

Received	2025/01/15	تم استلام الورقة العلمية في
Accepted	2025/02/09	تم قبول الورقة العلمية في
Published	2025/02/13	تم نشر الورقة العلمية في

## تحسين أداء الفناء الداخلي السكني في مدينة غدامس من حيث الأداء البيئي والاجتماعي

د. جمال محمد العبيد<sup>1</sup>، أ. حسين علي الدراوي<sup>2\*</sup>

1 كلية الهندسة المعمارية والبيئة المبنية والتصميم الصناعي، جامعة برادفورد، المملكة المتحدة

2 قسم الهندسة المعمارية والتخطيط العمراني، كلية الهندسة، جامعة المرقب، ليبيا

[hadarawe@elmergib.edu.ly](mailto:hadarawe@elmergib.edu.ly)

### الملخص

العمارة المحلية هي منتج لكم هائل من المعرفة والخبرة لدى الانسان الذي كان قادر على التكيف مع بيئة المحيطة والتأقلم حتى مع الظروف المناخية القاسية. وفي الواقع قد تنشغل العديد من المستوطنات التقليدية القديمة في توفير بيئة داخلية ذات جودة عالية وظيفياً وفقاً لمعايير البناء الحديثة.

ومع ذلك، لا يزال يُنظر إلى هذه المباني على أنها مثال جيد يخدم نمط الحياة الاجتماعية لسكان المحليين ويزيد قدرتهم على الاستجابة بفعالية للمناخ الخارجي. لذلك، يهتم هذا البحث بالحاجة إلى تطوير مفهوم الفناء الداخلي التقليدي لتلبية المتطلبات الاجتماعية والبيئية لظروف السكن الحالية مع الاستفادة من الهندسة المعمارية التقليدية في غدامس. يستخدم البحث أساليب التحليل الوصفي والمحاكاة لدراسة الأداء البيئي للفضاءات السكنية القائمة والمقترحة التي تستخدم نظام التهوية الطبيعية لتوفير ظروف الراحة الحرارية. لقد أظهرت المحاكاة الحرارية الديناميكية أن درجة الحرارة الداخلية في الفناء التقليدي تبلغ 34 درجة مئوية. وهذا يدل على أن مستوى الراحة الحرارية الذي وفرته هذه المباني في الواقع ليس نتاج مواد بناء ذات عزل حراري جيد فقط ولكن توفر ظروف متاخمة للمباني أثرت هي الاخرى بشكل اجابي. قام الباحث بتصميم مبنى ذو فناء يلي متطلبات الحياة الحديثة واخذ بعين الاعتبار المكونات البيئة المجاورة والنسيج العمراني المتكامل أدى إلى تقليل درجة حرارة الراحة الداخلية إلى حوالي 28 درجة مئوية، وأظهرت نتائج أخرى أن التصميم الجديد أدى إلى تحسين أداء ضوء النهار بنسبة 2.9% من متوسط عامل ضوء النهار.

كما أوضح البحث إمكانية تطبيق استخدام مواد البناء من مصادر محلية وقدرتها على تحقيق أداء حراري عالي خاصة فيما يتعلق باستخدام ألياف النخيل العضوية. يمكن أن نستنتج أن التصميم المقترح قد دمج استراتيجيات تصميم المناخ الطبيعي للمساعدة في تحقيق ظروف الراحة الداخلية المقبولة وكذلك دعم الاستدامة لتعزيز الحياة الاجتماعية والبيئية للسكان.

الكلمات المفتاحية: التصميم المناخي، DesignBuilder، فناء المنزل، الراحة الحرارية.

## Improving the Performance of Residential Courtyards in Ghadames in Terms of Environmental and Social Performance

Jamal Mohamed Alabid 1, and Husein Ali darawe 2\*

1 Assistant Professor at the School of Architecture, Built environment & Creative Industries, University of Bradford, UK [j.alabid@bradford.ac.uk](mailto:j.alabid@bradford.ac.uk)

2 Lecturer at the Department of Architecture and Urban Planning, University of Elmergib, Libya; [hadarwe@elmergin.edu.ly](mailto:hadarwe@elmergin.edu.ly) \*

### Abstract

Local architecture evolved over time through trails and errors enriching humans' experience and knowledge on how to adapt and adjust his living space with surroundings even in extreme weather conditions. Although, many of indigenous settlements would not provide high or good level of indoor environmental quality according to current built environment standards. However, those dwellings are very good example in some other aspects including serving social life and effectively adapting to surrounding climatic conditions. This research studies the courtyard concept in traditional houses and how it was developed to adhere to various environmental and cultural principles in the old city of Ghadames. The study relies on descriptive and simulative analysis of existing and proposed designs to optimise the use of the courtyard to maximise natural environment like ventilation and provision of human thermal comfort. Improving the environmental performance of the courtyard design came through multi-method of investigation such as measuring and monitoring indoor physical environment inside traditional and modern houses. The majority of locals were saying

that courtyard design usually linked to low-income communities despite the space offers many advantages over modern housing designs. The dynamic simulation did not indicate good performance of the courtyard as an isolated unit whereas houses in the old city were highly compact reducing exposure to solar heat. Researchers developed new courtyard design which was tested by DesignBuilder simulation tool considering all measures including compactness ratio and vegetation effect. It was approved that courtyard would be an important design element in modern era and very good results indicating good level of natural light of 2.9% as well as drop of temperature at 28C degrees during daytime. Additionally, the study shed the light on the use of sustainable construction materials which readily available like palm-tree fiber as organic insulation material can be installed in the external envelope with efficient thermal coefficient.

