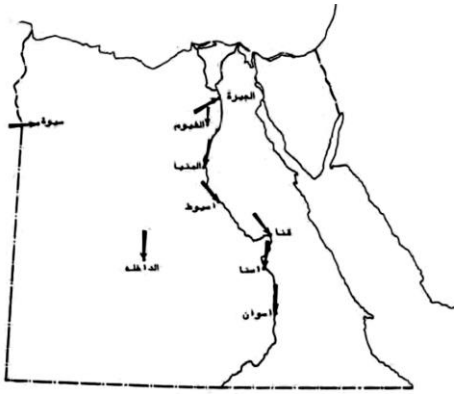
3-1-2 الرياح:

يختلف اتجاه الرياح باختلاف موقع المدن وأيضاً فصول السنة، فيوضح شكل رقم (7) اتجاه الرياح السائدة في فصل الصيف (ممثلاً في شهر يوليو). ويوضح أيضاً شكل رقم (8) اتجاه الرياح السائدة في فصل الشتاء (ممثلاً في شهر يناير) لمدن مصر[3].



شكل رقم (7): اتجاه الرياح السائدة لبعض مدن مصر
في شهر يوليو الممثل لفصل الصيف[4].

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.

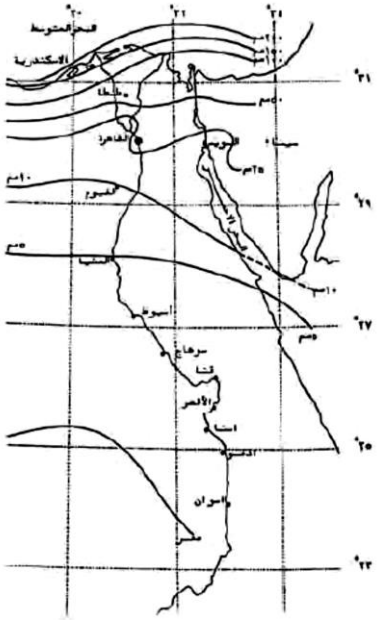


شكل رقم (8): اتجاه الرياح السائدة لبعض مدن مصر
في شهر يناير الممثل لفصل الشتاء[4].

الرياح لها دور مهم وأساسي في تغيير شكل التضاريس وتدهور التربة، ويلاحظ أن سرعتها ضعيفة بشكل عام خلال الفترة الصباحية وتضعف أكثر في منتصف النهار وتصل أقصاها بعد منتصف النهار، غير أن هذا لا يمنع تواجدها في بعض الحالات على شكل زوابع محملة بالرمال والغبار[7].

2-1-4 التساقط (الأمطار):

الأمطار نادرة في معظم محافظات مصر حيث يصل المعدل السنوي للتساقط لمدينة القاهرة إلى 50 مليمتر وبضع ملليمترات في المنيا ويندر سقوطه في مدن جنوب الصعيد كما يوضحه شكل رقم (9)، مما يؤكد أن مدن صعيد مصر ذات مناخ حار صحراوي[3].



شكل رقم (9): المعدل السنوي للتساقط فوق مدن مصر[4].

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.

2-2 مفهوم الراحة الحرارية وطرق تقييمها داخل المباني السكنية وترشيد استهالك الطاقة[8]:

يمكن تعريف الراحة الحرارية بأنها حالة الشعور بالرضا عن الظروف الحرارية داخل الفراغ[9]. وتعرف منطقة الراحة بأنها مجموعة من الظروف التي لا يشعر فيها غالبية الناس بعدم الراحة الحرارية سواء من الحرارة أو البرودة[10].
ويتم تقييمها داخل المباني السكنية وترشيد استهلاك الطاقة من خلال أي طريقة من الطرق الأربعة التالية:

2-2-1 طرق التقييم البايومناخية:

وتعتمد تلك الطريقة على تقسيم الأقاليم المناخية طبقاً لطرق التصنيف المختلفة عن طريق قياس عوامل المناخ متمثلة في درجات الحرارة الداخلية والخارجية وساعات السطوع الشمسي وكمية سقوط الأمطار، كما يتم قياس مستوي الراحة الحرارية طبقاً للظروف المناخية لكل إقليم عن طريق استطلاع آراء المستخدمين.

2-2-2 طرق القياس المعملية:

وتتم في المعامل عن طريق تثبيت العوامل المناخية وبعض الخصائص الفيزيائية للمواد وتتم بطريقين هما:
أ- القياس المباشر بواسطة الأدوات لقياس درجات الحرارة والرطوبة لتقييم الأداء الحراري في المباني.
ب- طريقة القياس لتقييم معدل استهلاك الطاقة في المباني، وبشكل خاص في المباني التي تستخدم وسائل التبريد الميكانيكية HVAC System.

2-2-3 الطرق النظرية لحساب الانتقالية الحرارية:

وهي أن يتم حساب التصرف الحراري لعناصر المبني وقياس استهلاك الطاقة بالمبنى وكيفية حساب الوفر في الاستهلاك.

2-2-4 تقييم الأداء الحراري بواسطة تطبيقات المحاكاة البيئية:

وهو أن يتم عمل نماذج محاكاة للمبني بجميع تفاصيله وخصائصه الحرارية والفيزيائية وبيانات الموقع لمحاكاة أثر التغيير في المواد على مستوي الراحة الحرارية وكمية الطاقة المستهلكة للتبريد.

2-3 تعريف القبو:

القبو هو عبارة عن هيكل تسقف به أسطح المباني على شكل نصف اسطوانة مجوفة أو قوس مكرر على طول السقف[11]. ويأخذ القبو شكله من شكل العقد المكون لواجهته (المدخل)، كما هو موضح بالشكل رقم (10).
والعقد هو عنصر معماري عند استخدامه بصورة متكررة بجوار بعضه البعض يتكون القبو، فمن العقود ما كان ذو مقطع نصف دائري فيكون شكل القبو نصف اسطواني أو يكون عقد مدبب أو ذو أربعة مراكز... وغيرها لعمل أشكال مختلفة للأسقف باستخدام الأقبية.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.

شكل رقم (10): الأقبية نصف الدائرية متكررة بالسقف، والعقود مدببة متكررة بالواجهة[11].

4-2 أشكال القبو:

تتنوع أشكال الأقبية والعقود تنوعاً كبيراً بحسب الحاجة والأهداف المعمارية لها على مر العصور حيث ظهرت أشكال مختلفة من الأقبية مثل (القبو الاسطواني – القبو المدبب – القبو المقصوص أو المفصص – القبو ذو المراكز الأربعة – القبو المنفرج – القبو المنفوخ)، ويأتي ذكرها تفصيلاً كالآتي:

1-4-2 القبو الاسطواني ذو العقد نصف الدائري:

هو الشكل الذي يكون فيه العقد المكون للقبو نصف دائرة، كما هو موضح بالشكل رقم (11)، حيث تكون سعة الفتحة هي قطر الدائرة والارتفاع نصف قطرها، أما القبو فإنه يكون نصف اسطواني. وهو شكل سهل هندسياً وبناءياً ويوزع الضغط والثقل على كتفيه بالتساوي لأنه ذو مركز واحد أو عقد متساوي الاشعاع[12].

