تحليل الراحة الحرارية واستهلاك الطاقة في المنازل التقليدية في ليبيا

"دراسة حالة مدينة غدامس القديمة".

عبد الرحمن فرج شهران[1]
أستاذ مشارك، قسم الهندسة المعمارية والتخطيط العمراني
كلية الهندسة القره بوللي، جامعة المرقب، ليبيا
a.shahran@elmergib.edu.ly

عثمان المهدي ناصف[2]
أستاذ مشارك، قسم الهندسة المعمارية والتخطيط العمراني
كلية الهندسة القره بوللي، جامعة المرقب، ليبيا
otman.nasef@elmergib.edu.ly

تاريخ استقبال البحث:17 يناير 2026 تاريخ قبول البحث: 16 فبراير 2026

الملخص:

تعاني المناطق الصحراوية الحارة من ارتفاع معدل استهلاك الطاقة في المناطق السكنية، والذي ينجم عنه الاعتماد الكلي على أنظمة التكيف من أجل الحصول على الراحة الحرارية داخل المساكن، وتهدف الدراسة إلى تحليل الخصائص المعمارية لمنازل مدينة غدامس القديمة، مع تقييم مستوى الراحة الحرارية، ودراسة أنماط استهلاك الطاقة في المساكن التقليدية، اعتمد الباحثان المنهج الوصفي التحليلي مدعومًا بالمنهج المقارن، من خلال وصف الخصائص المعمارية والبيئية لمنازل مدينة غدامس التقليدية، وبينت الدراسة أن المنازل التقليدية في مدينة غدامس تحقق استقرارًا داخليًا ملحوظًا بالمقارنة بدرجات الحرارة الخارجية، وهذا يرجع لسماكة الجدران ومواد البناء ذات السعة الحرارية العالية، كما شكل التكوين الفراغي شبه المغلق – مع وجود المساحات الداخلية والفتحات في الأسقف – دورًا في حرية حركة الهواء الطبيعية، مما أسهم في تحقيق الراحة الحرارية ودون استهلاك إضافي للطاقة، وخرجت الدراسة بمجموعة من التوصيات أهمها: أنه يجب دراسة استراتيجيات العمارة التقليدية وخصائص مواد البناء وأدائها الحراري جيدًا، وأخذها في الاعتبار عند تخطيط وتصميم المباني ومشاريع الإسكان المعاصرة في المناطق الصحراوية الجافة.

الكلمات المفتاحية: العمارة التقليدية، المباني الصحراوية، غدامس، الراحة الحرارية، العزل الحراري.

Thermal Comfort and Energy Consumption Analysis in Traditional Houses in Libya: A Case Study of the Old City of Ghadames

Abdrahman Faraj Shahran[1]
Department of Associate Professor,
Planning Architecture and Urban
Faculty of Engineering, Al-Qarahbuli,
Elmergib University, Libya
a.shahran@elmergib.edu.ly

[2] Otman Elmahdi Nasef
Department of Associate Professor,
Planning Architecture and Urban
Faculty of Engineering, Al-Qarahbuli,
Elmergib University, Libya
otman.nasef@elmergib.edu.ly

Abstract

Hot desert regions are characterized by high levels of energy consumption in residential buildings, largely due to the heavy reliance on mechanical cooling systems to achieve indoor thermal comfort. This study aims to analyze the architectural characteristics of traditional houses in the old city of Ghadames, assess their level of thermal comfort, and examine energy consumption patterns in traditional dwellings.

The study adopted a descriptive-analytical approach supported by a comparative method, focusing on the documentation and evaluation of the architectural and environmental characteristics of traditional houses in Ghadames. The findings indicate that traditional houses in Ghadames achieve remarkable indoor thermal stability compared to external temperatures. This performance is attributed to the thick walls and construction materials with high thermal mass.