**Keywords:** Environmental design, DesignBuilder, Courtyard and thermal comfort

#### مقدمة

أثبتت المساكن ذات الفناء الداخلي أنها واحدة من أفضل الحلول في مستوطنات المناطق الحارة، وقد تم تطويرها من خلال الخبرة الناتجة عن التجارب واخطاء البنائين المحليين سعياً لتوفير الاحتياجات الاجتماعية والثقافية (Coch, 1998; Majid et al., 2012). من بين عدد من المجموعات البحثية بما في ذلك (Naciri, 2012) (Nikpour2012) (et al., تم الاشادة بدور الفناء المركزي في الهندسة المعمارية التقليدية كعامل رئيسي في تحسين المناخ ويعتبر أفضل فضاء بنائي في توفير التهوية الطبيعية الكافية كذلك أضاءة النهار للديكورات الداخلية في المناطق الحارة. ومع ذلك، لم يتم تحديد آلية واضحة من الناحية العملية كيف يمكن تنفيذ هذه التقنيات التقليدية في الهندسة المعمارية الحديثة (Bekleyen, A. & Dalk, N., 2012).

تم دراسة الأداء البيئي والطاقة لمباني الفناء وتوثيقه في العديد من الدراسات بما في ذلك (Ben-Hamouche,2008)، (Al-Masri and Abu-Hijleh, 2012) (Mandilawi, 2012) الذين وجدوا أنه يمكن تحقيق انخفاض كبير في الطاقة بنسبة 54.25% مقارنة بأشكال البناء التقليدية. أدى التخلي عن الخبرات والمعارف التقليدية والتحيز إلى العولمة من قبل العديد من الناس وتقليد أنماط البناء الغربية واختيار التصميم والمواد غير المناسبة، أدى إلى إنتاج بيئة بنائية غير مستدامة ولا يمكن تحمل تكاليف

تشغيلها خاصة في البلدان النامية (Bruen et al., 2014). ولذلك، فإن تطوير أشكال جديدة تستفيد من السياق المحلي والتكنولوجيا الجديدة المتاحة سيكون هو السبيل للمضي قدماً في التعامل مع الجوانب الاجتماعية والبيئية بالإضافة إلى تحديات عالم اليوم بما في ذلك قضايا الطاقة والحفاظ على الطبيعة.

تعتبر الراحة الحرارية والاحتياجات الاجتماعية هما القضيتان الرئيسيتان اللتان تؤخذان بعين الاعتبار لتحسين الفناء الداخلي لمسكن غدامس، تأثيرها على إجمالي استهلاك الطاقة. إن الفناء المركزي الداخلي هو النوع الأكثر شيوعاً في المناخ الجاف الحار لما يوفره من فوائد عديدة كتقليل الطاقة والضوضاء وإمكانية تعزيز البيئة البصرية الداخلية عن طريق فتح النوافذ فيه والحماية من الظروف المناخية الخارجية القاسية (Vaisman and Horvat, 2015). كما ورد في العديد من الدراسات بما في ذلك أباركان (Abarkan, 2000) وكذلك (Nikpour et al 2012) ولد الفناء الداخلي في العمارة السكنية التقليدية نتيجة لامتزاج الجوانب الثقافية والمناخية. ومع ذلك، فقد تم تغيير مفهوم الفناء في ليبيا وشهد تحولاً جذرياً بحلول القرن العشرين نتيجة لتغير الحياة الاجتماعية وتأثير الثقافة الغربية (Bilghit, 2007).

### منهجية البحث

يعتمد أسلوب البحث على طرق الملاحظة والمقابلات وتحليل المحاكاة الديناميكية. تم اختيار منزل تقليدي قائم كحالة دراسية للظروف الحرارية والتصميمية الداخلية للمستوطنات القديمة في غدامس وخاصة الدور الاجتماعي والبيئي للفناء الوسطي. كانت الإستراتيجية هي إجراء مسوحات ميدانية بما في ذلك قياسات درجة الحرارة أثناء المقابلات ومراقبة أي جوانب استثنائية في نفس الوقت. وقد تكون هذه الجوانب مرتبطة بالتقنيات المستخدمة للتهوية أو ضوء النهار أو سلوك المستخدمين مدعوماً بالمخططات والرسومات والصور. كما تم استخدام برنامج EnergyPlus للتحقق من البيانات الميدانية واختبار أداء الفناء المقترح.