شكل رقم (11):القبو نصف الدائري[11].

2-4-2 القبو ذو العقد المدبب:

وهو الشكل الناتج من استعمال قوسين لدائرتين حيث يكون لهذا الشكل من الأقبية مركزين، أي ارتفاع العقد أكبر من نصف سعة الفتحة، كما هو موضح بالشكل رقم (12)، وكلما تباعدت مراكز الدائرتين كان شكل العقد المدبب أكثر وضوحاً وبالعكس إذا اقتربا قل الدبب.[1] وقد استخدم هذا النوع في العمارة العربية لما له من فوائد من زيادة الارتفاع والإضاءة والتهوية فضلاً عن تفوق تحمله للضغط والثقل الذي يوزع على مركزيه[12].

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.

شكل رقم (12): القبو المدبب[13].

2-4-3 القبو ذو العقد المقصوص أو المفصص:

وهي العقود التي قصت حوافها من الداخل بواسطة سلسلة من أنصاف دوائر اتخذت لأغراض معمارية، كما هو موضح بالشكل رقم (13-أ)، أو أغراض زخرفية ابتكرها العرب المسلمون واستخدموها في مبانيهم، كما هو موضح بالشكل رقم (13-ب)، وتختلف العقود المقصوصة أو المفصصة لغرض معماري عن تلك العقود التي ظهرت فيها الفصوص أو القطع لأهداف زخرفية حيث بنيت من صنج ذات فصوص وعددها مرتبط بعدد الصنج المفصصة. أما العقد المشيد لغرض معماري فإن فصوصه مرتبطة بتقويس العقد نفسه وتقسيمه هندسياً إلى أنصاف دوائر متجاورة[12].

شكل رقم (13-أ): القبو المقصوص معمارياً[14].

شكل رقم (13-ب): القبو المقصوص زخرفياً[14].

2-4-4 القبو ذو المراكز الأربعة:

وهو التطور للعقد المدبب ذو المركزين حيث تم جمع تقوس أربع دوائر، كل قوس دائرتين في جانب فينتج من ذلك أربعة مراكز لتلك الدوائر، كما هو موضح بالشكل رقم (14)، ويمتاز هذا النوع بقوة تحمل الضغط والثقل حيث يوزع على أكتاف العقد ومراكزه بصورة متساوية، وقد ساد استخدام هذا الشكل من العقود ومقاطع الأقبية في العمارة العربية وأصبح ابتكاراً معمارياً ينسب إليها ويميزها[12].

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.

شكل رقم (14): القبو ذو المراكز الأربعة[11].

2-4-5 القبو ذو العقد المنفرج:

ويتكون هذا العقد من كتفين مستقيمين يجتمعان عند رأس العقد في زاوية منفرجة أما ساق العقد فيكون مقوس ويربط الرأسين المستقيمين. كما هو موضح بالشكل رقم (15)، ويمتاز هذا العقد بسهولة تنفيذه حيث يعمل المسند الخشبي من مستقيمين يشكلان زاوية منفرجة في رأس العقد يربطهما عند الكتفين انحناء مقوس من كل جانب، وقد قللت هذه العملية من جهد البناء في ربط أكتاف مقوسة عند رأسه.

شكل رقم (15): القبو المنفرج[11].

2-4-6 القبو ذو العقد المطول والمنفوخ:

ويتكون هذا العقد بزيادة عند أقدامه عن الخط الأفقي لسعة فتحة العقد أو القبو، كأن يكون عقد نصف دائري مطول أي توجد زيادة تابعة للعقد أسفل من سعة فتحته (قطر الدائرة). أما المنفوخ وهو عقد نصف دائري تجاوز ارتفاعه لنصف القطر أي اشتمل على جزء أكبر من الدائرة المرسومة له وبذلك يظهر شكله منفوخ، كما هو موضح بالشكل رقم (16)، ويخدم العقد المطول أغراضاً من شأنها رفع العقد عند أقدامه أو رفع سقوف المبنى التي تسندها العقود، أو زيادة في قوة تقوس الأقدام إذا كانت سعة فتحة العقد كبيرة.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.

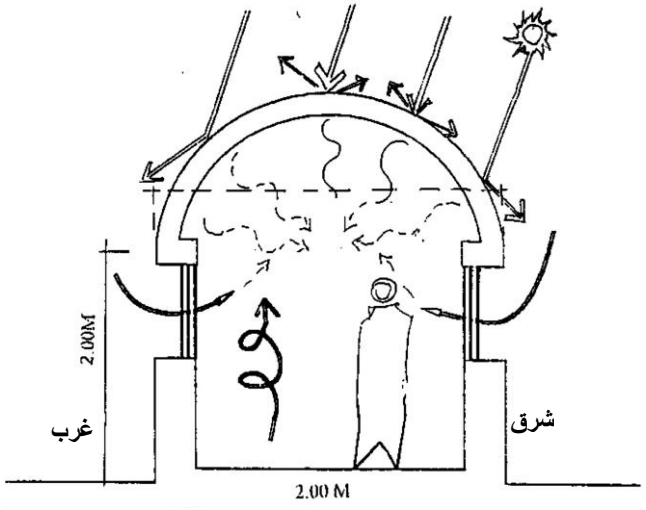
شكل رقم (16): العقد المنفوخ [15].

5-2 مميزات القبو الحرارية:

إن للسقف المقبب كفاءة عالية في عكس أكبر قدر ممكن من الأشعة الشمسية قبل دخولها كطاقة حرارية خلال السقف إلى داخل الفراغ، مما يجعله حل أفضل من السقف المستوي للوصول للراحة الحرارية داخل الفراغ[12].