Moreover, the semi-enclosed spatial configuration, combined with internal courtyards and roof openings, facilitates natural air circulation, thereby contributing to thermal comfort without additional energy consumption. The study concludes with several recommendations, most notably the necessity of thoroughly examining traditional architectural strategies and the thermal performance of indigenous building materials, and integrating these principles into the planning and design of contemporary buildings and housing projects in hot arid regions.

Keywords: Traditional Architecture, Desert Buildings, Ghadames, Thermal Comfort, Thermal Insulation.

أولاً: المقدمة:

اشتهرت مدينة غدامس بقدرتها بتكيفها مع المناخ الصحراوي القاسي، من خلال تخطيطها العمراني وخصائص مبانيها، المتمثلة في نسيجها العمراني المتماسك، وشوارعها المسقوفة، وممراتها الضيقة، ومنازلها الفريدة التصميم، مع مواد فريدة، أثبتت نجاحها عبر الزمن، وتكيفت العمارة التقليدية في غدامس مع مناخ الصحراء القاسي من خلال: الحماية والتعديل والتكيف، وتمثلت الحماية بشكل أساسي في الحماية من الإشعاع الشمسي الكثيف، ودرجات الحرارة المرتفعة، والرياح المترية، ثم تعديلها والتكيف مع هذه الظروف القاسية، بهدف خلق مناخ محلي مريح، من خلال حلول وتقنيات بناء حساسة وواعية، وتخطيط وتصميم مدروس بعناية، باستخدام مواد بناء مناسبة ذات خصائص حرارية معينة تتوافق مع البيئة المحيطة، مما أسهم في تحقيق الراحة الحرارية ودون استهلاك إضافي للطاقة، ويمكن توظيف مبادئ العمارة التقليدية في غدامس القديمة كنموذج لتطوير تصاميم سكنية وفق النمط الموجود في مدينة غدامس القديمة، وتحاول هذه الدراسة الربط بين الخصائص المعمارية التقليدية مع البيئة المناخية الصحراوية، من أجل تحقيق الراحة الفسيولوجية.

ثانيًا: الإطار النظري للدراسة:

1. **مشكلة الدراسة:** تعاني المناطق الصحراوية ذات المناخ الحار من ارتفاع معدل استهلاك الطاقة في المناطق السكنية، والذي ينجم عنه الاعتماد المفرط على أنظمة التكيف من أجل تحقيق الراحة الحرارية داخل المساكن وخاصة الحديثة منها، في ظل بيئة تخطيطية لا تراعي الخصائص المناخية المحلية، ويمثل هذا أحد الصعوبات والتحديات الاقتصادية والبيئية، خاصة في ظل ارتفاع الطلب على الطاقة.

في مقابل ذلك، تظهر العمارة التقليدية في مدينة غدامس القديمة عن نمط معماري فريد متكيف مع البيئة الصحراوية الجافة؛ حيث تمكنت عبر الزمن من تحقيق مستويات نستطيع القول عنها إنها مقبولة من الراحة الحرارية، عن طريق استخدام أساليب معمارية ساهمت في تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة الحديثة، غير أن هذه التجربة العمرانية لم تأخذ حقها في الدراسة بالشكل الكافي في الدراسات البيئية، وخاصة الربط بين الأداء الحراري الفعلي للمسكن ومستويات استهلاك الطاقة، وتأسيسًا على ذلك يضع الباحثان هذا التساؤل: إلى أي مدى تسهم الطبيعة المعمارية التقليدية في غدامس القديمة في تحقيق الراحة الحرارية وتخفيض أو تقليل استهلاك الطاقة، بالمقارنة بالأنماط السكانية الحديثة في البيئات الصحراوية.