### الموقع والخصائص المناخية لمنطقة الدراسة

تقع مدينة غدامس في الجنوب الغربي الليبي، على خط طول 0,9 شرقاً وعلى دائرة عرض 6,32 شمال، بارتفاع بين (362 الى 372) م فوق مستوى سطح البحر، تحدها

شرقاً مدينة درج التي تبعد عنها (92) كم بينما من الغرب تحدها الحدود الجزائرية التي تبعد (9) كيلومتر. ويحدها من ناحية الشمال الحدود التونسية الجزائرية ومن الجنوب مدينة غات على بعد (800) كيلومتر. وعلى بعد حوالي (600) كيلومتر جنوب غرب طرابلس وتحيط بها الكثبان الرملية من الشمال والغرب. و تحتل المدينة حوالي 8 هكتارات من مساحة الواحة الإجمالية البالغة 215 هكتارًا. شكل (1)

تتميز غدامس بمناخ صحراوي حار جاف وبنخفاض معدلات هطول الأمطار والتبخر مع مدى حراري كبير خاصة في فصل الصيف مما يؤدي إلى انخفاض معدلات الرطوبة. تقع المدينة في أكثر المناطق المناخية تطرفاً ضمن المناخات الليبية حيث تقع في منطقة الصحراء الكبرى مع ما يقرب من ثمانية أشهر من الفترات الحارة والجافة وأربع فترات شتاء معتدلة وباردة جزئياً (الدرابي وآخرون، 2024).



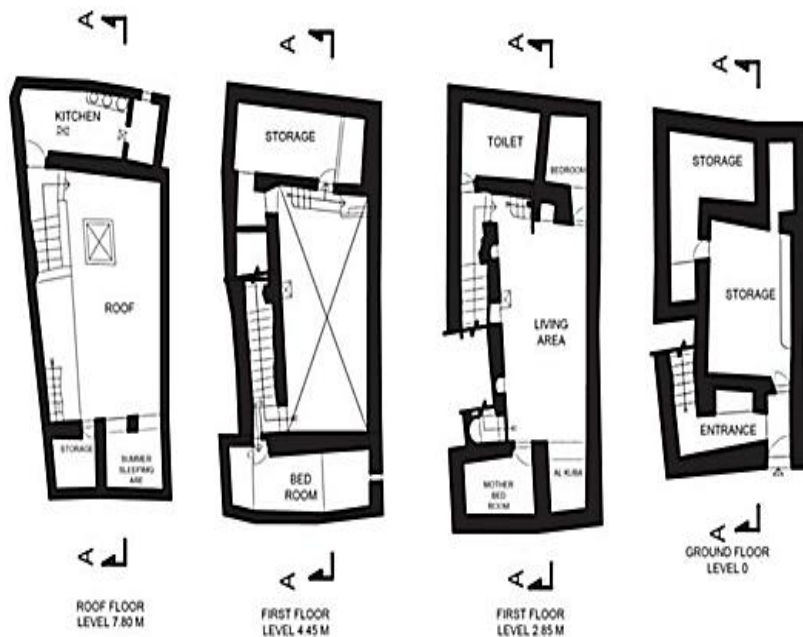
شكل 1. موقع مدينة غدامس (الدرابي وآخرون، 2024).

### المنزل تقليدي النمذجي بمدينة غدامس

بشكل عام تم تصميم المستوطنات القديمة في غدامس ليتم التقليل من التعرض للظروف الخارجية وتعزيز حركة الهواء من خلال زيادة الظلال على المباني والشوارع، بحيث تكون الشوارع والممرات إما مظلة بالكامل أو شبه مظلة ومغطاة بأسقف ممتدة في الطابق

الأول. كما تتكون غالبية المنازل التقليدية من ثلاثة طوابق ومتلاصقة من الجدار إلى الجدار من أربعة جوانب مما يخلق شكلاً مدمجاً بشكل كلي، كما أن شكل المنزل يجمع بين الاختصار في المساحات بشكل واضح مع الحد من التعرض للخارج ضمن مساحة صغيرة نسبياً تتراوح من 25 إلى 50 مترًا مربعاً، حيث يختلف التنظيم المكاني للغرف وفقاً لمستوى الخصوصية والوظيفة لذلك تم تشييده من ثلاثة طوابق لاستيعاب الطابق الأرضي المحمي بالكامل ويتكون عادة من مدخل رئيسي مع سلالم وغرفة ضيوف ومخزن ودورة مياه، أما الطابق الأول فهو عبارة عن منطقة عائلية شبه خاصة تتمركز حول غرفة المعيشة ويحيط بها عدد من الغرف.

تم بناء الصالة المركزية بارتفاع مزدوج مع درجات تؤدي إلى طابق الميزانين الذي يتكون أيضاً من غرف نوم خاصة أخرى، وتؤدي السلالم إلى مستوى السطح حيث يوجد المطبخ بالإضافة إلى مساحة السقيفة الصيفية المستخدمة كثيراً في ليالي الصيف. الشكل (2) يوضح صالة المعيشة المركزية متمثلة في الفناء الداخلي للمنازل التقليدية التي تقع في قلب المنزل المبني بسقف مزدوج بارتفاع (4-5 م)..