وبالتحليل النوعي للتصرف الحراري للسقف المقبب نجد أن أغلب الأشعة الشمسية الساقطة على السطح الخارجي تنعكس وتتبعثر، وأما المقادير القليلة المنتقلة كطاقة من قبل السطح الخارجي للسقف فإها ستنتقل بالتوصيل إلى الوجه الداخلي للسقف ثم تبقى في الجزء الأعلى من المبنى دون تأثير يذكرعلى الجو الداخلي، أما الحرارة المنتقلة بواسطة الحمل (أي الهواء المقارب للسقف من الداخل) فإنها أيضا تبقى في الأعلى حيث يعمل الشكل المقوس على تجميع الحرارة في الحيز المقبب بحيث لا تؤثر على مستخدمي المبنى. ويمكن التخلص من الهواء الحار المتجمع في هذا المكان بواسطة التهوية الطبيعية أو باستعمال ساحبة الهواء خلال فتحتين في بداية ونهاية القبو وفي المركز.
كما أنه عند توجيه المحور الطولي للسقف المقبب نحو الشمال والجنوب فذلك يساعد على التخلص ليس من الهواء المتجمع في القسم الأعلى من البناء فحسب، بل سيعمل على استقطاب الحرارة من باقي أجزائه المترتبة على تسرب الهواء الحار من الخارج أو انتقال الحرارة إلى الداخل من النوافذ أو تلك المنتقلة من خلال الجدران وذلك لأن الهواء الحار يرتفع دائما إلى مستويات أعلى فالشكل المقبب للسقف يكون ملقفا للهواء الحار وبذلك يسهل التخلص منه أما الهواء الأبرد فسيبقى في المستويات المنخفضة داخل المبنى[18]، كما هو موضح بالشكل رقم (18).

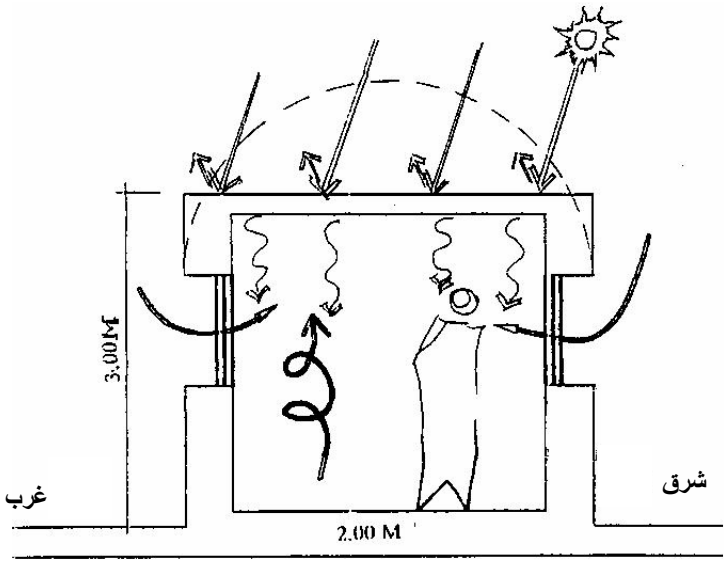
INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.



شكل رقم (18): الأداء الحراري للقبو في يوم صيف من شهر يوليو[18] .

الأبنية المسقفة بالقبو ليست جيدة فقط لكونها عنصر تبريد صيفا ولكن كعنصر تدفئة في الشتاء أيضا، فالحرارة المكتسبة في النهار من الشمس عندما تقل زاوية سقوط الأشعة على الجدران وعلى الوجه الجنوبي خاصة وتدخل من النوافذ لتدفئ المبنى يعمل القبو حينها كالمحافظ على هذه الكفاءة الحرارية للتبريد الخامل الحرارة داخل البناء.
إذ أن الحرارة المكتسبة في البناء تحت السقف الدافئ وفي هذه المرة نكون قد أغلقنا منافذ التهوية العالية والنوافذ الاعتيادية فبذلك ينحصر الهواء ولا يتسرب إلى الخارج أما الحرارة التي تحاول الانتقال بواسطة الإشعاع إلى السقف فإنها حالما تسقط على السطح الداخلي ترجع منعكسة للداخل عموما وتعمل على تدفئة الهواء في فضاء القبو وتنتقل بواسطة الحمل متحركة باتجاه باقي الفراغات وتأخذ الشكل الدائري لتبقى محافظة على الحرارة داخل البناء بوقت مناسب إلى حين شروق الشمس في اليوم التالي وذلك عندما يرتفع الهواء الدافئ إلى الأعلى ليحل الهواء الأقل دفئا أو المتسرب من المناطق الأبرد محله الهواء وبسبب اختلاف الضغط (على افتراض عدم وجود تسرب هواء من الخارج)، وبالتالي يبقى الهواء الدافئ في الغرفة دون التسرب إلى خارج المبنى، كما هو موضح بالشكل رقم (19).

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.



شكل رقم (19): الأداء الحراري للسقف المستوي في يوم من أيام شهر يوليو[18].

3- الوضع الراهن للأقبية القائمة في مصر:

يظهر من خلال البحث الميداني تقلص استخدام القبو، فهو لم يعد منتشراً كتسقيف للمباني السكنية إلا في عدد محدود من المحافظات، وبأشكال محددة، وهي تفصيلاً كالأتي:

3-1 أشكال القبو المستخدمة في مصر:

يؤرخ البعض بأن ظهور القبو يرجع إلى عصر المصريين القدماء فقد اضطر المصري القديم إلى تسقيف القاعات في وقت مبكر بالقبو من الطوب اللبن بسبب عدم توفر ألواح الخشب فكان يبني الجدران الجانبية بارتفاع واحد وربطها معا في طرفيهما بجدار مرتفع يبنى عليه القبو في شكل أنصاف دوائر مائلة، ومن الأقبية ما كان مدرج وهو أبسط أنواعها وقد تقترب الجدران الأربعة معاً فيغدو السقف على شكل قبة[16]، كما هو موضح بالشكل رقم (20).

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.

شكل رقم (20): قبو اقتربت أضلاعه حتى أصبح يشبه القبة.

[من تصوير الباحث: مدينة أسوان، جزيرة هيسا،1-7-2021]

كما ظهرت الأقبية في العمارة القبطية في الكنائس والأديرة، واستمرت كذلك بالكنائس في العمارة الحديثة في مصر كما في كنيسة ميلاد المسيح بالعاصمة الإدارية بالقاهرة. كما هو موضح بالشكل رقم (21).

شكل رقم (21): كاتدرائية ميلاد المسيح بالعاصمة الإدارية الجديدة[17].

أما في العمارة الإسلامية فقد ظهرت الأقبية في مصر في العصر الفاطمي فنجدها في مسجد الجيوشي والصالح طلائع والأقمر، وقد ظهرت في مصر عدة أشكال من الأقبية وهي: (القبو الاسطواني - القبو المنفرج - القبو المدبب - القبو المتقاطع).

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.