2. **فرضيات الدراسة:** تفترض الدراسة أن هناك ارتباط عكسي بين كفاءة التصميم العماري التقليدية واستهلاك الطاقة، كما تفترض أن الخصائص المعمارية التقليدية للمنازل في غدامس، تسهم في تحسين مستوى الراحة الحرارية، ويمكن توظيف مبادئ العمارة التقليدية في غدامس القديمة كنموذج لتطوير تصاميم سكنية وفق النمط الموجود في مدينة غدامس القديمة.
3. **أهداف الدراسة:** تهدف هذه الدراسة إلى تحليل الخصائص المعمارية لمنازل مدينة غدامس القديمة، مع تقييم مستوى الراحة الحرارية، ودراسة أنماط استهلاك الطاقة في المساكن التقليدية، واستخلاص مجموعة من المؤشرات التي يمكن اعتمادها في سياسات التصميم المعماري.
4. **أهمية الدراسة:** تبرز أهمية الدراسة في تقديم أسس علمية للمخططين العمرانيين وصناع القرار في دعم التنمية المستدامة.
5. **منهج الدراسة:** اعتمد الباحثان المنهج الوصفي التحليلي مدعومًا بالمنهج المقارن، من خلال وصف الخصائص المعمارية والبيئية لمنازل مدينة غدامس التقليدية، ويعتقد الباحثان أن هذين المنهجين مناسبان لطبيعة موضوع الدراسة لغرض فهم الظاهرة كما هي في الواقع، مع محاولة تحليل العلاقات بين التصميم والراحة الحرارية.
6. **مجال الدراسة:** تشكل مدينة غدامس القديمة المجال المكاني للدراسة كنموذج فريد ومستقل للعمارة الليبية والمتكيفة مع المناخ الصحراوي الجاف، أما بخصوص المجال الزمني فتغطي الدراسة المجال الحالي أو المعاصر، وبطبيعة الحال يركز المجال الموضوعي للبحث في الراحة داخل المباني التقليدية واستهلاك الطاقة، مع محاولة الربط بين الخصائص المعمارية التقليدية مع البيئة المناخية الصحراوية.
7. **مجتمع الدراسة:** شكلت المنازل التقليدية القائمة، مجتمع الدراسة على أن تكون قائمة داخل نسيج المدينة القديمة، بما تشمله من وحدات سكنية ذات خصائص معمارية متشابهة من مواد البناء والفرغات داخل المنازل وطبيعة التهوية الطبيعة.
8. **عينة الدراسة:** تم اختيار مجموعة من المنازل التقليدية الأصلية وفق بعض المعايير المحددة منها: سلامة المبنى المعماري، وضوح المعالم والخصائص التقليدية الأصلية، إمكانية إجراء القياسات والأعمال المدنية.
9. **أدوات جمع البيانات:** اعتمد الباحثان على مجموعة من الأدوات الكمية والنوعية لعل أهمها:

الملاحظة الميدانية المباشرة: واستخدمت لرصد التكوين المعماري للمنازل، كمواد البناء المستخدمة، أنماط فتحات التهوية، الساحات والأسقف، أساليب التظليل والتهوية الطبيعية.

القياسات الحرارية: استخدم الباحثان مجموعة من الأجهزة لقياس عدد من المتغيرات المناخية الداخلية، لعل أهمها: درجة الحرارة لداخل المنزل، الرطوبة النسبية، حركة الهواء داخل الفراغات السكنية.

واعتمد الباحثان عل بعض البيانات الثانوية لعل أهمها: الدراسات السابقة، التقارير المعمارية والبيئية، الخرائط والمخططات التاريخية للمدينة، وبعض الدراسات المتعلقة بالراحة الحرارية والعمارة التقليدية في البيئات الصحراوية.