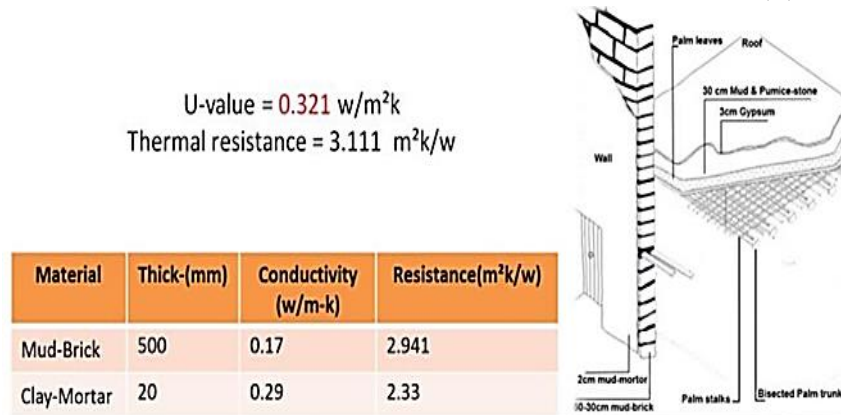


شكل 2.. المسقط الأفقي للمسكن التقليدي (Gabril, 2014)

أما المصدر الرئيسي لضوء النهار والتهوية الطبيعية لصاله المعيشة والغرف المحيطة بها فهي فتحة في السقف تبلغ مساحتها 1 متر مربع وتتموضع في سقف صالة المعيشة. ومن هنا تقضي العائلات معظم أوقاتها في هذا الفضاء، وكذلك تمارس فيه العديد من المناسبات الاجتماعية والدينية

### مواد البناء

تعتبر الصخور والطين من أكثر مواد البناء شيوعاً في المدينة القديمة بغداس نظراً لطبيعة الأرض الصحراوية (Al-Zubaidi, 2002). ويتم استخدام الصخور في الأساسات وفي الطابق الأرضي لارتفاع 1.5 متر فقط، ومع ذلك فإن المنازل التقليدية المبنية ليس فقط بالطين والحجر المجفف بالشمس والمستخدمان بشكل رئيسي في الجدران الحاملة، ولكن أيضاً الجبس والحجر الجيري والخشب تستخدم بشكل شائع بشكل خاص في بناء الأسقف والتشطيبات. أما من الناحية الفنية فيتم بناء الجدران من الطوب الطيني المجفف بالشمس بأبعاد تقريبية  $12 \times 40 \times (60, 75, 50)$  سم كما هو موضح في الشكل (2).



الشكل 3. مواد البناء المحلية في المنزل التقليدي (الباحثان)

### النموذج المقترح للمنزل الحديث ذو الفناء

يأخذ التصميم المقترح للفناء في الاعتبار جوانب مختلفة بما في ذلك المناخ والاحتياجات الاجتماعية والتفضيلات واستخدام الأراضي والموارد المشتركة والمجمع الحضري واستخدام مصادر الطاقة المتجددة. يوضح الشكل (4) مخطط الطابق الأرضي ويتكون من منطقة



شبه عامة للضيوف الرجال، ومنطقة شبه خاصة تشمل غرفة الضيوف للسيدات، ومطبخًا ومساحة فناء داخلية مغطاة بالإضافة إلى مرآب شبه مظلل مع مدخل عائلي جانبي. ويقدم الطابق الأول من المنزل النموذجي منطقة عائلية خاصة بما في ذلك شرفة داخلية تطل على الفناء بالإضافة إلى مساحة سقيفة صيفية (تراس) والتي تستخدم بشكل رئيسي في ليالي الصيف كجزء من التقاليد وكحل مناخي. وتلعب المساحة الداخلية المغطاة دورًا مهمًا في حياة المجتمع المحلي، كما أن دمج هذه المساحة مع عناصر مثل الشرفات ومناطق اللعب والنافورة سيعزز جودة أداء المنزل بأكمله.

تم نقل الفناء من المركز كما هو الحال في المنزل التقليدي إلى الموقع الجانبي وأيضًا من الطابق الأول إلى الطابق الأرضي لدمج بعض العناصر الطبيعية بما في ذلك الغطاء النباتي وكذلك الجلسات، وتمت زيادة ارتفاع سقف الفناء مما يوفر أيضًا إطلالة جميلة من شرفات الطابق الأول ويعزز الظروف الحرارية بالإضافة إلى وضع الانارة السقفية في سطح الفناء لتعزيز ضوء النهار وكذلك تعزيز استراتيجية التهوية الليلية.



الشكل 4. التصميم المقترح للفناء في المباني السكنية (الباحثان)

## مواد البناء

يمكن تحسين المواد المحلية بكفاءة واستخدامها في البناء على النحو المعتمد للحصول على أداء حراري عالي بما في ذلك الطوب الطيني المجفف والاساسات من الحجر الجيري الجاف واستخدام ألياف شجرة النخيل كمادة عازلة للحرارة.

يحتوي برنامج (Design Builder) على مكتبة قابلة للإضافة غنية بمواد البناء ويمكن حساب جميع المتغيرات الحرارية والفيزيائية بما في ذلك (معامل التوصيل الحراري



U - المقاومة الحرارية والسطحية R- الحمل الحراري الداخلي - الانعكاس). ومع ذلك، هناك عدد من الدراسات التي بحثت في استخدام المواد العضوية خاصة إذا كانت متوفرة محلياً كمواد مستدامة بديلة أو رخيصة الثمن أو تدوم لفترة أطول أو يمكن إعادة إنتاجها أو إعادة استخدامها أو إعادة تدويرها. ومع التكنولوجيا الجديدة تم تطوير الطوب الطيني المجفف لتعزيز خصائصه الحرارية والفيزيائية لتحقيق تخلف زمني كبير يصل إلى 10.5 ساعة مقارنة بـ 6.7 ساعة للكتل الخرسانية المجوفة (Kamal, 2011).