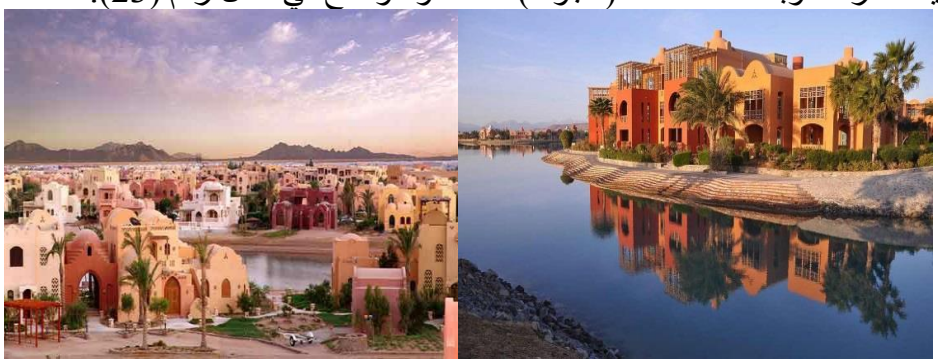
2-3 أماكن تواجد الأقبية في مصر:

نجد من الرصد الميداني لأماكن تواجد الأبنية المستخدمة للأقبية كعنصر تسقيف لها تقلص تواجد التسقيف بالقبو في مصر إلا من بعض المحافظات وهي كالآتي:

- مدينة 6 أكتوبر وبخاصة منطقة (هرم سيتي)، كما هو موضح في شكل رقم (22).

شكل رقم (22): المباني السكنية بهرم سيتي بمدينة 6 أكتوبر بالقاهرة مسقفة بالأقبية[20].

- مدينة الغردقة وبخاصة منطقة (الجونة)، كما هو موضح في شكل رقم (23).



شكل رقم (23): مباني سكنية بالجونة بمدينة الغردقة مسقفة بالأقبية[21].

- مدينة الوادي الجديد بأغلب مبانيها السكنية وغيرها بكل واحاتها المختلفة، كما هو موضح في شكل رقم (24).

شكل رقم (24): مباني سكنية بقرية القرنة بمدينة الخارجة مسقفة بالأقبية[22]

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.

- مدينة أسوان بكثرة وخاصة (قرية النوبة)، كما هو موضح بالشكل رقم (25).

شكل رقم (25): المباني السكنية بالنوبة بمدينة أسوان[22]

كما لم يعد مستخدم من أنواع الأقبية بالمباني السكنية بتلك المحافظات سوى القبو الاسطواني والمنفرج، ولكن الأبسط والأكثر انتشارًا هو القبو الاسطواني والبعض منه يتميز بوجود فتحات لدخول كلاً من الإضاءة والتهوية الطبيعية، كما هو موضح بالشكل رقم (26).

شكل رقم (26): وجود الفتحات في الأقبية لدخول الإضاءة والتهوية الطبيعية[23].

4- الدراسة التطبيقية:

تم عمل تجربة عملية لمعايرة النموذج على برنامج المحاكاة (Design Builder) في نفس ظروف الدراسة التطبيقية للبحث في مدينة أسوان كانت منهجيتها كالتالي:

أ- رسم وتصوير نموذج لأحد المباني ذات سقف مقبب تم رفعه على الواقع بجزيرة هيسا بمدينة أسوان.

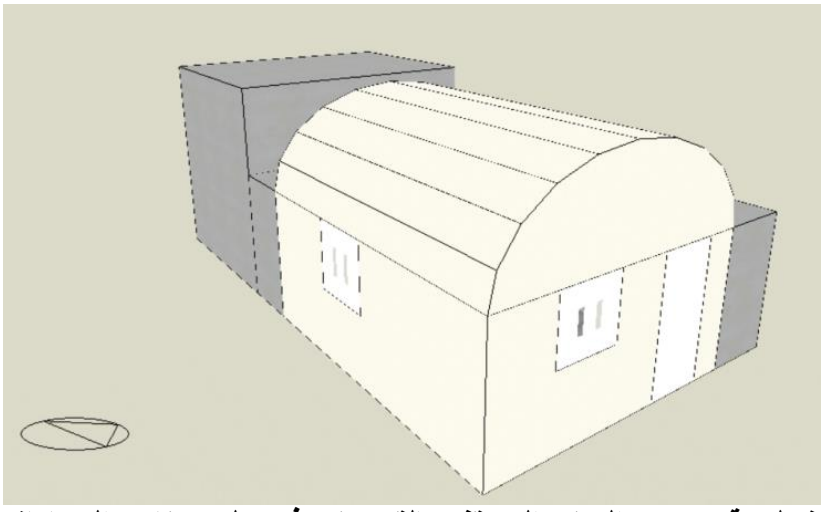
ب- قياس درجة الحرارة والرطوبة داخل وخارج الوحدة كل ساعة على مدار 14 يوم من 4: 17 يوليو.

ج- بناء نموذج تمثيلي في برنامج المحاكاة لنفس المبنى الذي تم رفعه من الطبيعة، كما هو موضح بالشكل (27).

د- إدخال البيانات المناخية لدرجات الحرارة والرطوبة الخارجية التي تم قياسها من الطبيعة لملف البيانات المناخية.

ه- عمل محاكاة للنموذج في تلك الأيام واستخلاص درجات الحرارة داخل الغرفة من البرنامج ومقارنتها بدرجات الحرارة المقاسه.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.

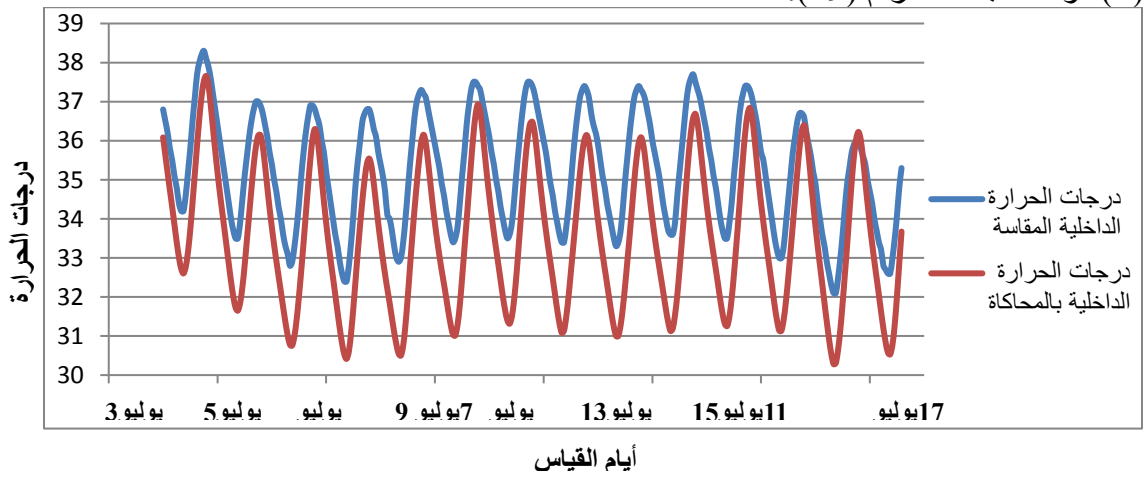


شكل رقم (27): المبني المسقف بالقبو كنموذج على برنامج المحاكاة.