ثالثًا: غدامس: التضاريس والمناخ الطبيعي

تقع منطقة غدامس ضمن المنخفضات الشمالية للواحات الليبية التي تبدأ من الجغبوب شرقًا، ثم منخفض جالو وأوجلة، ثم منخفض مرادة والجفرة، وتنتهي بغدامس غربًا، وهي تقع على بُعد حوالي 500 كيلومتر جنوب غرب طرابلس تقريبًا، بالقرب من نقطة التقاء حدود الجزائر وتونس وليبيا، على خط عرض 30 درجة شمالًا وخط طول 9 درجات غربًا. (Babour, 1995) ترتفع غدامس حوالي (300-350) مترًا فوق مستوى سطح البحر، وتحيط بها صحراء رملية وصخرية بين العرق الشرقي الكبير وهضبة الحماده الحمراء القاحلة، (Alalund, 1987). كما تعتبر من الواحات الصحراوية المهمة التي تشكلت حول عيون مياه جوفية، هذا يعني أن مدينة غدامس تقع في صحراء صخرية؛ حيث تُشكل الصخور والطين المواد الأساسية لعمارتها التقليدية، ومناخ غدامس جاف وحار (مناخ صحراوي)؛ حيث تتميز بفترتين؛ الفترة الجافة والحارة لمدة ثمانية أشهر تقريبًا (الصيف) والفترة الباردة المعتدلة لمدة أربعة أشهر (الشتاء)، وتوجد فروق كبيرة في نطاقات درجات الحرارة السنوية واليومية، وقد تتجاوز درجات الحرارة العظمى 50 درجة مئوية في الفترة الحارة (Bu-Luqma, 1995). يبلغ متوسط درجات الحرارة العظمى اليومية (42-49) درجة مئوية في الفترة الحارة و(16-24) درجة مئوية في الفترة المعتدلة، ويبلغ متوسط درجات الحرارة الصغرى اليومية حوالي (27-32) درجة مئوية في الفترة الحارة و(10-18) درجة مئوية في الفترة المعتدلة (Bu-Luqam, 1995).

هطول الأمطار منخفض؛ حيث يبلغ 29 ملم في السنة؛ الرطوبة النسبية منخفضة عادةً، حوالي 20-50٪، اتجاه الرياح السائد هو الشمال والشمال الشرقي، وغالبًا ما تحدث العواصف الرملية خاصة خلال فترة الصيف بالتزامن مع رياح جنوبية تسمي "القبلي"، مما يتسبب في ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض الرطوبة النسبية، (Bu-Luqam, 1995)، أثر هذا المناخ الحار والجاف على العمارة ومواد البناء، وكان على هذا النوع من العمارة توفير الحماية من درجات الحرارة العالية والإشعاع الشمسي المكثف والرياح الحارة المليئة بالغبار، ويعتبر الغطاء النباتي بمثابة رئة المدينة كما يعتبر عنصرًا هامًا في تلطيف الجو وتنقيته وتوفير الراحة الحرارية المطلوبة للمحيط العمراني؛ حيث يلاحظ في تخطيط المدينة القديمة أنها محاطة بحزام أحضر من جميع الاتجاهات مثل غابات النخيل التي بدورها تحميها من العوامل الخارجية القاسية، فكانت هذه المساحات الخضراء أحد الحلول والمعالجات التي كان لها دور كبير في تلطيف الجو وتخفيض درجات الحرارة العالية، كما ساهمت في تقليل شدة الرياح ونسبة الغبار داخل المدينة القديمة.

رابعًا: –السمات التخطيطية والتصميمية لغدامس:

تستوجب التغيرات المناخية السنوية والنهارية الشديدة والبيئة المحيطة القاسية تصميم نسيج عمراني وأشكال سكنية تتكيف مع هذا المناخ السائد، وهو ما شكل أهم العوامل التي أثرت على سمات تخطيطها ومبانيها، مثل: نسيج عمراني متماسك، وشوارع مسقوفة، وممرات ضيقة، ومنازل ذات تصميم فريد، ومواد بناء فريدة أثبتت نجاحها عبر الزمن