بالإضافة إلى أن واحة غدامس غنية بأشجار النخيل حيث يوجد منها الآلاف حول المستوطنات التقليدية. وقد خضع هذا النوع من النباتات للبحث من خلال العديد من الدراسات التي تختبر صلاحية أليافه العضوية لاستخدامها كمادة عزل فعالة وقابلة للتحلل (Al-Homoud, 2005; Khiari et al., 2010 and Agoudjil et al., 2011) لقد وجدت الدراسات الحديثة مثل [Lertwattanaruk وSuntijitto (2015)] أن ألياف النخيل هي مادة طبيعية جيدة يمكن استخدامها في الصناعة لتحل محل الألواح الاسمنتية لتقليل التوصيل الحراري وتحسين العزل الحراري وتقليل الكثافته الحجمية. ولذلك فقد اعتبرت هذه الدراسة ألياف النخيل كخيار لمادة عازل مستدامة كما يبين الجدول (1).

الجدول 1. مواد بناء الجدار في الفناء المقترح (الباحثان)

Ext	Material description	Thickness mm	Conductivity W/m deg. C	Density Kg/m <sup>3</sup>	Specific heat J/(Kg deg. °C)
1	Dry limestone blocks	25	1.26	1522	908
2	Sun-dries mud-bricks	150	1.8	1800	712
3	Organic date palm fibres	50	0.08	600	2000
4	Sun-dries mud-bricks	150	1.8	1800	712
5	Gypsum board/mortar	20	0.16	600	1000
In	U-value	<b>0.211 W/m<sup>2</sup>K</b>			

### إعادة تصميم الفناء وتحسينه

على مر التاريخ، تم تطوير شكل الفناء السكني وتعديله ليتوافق مع الجوانب البيئية والثقافية (Das, 2006). في هذه الدراسة تم دراسة مفهوم تصميم وشكل الفناء في السكن التقليدي وقد لوحظ بوضوح أن شكل وموقع الفناء يلعبان دوراً هاماً في تعديل المناخ المحلي الداخلي. حيث وجد العديد من المؤلفين بما في ذلك (Amer, 2007) و(Heidari, 2010) أن الفناء العميق المستطيل يعمل بشكل أفضل في المناخ الحار أو الصحراوي مثل غدامس، كما أن حماية السطح المكشوف للمسكن من حرارة الشمس

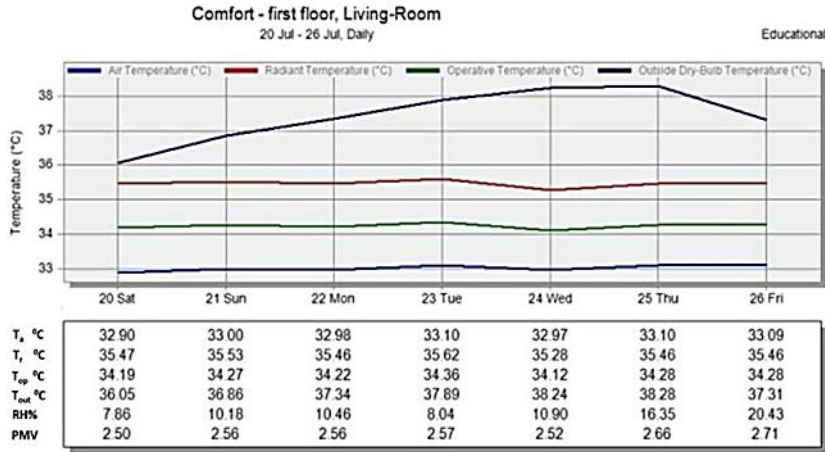
الشديدة والرياح الساخنة المحملة بالغبار من الأسباب الرئيسية في تحسين الفناء الذي سيكون له تأثير على الراحة الحرارية الداخلية كما أوصى بذلك عدد من الباحثين مثل (Aldawoud, 2008).

ومع ذلك، هناك أكثر من متغير يجب أخذه في الاعتبار عند تحسين الأداء البيئي للفناء السكني الداخلي بما في ذلك الاتجاه والحجم والموقع. أما فيما يتعلق بالديكورات الداخلية، قام (Muhaisen, 2006) بدراسة النسبة المثلى للفناء (الارتفاع والنسبة) للمناطق المناخية المختلفة ووجد أن السقف المزدوج سينتج أفضل أداء حراري في المناخ الحار والجاف، وبالتالي تم أخذ هندسة الفناء ونسبة ومستوى التعرض للظروف الخارجية بعين الاعتبار في هذه الدراسة والتي سيكون لها تأثير كبير على الظروف الحرارية الداخلية؛ ومع ذلك، تستخدم الدراسة برنامج المحاكاة الديناميكي EnergyPluys لدراسة أداء الفنائين الحالي والمحسن.