المصدر: [من تصوير الباحثة من شاشة برنامج المحاكاة Design Builder] [18]

وفي إطار تلك المنهجية كانت الأبعاد الداخلية للمبنى المسقف بالقبو هي 3.38م × 4.10م وحوائطه الخارجية مبنية من الحجر الجيري بسمك 30 سم, وكان ارتفاعها الداخلي 2.41م، وارتفاع القبو 1.4م، ليكون اجمالي ارتفاع المبنى 3.81م.

وقد تم التعديل على ملف درجات الحرارة لمدينة أسوان وذلك بأخذ نسخة من الملف الأصلي على البرنامج وادخال درجات حرارة القياس في أيام القياس (4: 17) يوليو لكل ساعة ومن ثم استدعاء الملف مرة أخرى على البرنامج لعمل المحاكاة فقد ظهرت المقارنة، كما هو موضح بالشكل رقم (28)، ثم مقارنة درجات حرارة الداخلية للمبنى على برنامج المحاكاة بدرجات الحرارة الداخلية المقاسة بالأجهزة على برنامج (SPSS) لمعرفة مدى دقة بناء النموذج على برنامج المحاكاة لتكون نسبة التقارب هي 96%، كما هو موضح بالجدول رقم (1)، وكذلك بالشكل رقم (29).

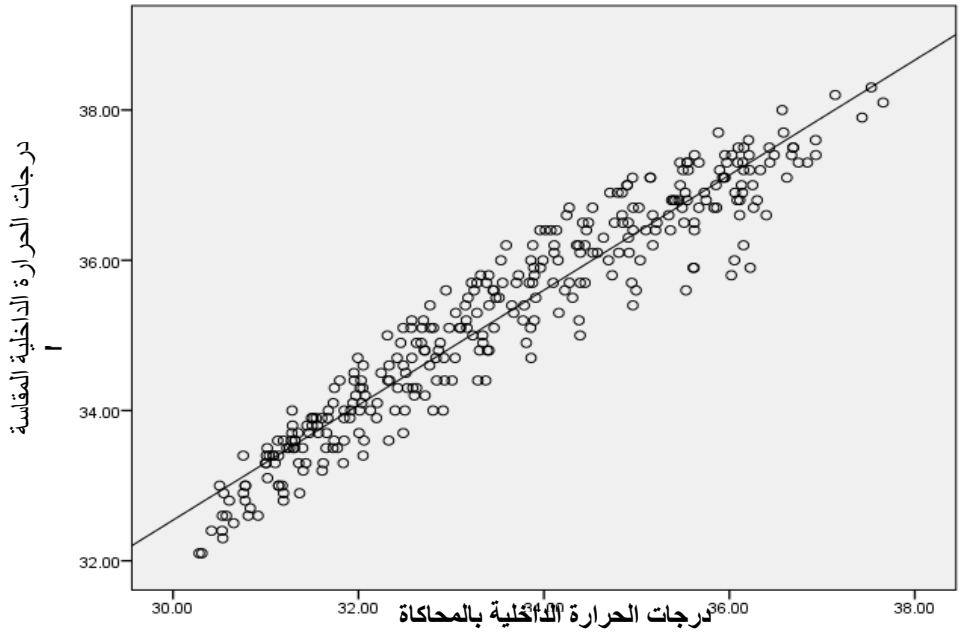


شكل رقم (28):منحنى مقارنة درجات الحرارة المقاسة بدرجات الحرارة على برنامج المحاكاة.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.

جدول رقم (1): مقارنة نتائج المحاكاة بالقياس على برنامج (SPSS).*

	درجات الحرارة الداخلية بالمحاكاة	درجات الحرارة الداخلية المقاسة	الدلالة الاحصائية
المدى	30.2-37.6	32.1-38.3	0.0001*
المتوسط ± الانحراف المعياري	33.5±1.8	35.2±1.4	
متوسط الفرق	1.7±0.6		
النسبة المئوية للفرق	4.8%		



شكل رقم (29): مدى تقارب نتائج المحاكاة والقياس على برنامج (SPSS)*.

***تم إدخال البيانات وتحليلها باستخدام الإصدار 21 من برنامج (SPSS). حيث تم تقديم البيانات كمدى ومتوسط و SD، وكانت مقارنة القياس والمحاكاة داخل وخارج باستخدام اختبار مستقل لعينة t (Independent sample T test)، تم حساب الفرق وتم حساب النسبة المئوية للفرق، (SPSS Inc., Chicago, Ill., USA).**

ومن خلال التعامل مع البرنامج يتم اختيار نتائج التمثيل الحراري فقط في عملية المحاكاة والتي تعرض بيانات الحرارة والرطوبة بالوحداتها، وقد تم اختيار مستوى المحاكاة ليكون المتوسط الشهري لدرجات الحرارة خلال العام.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.

ويتم دراسة العناصر الشكلية للقبو باختيار كل من الشكل الاسطواني والشكل المنفرج لشيوعهم في بناء الأقبية بالمباني السكنية في مصر، أم بالنسبة لنسب الأبعاد فقد يتم اختيار النسبة (1: 2) وهي نسبة بناء القبو الاسطواني،وكذلك النسب (1: 3 – 1: 1,618 وهي النسبة الذهبية – 2: 3) وهم النسب الشائع استخدامهم بالعناصر المعمارية، ليتم محاكاتهم على برنامج المحاكاة (Design Builder) كالتالي:

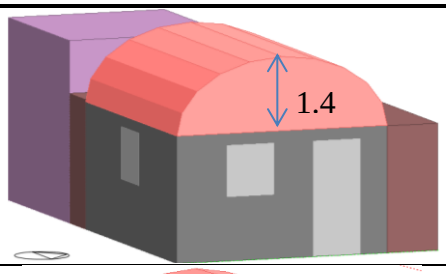
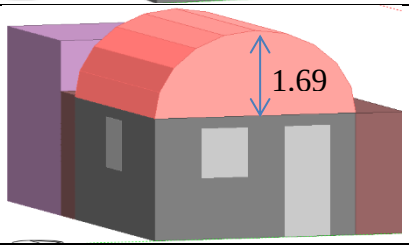
1-4 منهجية العمل على برنامج المحاكاة:

تعتمد الدراسة على دراسة سابقة لها قامت برصد الوضع الراهن للأداء الحراري لمبنى قائم بمدينة أسوان مسقف بقبو منفرج أبعاده من حيث الطول والعرض والارتفاع على التوالي هي (4.11 – 3.38 – 1.4)، وقد تم في هذه الدراسة رصد درجات الحرارة الداخلية والخارجية لغرفة القياس خلال الفترة 4 – 17 يوليو[25]، وقد تم استخدام درجات الحرارة الداخلية المقاسة لعمل مقارنة بينها وبين درجات الحرارة الداخلية الناتجة عن المحاكاة، بالإضافة لتحييد العناصر الأخرى بالمبنى وذلك بجعل حوائط المبنى على وضع (Adiabatic)، وغلق الفتحات لعدم مرور الهواء لعدم تدخل عامل الرياح في التأثير وكذلك توجيه المحور الطولي للقبو باتجاه الشمال ليكون على الوضع المثالي لاكتساب الحرارة، وتثبيت كل من طول وعرض القبو والتغيير في ارتفاعه فقط لمعرفة مدى تأثير التغيير بالعناصر الشكلية للقبو (شكل – نسب – أبعاد) على أداءه الحرارى بالفراغات المسقف بها.