((Al-Zubaidi, 1999. يتميز النسيج العمراني لغدامس بتماسكه؛ حيث تتكامل المباني في هيكل واحد معقد يصعب فيه تمييز الخرائط الفردية، وذلك لتجنب أشعة الشمس الحارقة في الصيف، وللحماية من درجات الحرارة العالية والعواصف الرملية (Aalund, 1983)، ولخفض الحمل الحراري على أغلفة المباني وخاصة المنازل، وتتركز المناطق المبنية إلى الجنوب الغربي من الواحة لتشكل تجمعًا كبيرًا من المنازل (الشكل 1)، في حين أدى تجميع السكان حسب النسب إلى سبع مناطق أو قطاعات متميزة من الاستيطان وفقًا للقبائل التي تعرض خصائص خاصة لكل قطاع أو منطقة (Babour, 1995).

الشكل 1. منظر منظور لمدينة غدامس–ليبيا



Source: ph://www, lovedsmile.com.

المنازل مبنية بشكل مترابط مع ممرات وأزقة مغطاة تبدو كأنها أنفاق وممرات مظلمة، مما يخلق تسلسلًا هرميًا لخطوط الاتصال (Aalund, 1983)؛ ولذلك يُطلق على غدامس أحيانًا اسم المدينة الجوفية، قد يبلغ عرض أزقة المشاة الرئيسية حوالي (1.5–3) أمتار وهي مضاءة جيدًا نسبيًا من آبار إضاءة متباعدة بانتظام كل 15 مترًا (الشكلان 2 و3)، لتوفير الإضاءة والتهوية الطبيعية، تخلق هذه النتيجة من الضوء والظلام مناطق ضغط مختلفة، مما يتسبب في حركة الهواء من مناطق الضغط العالي إلى مناطق الضغط المنخفض؛ حيث يتم استبدال الهواء الساخن بهواء أكثر برودة ورطوبة في الممرات المظللة، وهذا أحد أهم حلول التخطيط في المدن الصحراوية (Al-Zubaidi, 2001).

الشكل 2. توفر الفتحات الضوء الطبيعي والتهوية



المصدر: العمل الميداني للباحثين

الشكل 3. الأزقة الرئيسية للمشاة



المصدر: العمل الميداني للباحثين

العمارة التقليدية هي معايير البناء التي تميز مكانًا عن آخر، وهي تعني التفاعل مع البيئة المحيطة، وخاصة المناخ، والاستفادة من المواد المحلية من خلال تطوير أنظمة بناء معينة تراعي البيئة الطبيعية والقيم الثقافية، تُعدّ غدامس شاهدًا حيًا على تأثير البيئة القاسية على العمارة ومواد البناء ونظام الإنشاء وكثافة النسيج العمراني للمدينة، تتميز غالبية المنازل التقليدية في غدامس بتصميم أساسي واحد مع اختلاف طفيف في الحجم والديكور، وتتميز بمساحات متماسكة تتداخل فيها المواد والبناء والبيئة والروحانية، لتشكل عمارة فريدة (Ahmed, 1985). يعتمد المنزل في غدامس على مبدأ تعدد المستويات، أي الطابق الأرضي والطابق الأول والطابق الثاني، يتكون الطابق الأرضي من باب المدخل وغرفة التخزين والدرج (الشكل 4). يتكون الطابق الأول من مستويين، يتكون المستوى الأول بشكل رئيسي من صالة معيشة كبيرة بارتفاع مزدوج من الأرض إلى السقف (الشكل 5).

المستوى الثاني مخصص لغرف النوم، والتي يمكن الوصول إليها مباشرة من غرفة المعيشة، إما على مستوى الطابق أو على مستوى الميزانين، تقع غرفة التخزين والمرحاض أيضًا في الطابق الأول (Yusha, 1973). يحتوي سقف الطابق الأول على فتحة في المنتصف لتوفير ضوء الشمس والتهوية لغرفة المعيشة (الشكلان 6 و7)، والمنزل، وهو يشبه نافذة سقف صغيرة في السطح (Al-Zubaidi, 1999).