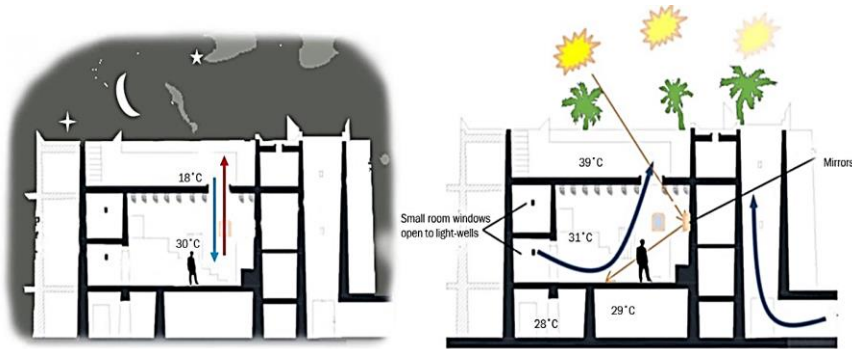
## المحاكاة والنتائج

### 1. البيت تقليدي الغدامسي

تم تشغيل المحاكاة لأسبوع في فصل الصيف في شهر يوليو لمقارنة النتائج مع قراءات درجات الحرارة الفعلية، حيث وجد أن متوسط الظروف الحرارية الداخلية أعلى قليلاً من درجة الحرارة المسجلة في الموقع ولكنها تظل ثابتة نسبياً. في الشكل (5)، تقدر درجة حرارة الراحة (القصوى) بحوالي 34 درجة مئوية على مدار الأسبوع داخل غرفة المعيشة بينما تم تسجيل قياسات درجة الحرارة الفعلية عند 29 درجة مئوية إلى 32 درجة مئوية، ويمكن تفسير ذلك على أنه تم تعديل المناخ المحلي للمدينة القديمة من خلال الحقول الخضراء الضخمة والمسطحات المائية الخارجية التي ساهمت في ترطيب وخفض درجة حرارة الهواء المحيطة والتي لم يتم أخذها في الاعتبار في المحاكاة؛ وهي أيضاً التقنية المستخدمة لموازنة الظروف الحرارية الداخلية أثناء النهار والليل مع تقليل التعرض لأشعة الشمس كما هو موضح في الشكل (6). وقد وجد أن إجمالي استخدام الطاقة السنوي داخل المنزل التقليدي يبلغ 28.87 كيلووات ساعة/م<sup>2</sup> حيث يتم استهلاكها بشكل أساسي للإضاءة والمياه المنزلية الساخنة. وفقاً لـ Noguera وCervera (2012)، حدد Passivhaus أن إجمالي الطلب السنوي على الطاقة لمتطلبات المساحة يجب أن يقتصر على 20-30 كيلووات في الساعة/م<sup>2</sup>.



الشكل. 5. الظروف الحرارية الداخلية المتوقعة في الفناء المركزي للمنزل التقليدي (الباحثان)



Night cooling “stck-effect ventilation”      Grass vetaliation “Day time”

الشكل. 6. تطبيق التهوية الطبيعية داخل الفناء المركزي في المنازل التقليدية (الباحثان)

وفقا لسمعان وآخرون، (2016) يستخدم برنامج Design Builder محرك EnergyPlus ويعد واحداً من أفضل برامج المحاكاة وكذلك برنامج Radiance لتحليل الإضاءة الطبيعية المدمجة في حسابات CIBSE و LEED؛ ومن الناحية العملية، أظهر عامل ضوء النهار الذي يتراوح من 2% إلى 5% أنه يحقق توازناً كبيراً بين الحصول على ضوء النهار الجيد والجوانب الحرارية (CSH, 2010). وتشير حسابات BREEAM لضوء النهار إلى عدم الالتزام بالحد الأدنى من المعايير وأن المنزل لا

يتمتع بالإضاءة الطبيعية الكافية؛ ومع ذلك، تم حساب متوسط ضوء النهار داخل الصالة المركزية بنسبة 1.21%، مما يدل على سوء توزيع ضوء النهار كما يبين الجدول (2).

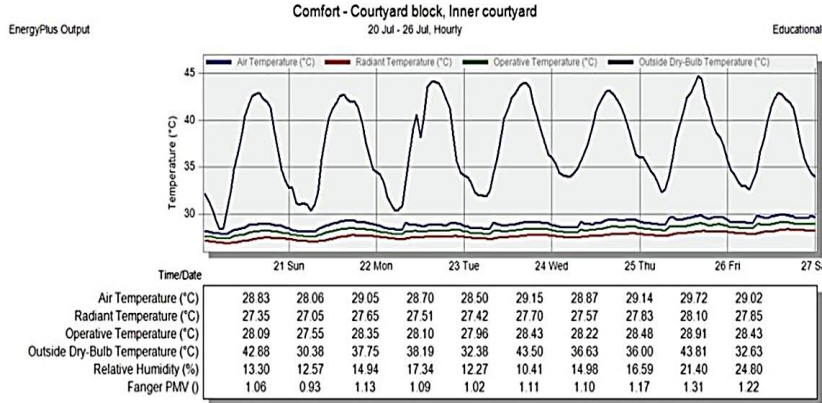
الجدول 2. ضوء النهار داخل الفناء المركزي في برنامج DsignBuilder (الباحثان)

Zone	Block	Floor area (m2)	Min DF (%)	Uniformity ratio (Min / Avg)	Area adequately lit(m2)	Average DF
Living-Room	first floor	17.68	0.07	0.57	5.675	1.21
<b>Total</b>		<b>17.68</b>				