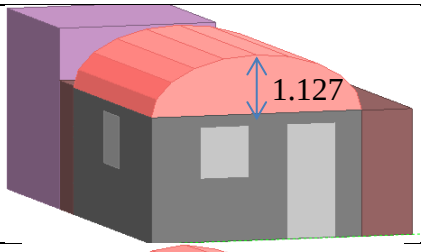
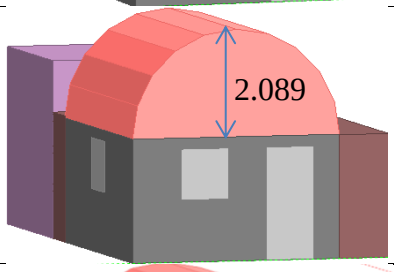
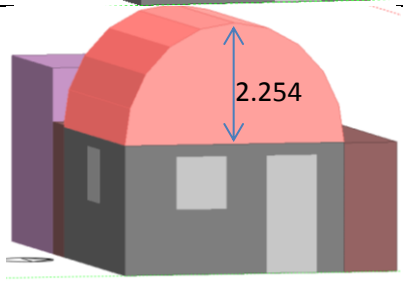
2-4 محاكاة العناصر الشكلية:

حيث يتم محاكاة النماذج من حيث الشكل والنسب والأبعاد ومقارنة المتوسط الشهري لدرجات الحرارة الداخلية للنموذج الأصلي بالنماذج المقترحة خلال العام كالتالي:

جدول رقم (2): مواصفات النموذج الأصلي والنماذج المقترحة شكلياً.

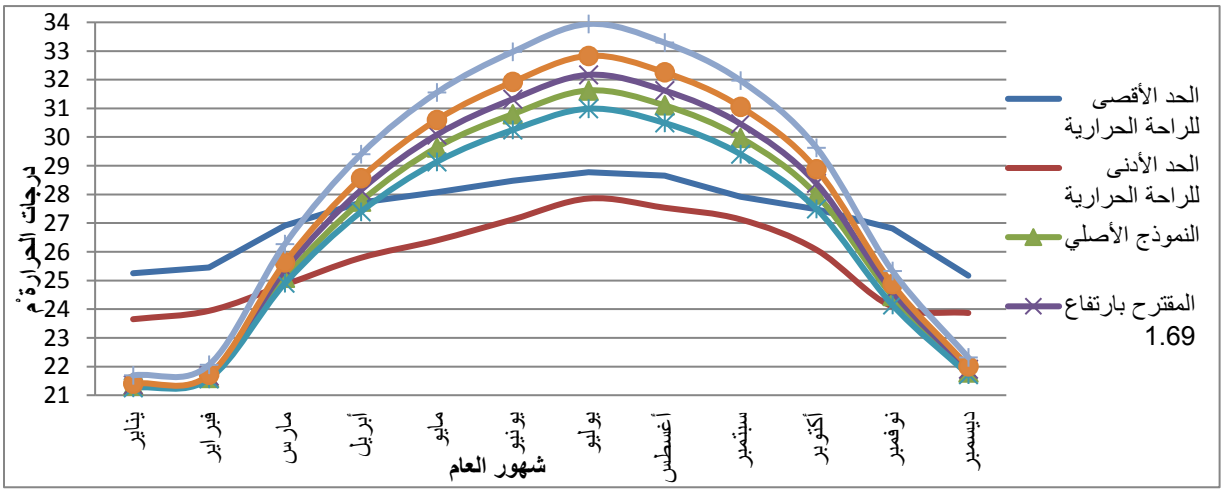
	الصورة	الشكل	الأبعاد	النسب
النموذج الأصلي		منفرج	4,10*3,38*1,4	*2.4 :1
النموذج المقترح الأول		اسطواني	4,10*3,38*1,69	2 :1

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.

النموذج المقترح الثاني		منفرج	*3,38*1,127 4,10	3 :1
النموذج المقترح الثالث		منفرج	4,10*3,38*2,089	1,618 :1
النموذج المقترح الرابع		منفرج	4,10*3,38*2,254	3 :2

***نسبة القبو المقاس على الطبيعة، ويتم مقارنة نسب النماذج المقترحة بها.**

لتكون نتائج محاكاة درجات الحرارة الداخلية للنماذج الشكلية المقترحة وكذلك النموذج الأصلي كما هي موضحة بالشكل رقم (30):



شكل رقم (30): منحنيات مقارنة المتوسط الشهري لدرجات الحرارة الداخلية للنماذج المقترحة شكلياً بالنسبة للنموذج الأصلي.

المصدر: [من إعداد الباحثة].

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.