الشكل 4. باب خشبي للبيت التقليدي في غدامس



الشكل 5. المرايا والتحف النحاسية، تعكس الضوء إلى الغرف



المصدر: العمل الميداني للباحثين

مساحة المعيشة مزدوجة الحجم، وتبدو كفناء داخلي مفتوح على السماء من خلال فتحة صغيرة، ويعمل كمنظم حراري في المنزل، يُعد مفهوم الفناء السمة الرئيسية في معظم عمارة المناطق الحارة القاحلة والصحراوية، يُستخدم الفناء، وخاصة في الدول العربية، لامتيازاته المناخية والاجتماعية.

الشكل 6. فتحة في السقف (منظر من الأسفل من داخل المنزل)



الشكل 7. فتحة في السقف (منظر علوي من خارج المنزل)



المصدر: العمل الميداني للباحثين

الطابق الثاني من المنزل هو السطح، والذي يتكون من المطبخ ومساحة مفتوحة للنوم خلال فترة الصيف (Chawesh, 2000). يلعب السطح دورًا مهمًا في الحياة الاجتماعية في غدامس؛ لأنه مجال النساء؛ حيث يمكنهن العمل والطهي وزيارة بعضهن البعض وحتى التسوق من خلال التنقل من سطح منزل إلى آخر (الشكل 8)، تتصل أسطح المنازل ببعضها البعض والجدران قريبة جدًا من بعضها البعض مما يخلق مدينة علوية فوق السطح، تاركًا الممرات الموجودة تحتها باردة ورطبة ومظللة (Al-Zubaidi,2001). تكون ارتفاعات المنازل صلبة تقريبًا بارتفاع حوالي (10-12 مترًا) (Chawesh, 2000).

الفتحات الخارجية صغيرة وقليلة، حوالي (3-5)، لتوفير الحماية من أشعة الشمس وتقليل انتقال الحرارة، الألوان المستخدمة في الواجهات هي اللون الأصفر الطبيعي للأرض بينما اللوحات فاتحة وخاصة البيضاء للجدران الخارجية والداخلية والممرات المغطاة (الشكل 9).

الشكل 8. ممرات أسطح غدامس، مخصصة للنساء فقط اللاتي يستخدمنها للتنقل من منزل أو منطقة إلى أخرى



لشكل 9. ممر منزل غدامس، مع تصاميم طلاء أحمر على الجدران البيضاء



المصدر: العمل الميداني للباحثين

1.4_ مواد بناء المنازل ونظام البناء:

يعتمد نظام البناء في منازل غدامس على بناء جدران حاملة من الطوب الطيني المجفف بالشمس على أساسات من الحجارة، يتناقص السمك من الأسفل إلى الأعلى من (0.75-0.60 – 0.50) متر (Yusha, 1973). من أجل المتانة الهيكلية وتعديل المناخ. يختلف حجم الطوب وفقًا لسمك الجدار؛ حيث يبلغ (0.60 * 0.40) متر في الطابق الأرضي، و(0.50 * 0.40) متر في الطابق الأول و(0.40 * 0.40) متر في الطابق العلوي. يبلغ متوسط

سمك الطوب 0.12 متر وتم تحسين خصائص الطوب عن طريق خلط القش في الطين (Aalund, 1983). يتم بناء الأرضية والسقف الأفقيين من جذوع أشجار النخيل المقطعة، تُترك أضلاع سعف النخيل في الماء لمدة ثلاثة أشهر قبل طلاء الحصيرة، مما يوفر الدعم للبلاطة الأرضية، التي تتكون من الحجارة والطين مع ذراع الأرضية من الجبس (Babour, 1995). الأسطح المسطحة هي معايير التصميم بالنسبة لمنازل غدامس، فهي مساحات مفتوحة للمعيشة ليلاً في الصيف ومجمعات للإشعاع الشمسي في الشتاء. تتميز الجدران الخارجية بألوانها البنية والصفراء الباهتة للطوب الطيني المجفف بالشمس، ومعظمها – وخاصةً السقف العلوي للجدران – مطلي بالجير الأبيض (Chawish,2000) لتحسين قدرة الجدار على تحمل المناخ القاسي المحيط وتعديله.