### 1. البيت المقترح

تم تمثيل أسبوع الصيف النموذجي في شهر يوليو واحدة من أكثر الفترات حرارة في غدامس، حيث تصل درجات الحرارة إلى 47 درجة مئوية خلال النهار وتتنخفض بمقدار 26 درجة مئوية في الليل، تمت الإشارة إلى أن الظروف الحرارية الداخلية داخل الفناء أفضل بكثير بسبب تركيب فتحات السقف التي تعزز التهوية الليلية؛ وكانت درجة الحرارة حوالي 28 درجة مئوية مع معدلات رطوبة أعلى من القيم الموجودة في الفناء التقليدي. في برنامج EnergyPlus تم ضبط الفتحات الخارجية لتكون مفتوحة في المساء خلال فصل الصيف بحيث يمكن إجراء تهوية التطهير الليلية فقط في الوقت المحدد، وأظهر ذلك تأثيراً كبيراً على التوازن الحراري داخل الفناء كما هو واضح في الشكل (7) الذي يشير إلى أن درجة حرارة الراحة الداخلية داخل الفناء ثابتة نسبياً طوال أسبوع الصيف النموذجي عند 28 درجة مئوية في وضع التهوية الطبيعية.

ومع ذلك، لتحقيق درجة حرارة الراحة الحرارية الموصى بها بواسطة (ASHRAE 55) والتي تبلغ حوالي 26 درجة مئوية، كان من المفترض أن تكون طوال فترة الصيف من مايو إلى أكتوبر بمتوسط 8 ساعات يومياً؛ ونتيجة لذلك يتم استهلاك 5.02 كيلو وات ساعة/م<sup>2</sup> لتبريد المساحة. الشكل (6) يوضح درجات الحرارة الداخلية للفناء المقترح.



الشكل 7. الظروف الحرارية الداخلية داخل الفناء المقترح (الباحثان).

وفقاً لتصنيف BREEAM، لم يحصل المبنى على ضوء النهار بالكامل؛ ومع ذلك، مع نسبة 15% من النافذة إلى الجدار يكون من الصعب اجتياز اعتمادات BREEAM ولكن يمكن تحقيق أداء مقبول إلى حد ما خاصة في مساحات المعيشة؛ وبشكل عام، حقق المنزل أداءً حراريًا جيدًا مع إضاءة نهائية جيدة نسبيًا، ويعمل الفناء المغطى كمصدر إضاءة لتوصيل ضوء النهار بشكل أعمق إلى المساحات الداخلية من خلال الإضاءة السقفية كما يوضح الجدول (3).

الجدول 3. تحليل ضوء النهار داخل الفناء المقترح (الباحثان)

Zone	Block	Floor area (m2)	Min DF (%)	Uniformity ratio (Min / Avg.)	Average DF	Area adequately lit(m2)
Inner balcony	FF	3.960	0.57	0.40	1.4	1.300
Living room	GF	18.880	0.55	0.19	1.2	8.720
Inner courtyard	GF	29.250	0.70	0.24	2.9	21.320
<b>Total</b>						<b>31.340</b>

## الخاتمة

سلطت هذه الدراسة الضوء على أهمية فهم العمارة المحلية وسياق تصميم المباني السكنية وخاصة في المناخات القاسية مثل الصحراء الكبرى. إن الفناء في العمارة الصحراوية كان ولا يزال يعتبر من أفضل الخيارات لتلبية متطلبات السكان البيئية والثقافية، وعلى الرغم من أن الهندسة المعمارية التقليدية أثبتت أنها تستجيب للبيئة التي توجد فيها ولكنها قد لا تلبى مستويات المعيشة الحالية؛ ولذلك، تهدف هذه الورقة إلى تحسين أداء الفناء السكني

لتعزيز الظروف الداخلية لمسكن غدامس؛ حيث أشارت النتائج إلى أنه عند نقل تموضع الفناء المغطى إلى الطابق الأرضي سيكون تأثيره كبير على تحسين الظروف الحرارية والبصرية الداخلية؛ بالإضافة إلى ذلك، فإنه يخلق مساحة ممتعة للعائلة وربط مع العناصر الطبيعية مثل الماء والنباتات ما من شأنه أن يضيف تأثيرًا كبيرًا على الظروف الداخلية. كما أدى تركيب الإضاءة السقفية في سقف الفناء إلى تحسين ضوء النهار والتهوية في الليل. وحيث أن استخدام المواد المحلية والتي تتميز بالوفرة وتتمتع بأداء حراري عالي ما من شأنه تقليل تكلفة البناء والتي يمكن أن تحل محل الخرسانة وبعض المواد الأخرى المصدرة.

### التوصيات

- يجب اختيار موقع وشكل الفناء بحيث يستفيد من الضوء الطبيعي والتهوية الجيدة.
- ينبغي تصميم إضاءة مناسبة للفناء الداخلي، مما يسهل استخدامه في المساء ويعزز من الأجواء المريحة.
- يجب إجراء دراسة تحليلية للأداء الحراري للفناء لتقليل استهلاك الطاقة داخل المبنى.
- تعزيز استخدام مواد بناء مستدامة وصديقة للبيئة لتقليل الأثر البيئي وتعزيز الاستدامة.
- يجب تصميم الفناء بطريقة تضمن الخصوصية للسكان، خاصة في المناطق الحضرية ذات الكثافة السكانية العالية.
- يجب أن يتم تصميم الفناء الداخلي بطريقة تسمح باستخدامه بشكل فعال، كتضمين مناطق للجلوس، والتجمع، وأماكن للاسترخاء.
- يجب أن يكون الفناء مرتبطاً بشكل جيد مع المساحات الداخلية للمبنى، مما يسهل التنقل بين الفضاءات ويعزز من شعور الفضاء المفتوح.