يوضح الشكل رقم (30) مقارنة بين المتوسط الشهري لدرجات الحرارة الداخلية لنماذج تجارب المحاكاة الشكلية المقترحة والنموذج الأصلي، ليتضح أن هناك تقارب شديد في الأداء الحراري بين جميع النماذج المقترحة والنموذج الأصلي في الشهور (ديسمبر – يناير – فبراير) الممثلة لفصل الشتاء، بينما بدأ الأداء الحراري في الاختلاف خلال الشهور (يونيو - يوليو – أغسطس) الممثلة لفصل الصيف، حيث بلغ التباعد عن الحد الأقصى للراحة الحرارية ذروته في شهر يوليو، وقد حقق النموذج المقترح الثاني وهو القبو المنفرج وأبعاده (4,10*3,38*1.127)م، أي بنسبة [1: 3] أفضل أداء حراري وأقل درجات حرارة داخلية حيث تباعد أقصى درجات حرارة له عن الحد الأقصى للراحة الحرارية في شهر الذروة (يوليو) بنسبة 7.4%، وتمكن من تقليل المتوسط الشهري لدرجات الحرارة الداخلية مقارنة بالنموذج الأصلي بنسبة 1.6%، ويعزى هذا إلى أن المساحة السطحية المعرضة لأشعة الشمس المباشرة تبعاً لتوجيه حالة الدراسة وخاصةً في أوقات الصباح والبعد الظهيرة حيث تشرق الشمس وتغرب بزوايا ارتفاع منخفضة على الضلع الطولى للقبو حيث المساحة المعرضة الإشعاع الشمسي المباشر قليلة وبالتالي الاكتساب الحراري للسطح القبو قليل، الأمر الذي جعل القبو بنسبة 1: 3 الأكثر كفاءة من حيث الأداء الحراري صيفاً بالمناخ الحار الجاف الصحراوي. بينما جاء الأداء الحراري لكل من النموذج المقترح الأول وهو القبو الاسطواني وأبعاده (4,10*3,38*1.69)م، أي بنسبة [1: 2]، والنموذج المقترح الثالث وهو قبو منفرج وأبعاده (4,10*3,38*2.089)م، أي بنسبة [1: 1,618]، والنموذج المقترح الرابع وهو قبو منفرج وأبعاده (4,10*3,38*2.254)م، أي بنسبة [2: 3] بزيادة المتوسط الشهري لدرجات الحرارة الداخلية صيفاً بالنسبة للنموذج الأصلي بنسبة (2.2% - 4.5% - 7.3%) على التوالي، وكانت نسبة التباعد لهم عن الحد الأقصى للراحة الحرارية في شهر الذروة (يوليو) هي (10.6% – 12.5% - 15.6%) على التوالي، أما بالنسبة للتباعد شتاءاً فقد كان أقصى تباعد عن الحد الأدنى للراحة الحرارية في شهر يناير حيث تباعدوا جميعاً عنه بنسبة (10.2%) باستثناء المقترح الرابع الذي تباعد بنسبة (7.6%).

وإجمالاً يمكن القول بأن نتائج الأداء الحراري للعنصر الشكلية تظهر أنه كلما زاد ارتفاع القبو كلما زاد الاكتساب الحراري للقبو خاصة مع تحييد جميع الخواص المؤثرة على الاكتساب الحراري للفراغ المسقف بالقبو.

5- نتائج البحث:

5-1 نتائج الدراسة النظرية:

- السطح النهائي للمبنى هو العنصر الأكثر تعرضاً للظروف المناخية المحطية بالمبنى، وبالتالي فهو ذو تأثير كبير في اكتساب الفراغات الداخلية للمباني للحرارة أو فقدها، ومن ثم تحقيق الراحة الحرارية لمستخدمى الفراغ.
- يعد مناخ الإقليم الصحراوي مناخاً قارياً، ويظهر ذلك في الآتي:

أ- تصل درجات الحرارة صيفاً إلى 52 وشتاءً إلى 4 درجات مئوية.

ب- تساقط الأمطار ضئيل يصل إلى 50 مليمتر سنوياً.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.

ج- تصل الرطوبة النسبية إلى أقل من 20% بعد ذروة الحرارة وتزداد حتى 40% خلال الليل.
د- سرعة الرياح ضعيفة بشكل عام، وتتواجد في بعض الحالات على شكل زوابع محملة بالرمال والغبار.

- العوامل المؤثرة على الراحة الحرارية هي (درجات الحرارة – الرطوبة النسبية – الإشعاع الشمسي – سرعة الرياح).
- يوفر التسقيف بالقبو استهلاك الطاقة بنسبة 30 % مقارنة بالسقف المسطح ذو نفس الحجم، حيث يعمل الشكل المقوس على تجميع الحرارة في الحيز المقبب بحيث لا تؤثر على الجو الداخلي للفراغ.
- يوجد عدة أشكال للأقبية منذ بدايتها كمكون معماري تتمثل في كل من (القبو الاسطواني – القبو المدبب – القبو المفصوص – القبو ذو المراكز الأربعة – القبو المنفرج – القبو المنفوخ).
- توجيه استطالة السقف المقبب نحو الشمال والجنوب يساعد على التخلص ليس من الهواء المتجمع في القسم الأعلى من البناء فحسب، وإنما سيعمل على استقطاب الحرارة من باقي أجزائه المترتبة على تسرب الهواء الحار من الخارج أو انتقال الحرارة إلى الداخل من النوافذ أو تلك المنتقلة من خلال الجدران وذلك لأن الهواء الحار يرتفع دائما إلى أعلى، أما الهواء الأبرد فسيبقى في المستويات المنخفضة داخل المبنى.
- تم استخدام أشكال عدة من الأقبية في مصر هي (القبو الاسطواني – القبو المدبب – القبو المنفرج – القبو المتقاطع) في المباني بشكل عام، أما في المباني السكنية فقد شاع استخدام كل من (القبو الاسطواني - القبو المنفرج).
- تقلص ظهور التسقيف بالأقبية بعدة مناطق بمصر هي: (هرم سيتي بمدينة 6 أكتوبر بالقاهرة – الجونة بمدينة الغردقة – مدن الوادي الجديد – مدينة أسوان).

2-5 نتائج دراسة المحاكاة:

- تعد برامج المحاكاة من الحلول الأكثر كفائة لتمثيل استهلاك الطاقة للمباني ومن ثم القيام بعمل مجموعة من النماذج الافتراضية وقياسها مما يؤدي لعمل تصميم مناخي للمباني من شأنه توفير استهلاك الطاقة.
- وجد من المحاكاة باستخدام برنامج Design Builder للعناصر الشكلية أن القبو المنفرج ذو النسبة (1: 3) أعطى أفضل نتائج للراحة الحرارية داخل الفراغ على مدار العام بالنسبة لنظائره.
- وجد من الدراسة التطبيقية أنه كلما زاد ارتفاع القبو كلما زاد الكسب الحراري له.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.

6- توصيات البحث:

بناء على ما تقدم من الدراسات النظرية والتطبيقية يوصي البحث بعدة توصيات هي:

6-1 التوصيات الخاصة بالدراسة:

- التوجه نحو استخدام مفردات العمارة التقليدية وبخاصة في المناطق ذات المناخ الحار الصحراوي مثل التسقيف بالقبو وغيرها من العناصر المساعدة للوصول للراحة الحرارية داخل الفراغات.
- استخدام القبو المنفرج حيث أنه الشكل الأفضل بين الأشكال المشهورة من حيث الراحة الحرارية داخل الفراغ المسقف بالقبو بالمناطق الحارة الصحراوية.
- استخدام نسبة 1: 3 عند بناء القبو حيث تعد النسبة الأفضل بين النسب المشهورة بالعمارة من حيث الراحة الحرارية داخل الفراغ المسقف بالقبو بالمناطق الحارة الصحراوية.