خامسًا:– غلاف المباني – غدامس:

يُشكل غلاف المباني في غدامس حاجزًا فعّالًا ضد أسوأ تقلبات المناخ الخارجي، فهو يوفر فلترًا يُعدّل المناخ بما يكفي لجعل الظروف الداخلية أكثر قبولًا، ويعمل غلاف المبنى كمُعدِّل سلبي للمناخ الخارجي، ويعتمد ذلك على المواد وخصائص كل مادة وكيفية تركيبها، مما يُحدد كيفية تأثير المناخ الخارجي على الظروف الداخلية (Collier, 1995).

تتمثل الوظيفة الرئيسية لغلاف المنازل (الجدران والأسقف) في غدامس في مقاومة انتقال الحرارة، وعكس أشعة الشمس قدر الإمكان، كما كان لا بد من تقليل الحرارة والكسب الشمسي لخلق ظروف باردة في الداخل ومواجهة الكسب الشمسي المفرط، من خلال تصميم مدروس جيدًا لشكل المنزل وحجمه ومقياسه، وبساطة الأشكال والأسطح الهندسية. إحدى الطرق لتقليل الحرارة والمكاسب الشمسية هي تقليل مساحة سطح الغلاف، والتي تتضمن الشكل الأساسي للمبنى ومقياسه وبساطة الأسطح (Guide to Energy, 1982). في حين أن الكرة تقدم أقل مساحة سطح لحجم معين، فإن المبنى المستقيم الذي يكون مربعًا في الخطة ليس فقط أكثر عملية للبناء من الكرة، ولكنه يوفر أيضًا نسبة أفضل من مساحة الأرضية القابلة للاستخدام إلى مساحة سطح الغلاف، وهذا ملحوظ في تخطيط منزل غدامس؛ حيث يبلغ متوسط مساحة الأرض 25 مترًا مربعًا فقط (5 × 5 أمتار)، وهي أبعاد المنزل نفسه، وارتفاع المنزل (10–12) مترًا. وهذا يعني أن شكل المنزل مستقيم والخطة غالبًا ما تكون مربعة، مما يوفر سطحًا أقل تعرضًا للظروف المناخية الخارجية، وخاصة الحرارة الشمسية.

1.5_ الراحة الحرارية لغلاف المبنى في غدامس:

يتكون غلاف المبنى من مواد بناء مختلفة، ولكل منها خصائص فيزيائية خاصة، تُحدد – إلى جانب طريقة تركيبها – كيفية تأثير ذلك الجزء من الغلاف على انتقال الحرارة من خلاله، وتعديل المناخ الداخلي للمبنى استجابةً للمناخ الخارجي (Collier, 1995)، يتميز مناخ غدامس بأنه حار جاف؛ حيث تُعدّ آثار التقلبات في درجات الحرارة الخارجية والإشعاع الشمسي المفرط — ربما – من أبرز الظروف المناخية المؤثرة على داخل المبنى.

تم تحقيق استراتيجية التعامل مع مناخ الصحراء الحار الجاف من خلال: الحماية والتعديل والتكيف، والتي اعتمدت بشكل أساسي على: تقليل التقلبات في درجات الحرارة الداخلية، وتأخير تأثير درجة الحرارة القصوى بعد الظهر لعدة ساعات أثناء انتقالها عبر الجدار السميك، حتى حلول الليل عندما تكون درجات الحرارة الخارجية منخفضة، ويمكن استخدام المساحات المفتوحة (السقف في غدامس)؛ لتحقيق هذه الاستراتيجية ومواجهة الكسب الشمسي المفرط للحفاظ على المناخ المحلي الداخلي ضمن منطقة الراحة داخل المباني وخاصة المنازل، يجب أن تقاوم الخصائص الحرارية لمواد البناء

مثل: السعة الحرارية، والتوصيل الحراري والمقاومة، والانعكاسية والانبعاثية، انتقال الحرارة وانعكاس الإشعاع الشمسي قدر الإمكان.