### المراجع

الدرابي حسين وآخرون (2024)، " تأثير غسوف على البيئة الحضرية لمدينة غدامس القديمة"، المجلة الدولية للعلوم والتقنية، المجلد 2، العدد 33، ص (7).

Aalund, F., 1983. Ghadames: The pearl of the desert, Tripoli, Libya.

- Abarkan, A., 2000. Courtyard Housing In Northern Africa : Changing Paradigms ENHR 2000. In ENHR. Gavle, Sweden: ENHR.
- Agoudjil, B. et al., 2011. Renewable materials to reduce building heat loss: Characterization of date palm wood. *Energy and Buildings*, 43(2-3), pp.491–497.
- Aldawoud, A., 2008. Thermal performance of courtyard buildings. *Energy and Buildings*, 5(40), pp.906–910.
- Al-Homoud, M.S., 2005. Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials. *Building and Environment*, 40(3), pp.353–366.
- Allafi, A.J., 2012. City of Ghadames. Available at: <http://mirathlibya.blogspot.co.uk/2012/07/blog-post.html>.
- Al-Masri, N. & Abu-Hijleh, B., 2012. Courtyard housing in midrise buildings: An environmental assessment in hot-arid climate. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4), pp.1892–1898.
- Al-Zubaidi, M.S., 2002. The Efficiency of Thermal Performance of the Desert Buidings–The Traditional House of Ghadames/Libya. In Annual Conference of the Canadian Society for Civil Engineering. Montreal: Quebec, Canada, pp. 1–8.
- Amer, A.A., 2007. Comparison Study of Traditional Contemporary Housing Design with Reference to Tripoli, Libya. University of Salford, UK.
- Bekleyen, A. & Dalk, N., 2012. Design with climate-what can we learn from the past to cope with climate in terms of design strategy and usage style of courtyard houses. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 11(3), pp.357–366.
- Ben-Hamouche, M., 2008. Climate, Cities And Sustainability In The Arabian Region: Compactness As A New Paradigm In Urban Design And Planning. *Arch. Net-IJAR: International Journal of Architectural Research*, 2(2), pp.196–208.



- Bilghit, E.A., 2007. A Comparative Study of Libyan Public Housing. University of Salford.
- Bruen, H., Hadjri, K. & Meding, J. von, 2014. Design Drivers for Affordable and Sustainable Housing in Developing Countries. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 7(10), pp.1220–1228.
- Coch, H., 1998. Chapter 4\*Bioclimatism in vernacular architecture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2, pp.67–87.
- CSH, 2010. Code for Sustainable Homes: technical Guide, London, UK.
- Das, N., 2006. Courtyards Houses of Kolkata : Bioclimatic , Typological and Socio-Cultural Study. Kansas State University Manhattan, Kansas.
- Gabril, N. M. S, (2014). Thermal Comfort and Building Design Strategies for Low Energy Housing in Libya. PhD Thesis- University of Westminster, UNITED kingdom, p.7.
- Heidari, S., 2010. A deep courtyard as the best building form for desert climate , an introduction to effects of air movement ( Case study : Yazd ). *Desert*, 15, pp.19–26.
- Kamal, M.A., 2011. The Study of Thermal Mass as a Passive Design Technique for Building Comfort and Energy Efficiency. , 5(1), pp.84–88.
- Khiari, R. et al., 2010. Chemical composition and pulping of date palm rachis and *Posidonia oceanica* - A comparison with other wood and non-wood fibre sources. *Bioresource Technology*, 101(2), pp.775–780.
- Lertwattanaruk, P. & Suntijitto, A., 2015. Properties of natural fiber cement materials containing coconut coir and oil palm fibers for residential building applications. *Construction and Building Materials*, 94, pp.664–669.
- Majid, N.H.A., Shuichi, H. & Takagi, N., 2012. Vernacular Wisdom: The Basis of Formulating Compatible Living

- Environment in Oman. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 68, pp.637–648.
- Mandilawi, A.S.H., 2012. Effect of Daylight Application on the Thermal Performa Iraqi Traditional Vernacula Residential Buildings. The University of Arizona.
- Muhaisen, A.S., 2006. Shading simulation of the courtyard form in different climatic regions. *Building and Environment*, 41(12), pp.1731–1741.
- Naciri, N., 2012. Sustainable Features of The Vernacular Architecture: A Case Study of Climatic Controls in the Hot-Arid regions of the Middle Eastern and North African Regions. *Solaripedia*, p.15.
- Nikpour, M. et al., 2012. Creating Sustainability in Central Courtyard Houses in Desert Regions of Iran. , 6(2), pp.226–233.
- Uera, E.O. & Cervera, S.A., 2012. Bioclimatic House Evaluation of solutions to develop a selfsustainable dwelling in Nordic countries . University of Skövde.
- Vaisman, G. & Horvat, M., 2015. Influence of internal courtyards on the energy load and hours of illuminance in row houses in Toronto. *Energy Procedia*, 78, pp.1799–1804.