6-2 توصيات للجهات الحكومية:

- الحرص على تضمين قوانين البناء المصرية بنود خاصة للبناء بالأقبية لما لها من دور في المساهمة في تحقيق الراحة الحرارية داخل فراغات المباني.
- العمل على رفع الوعي لكل من المعماري والمالك باستخدام الأساليب السالبة مثل استخدام الأقبية في تسقيف الأسقف النهائية للمباني، وغيرها من الأساليب لتحقيق الراحة الحرارية داخل فراغات المباني.
- عقد ورش عمل من قبل ذوي الخبرة في بناء العقود والقباب والأقبية لتدريب كوادر فنية متخصصة على بناء الأقبية، وفقاً للقواعد العلمية الصحيحة والتقنيات الحديثة واستناداً على مبادئ البناء التقليدية.

6-3 توصيات للجهات الأكاديمية:

- تضمين المقررات الخاصة بالتصميم والتحكم البيئي التعريف بمميزات الأقبية كعنصر تسقيف للمباني وأفضليته عن التسقيف المستوي من حيث الراحة الحرارية بالمناطق الحارة الصحراوية في سنوات الدراسة الجامعية بأقسام العمارة.
- توجيه الأبحاث العلمية والدراسات التطبيقية لدراسة إمكانية تعميم فكرة التسقيف بالأقبية في المناطق ذات المناخ الحار الجاف الصحراوي.

6-4 توصيات للأبحاث المستقبلية:

- دراسة عامل التهوية الطبيعية ومدى تأثيرها على درجات الحرارة داخل الفراغات المسقفة بالأقبية لتكون داخل منطقة الراحة كل ساعات اليوم.
- دراسة تأثير العناصر البنائية من (مواد بناء – ملمس – لون) على الأداء الحراري للقبو بالفراغات المسقفة به.
- دراسة إمكانية استخدام المواد العازلة في بناء الأسقف المقببة.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ARCHITECTURAL ENGINEERING AND URBAN RESEARCH
PRINT ISSN 2785-9665 ONLINE ISSN 2785-9673
VOLUME 5, ISSUE 2, 2022, 195 – 221.

7- المراجع:

[1] مي وهبة محمد مدكور، **مواد البناء الخضراء نحو مباني بيئية في الصحراء**، كلية الهندسة جامعة طنطا، دار المنظومة، ع خاص، 2021، ص290.

[2] Omar S. Asfour, Mohamed B. Gadi, (**Using CFD to investigate ventilation characteristics of vaults as wind-inducing devices in buildings**), Elsevier, 2008, p1129.

[3] عبد المنطلب محمد على، **المناخ وعمارة الصحراء**، الطبعة الأول، الأوفست الحديثة بأسيوط، 2001، ص 46: 55.

[4] شفق العوضي الوكيل، محمد عبدالله سراج، **المناخ وعمارة المناطق الحارة**، الطبعة الثالثة، عالم الكتاب، القاهرة، 1989، ص 55: 57.

[5] طارق محمد حجازي، **الأداء المناخي كأساس لتصميم المواقع السكنية بالبيئة الصحراوية**، مؤتمر الأزهر الهندسي الدولي الثامن، قسم عمارة، كلية الهندسة، جامعة الأزهر، القاهرة،24 – 27 ديسمبر 2004 ص 119.

[6] konya،A.: **Design Primer for Hot Climates**, The Architectural Press Limited, London, 1980,PP.10:11.

[7] Givoni،B.: **Man، Climate and Architecture**، Op Cit، p 42.

[8] وحيد حلمي حبيب، **تخطيط المدن الجديدة**، طبعة دار مكتبة المهندسين، القاهرة، 1991، ص 134.

[9] أحمد عزت محمد وهب، طارق سعد الحناوي، ناهد فتحي عبد الغني، **تحديد مادة العزل الحراري المثلي من ناحية الراحة الحرارية واستهلك الطاقة في دور السطح باستخدام برنامج المحاكاة البيئية Design Builder**، قسم الهندسة المعمارية – كلية الهندسة بشبرا - جامعة بنها، ورقة بحثية، (ERJ)، عدد 50، أكتوبر 2021، ص 199،198.

[10] C. Gallo, M. Sala, A.A.M. Sayigh, (ARCHITECTURE COMFORT AND ENERGY), ELSEVIER SCIENCE Ltd, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK,1988, p3.

[11] القبو https://ar.wikipedia.org/wiki/

[12]- عبد الستار جبار موسى العزاوي،ورقة بحثية بعنوان: **مزايا العقد والقبو في العمارة العربية في العراق**، مؤتمر، دار المنظومة، ص 94.

[13] https://ar.wikipedia.org/wiki/فنون العمارة https://www.google.com، الإسلامية

[14] https://www.google.comفنون العمارة الإسلامية/

[15] https://www.google.com/search.العقدالمنفوخ

[16] محمود أحمد محمد إسماعيل، رسالة ماجستير بعنوان: **(المسكن النوبي- دراسة تحليلية)**، كلية الفنون الجميلة، جامعة المنيا، 2000، ص 156.

[17] https://www.almasryalyoum.com/news/details/1357699

[18] نجلاء محمد وجدي بكر، ورقة بحثية بعنوان: **الكفاءة الحرارية للسقوف ذات الأقبية للتبريد الخامل صيفًا في الأبنية الواطئة**، مجلة جامعة الملك عبد العزيز: العلوم الهندسية، م 14، ع1، 2003، ص68.

[19] www.aqarmap.com.eg

[20] www.propertyfinder.eg

[21] www.startimes.com

[22] **القبو النوبي** ١٩ سبتمبر ٢٠١٨..2021-8-13 11:30م.

[23] https://www.youm7.com/story/2019/6/26/ الوادي الجديد الجمعة، 13 أغسطس 2021، 47:2م

[24] منى هاشم، عبد المنطلب على، مدحت عثمان، ورقة بحثية بعنوان: **دراسة الأداء الحراري للمباني المسقوفة بالأقبية في المناطق الجافة الصحراوية المصرية**، مجلة البحوث الهندسية، كلية الهندسة بالمطرية، جامعة حلوان، ع175، سبتمبر 2022.

[25] Omar Al-Sayed Radwan, Asmaa ; Ashour Ahmed Abu Al-Ela, Ismat; Abdullah Aliwa, Imam. The smart cites structure and sustainable development in western desert of Egypt. International Journal of Architectural Engineering and Urban Research, Vol. 4, No.1, 2021, pp. 1-17.

[26] A. Samra, Medhat; Gamal Ahmed Gendy, Noha. Mapping Biomimicry Design Strategies to Achieving Thermal Regulation Efficiency in Egyptian Hot Environments. International Journal of Architectural Engineering and Urban Research, Vol. 4, No.1, 2021, pp. 261-279.