1.1.5_ الجدران:

يُعد الطوب الطيني المجفف بالشمس مادة البناء الأساسية لأغلفة المنازل وخاصة الجدران؛ حيث يتم تلبيسها من الداخل بالجبس وتبييضها، وتعتمد مقاومة انتقال الحرارة من خلالها على خصائصها الحرارية ونظام البناء ومفهوم التصميم.

الموصلية الحرارية (قيمة-K) هي كمية الحرارة التي تنتقل عبر وحدة مساحة من مادة ذات سمك وحدة في وحدة زمنية مع فرق درجة حرارية واحدة بين وجهي الجدار (Evans, 1980). إنه المقياس الأساسي لانتقال الحرارة بالتوصيل لمادة ما.

التوصيل الحراري (قيمة-C) يشبه الموصلية ولكنه قياس لسمك معين.(Fethi, 1988) وهذا يعني أن قيمة (C-) K/d=(C- سمك). يمكن تقليل انتقال الحرارة عبر غلاف المبنى إذا كانت مساحة السطح محدودة وكانت قيمة R- عالية.

قيمة R-هي فعالية مجموعة غلاف المبنى في مقاومة تدفق الحرارة في ظل الظروف الساكنة وهي مقلوب التوصيل الحراري (قيمة -C) حيث R = 1/C .

في منازل غدامس، يبلغ متوسط سمك الجدار 0.60متر (24 بوصة)، والذي يعتمد على حساب الخصائص الحرارية لمواد الجدار (الجدول 1).

الجدول (رقم 1) يوضح حساب الخصائص الحرارية لمواد الجدار

مادة البناء	السمك بالبوصة	الموصلية الحرارية (k) وحدة حرارية بريطانية/بوصة/قدم²/ ساعة/فهرنهايت	الموصلية الحرارية (C) وحدة حرارية بريطانية/قدم² /ساعة/فولت.	المقاومة الحرارية (R) قدم² ساعة قدم/وحدة حرارية بريطانية	الحرارة النوعية وحدة حرارية بريطانية/رطل فهرنهايت	السعة الحرارية وحدة حرارية بريطانية/قدم مربع. فهرنهايت
الطوب	24	5	0.22	4.6	0.20	24.6
جبس	2	1.2	0.6	1.7	0.60	30

المصدر: حسابات هندسية من عمل الباحثين

المقاومة الحرارية (قيمة R) هي وحدة ملائمة لقياس المقاومة الحرارية والأداء العازل لمكونات غلاف المبنى، وخاصة الجدران. كلما زادت قيمة R، زادت مقاومة التوصيل الحراري عبر الجدار (Moore, 1993). مقاومة مجموعة الجدار تساوي مجموع مقاومات مكوناتها، وبالتالي فإن قيمة R للجدار في منزل في غدامس، حوالي 6.3، وهي مؤشر على المقاومة الجيدة للتوصيل الحراري عبر الجدار لتقليل التقلب في درجة الحرارة الداخلية، وهي إحدى الاستراتيجيات المستخدمة في العمارة الصحراوية لحماية المساحات الداخلية من اكتساب الحرارة ودرجات الحرارة الخارجية القصوى. الجدران السميكة هي استراتيجية أخرى لحماية وتعديل التقلبات العالية في درجات الحرارة الخارجية، اعتمادًا على "الفارق الزمني" للجدران السميكة المصنوعة من الطوب. الفارق الزمني هو التأخير الزمني بين حدوث أقصى درجة

حرارة خارجية وأقصى درجة حرارة داخلية للهواء في ظل ظروف التدفق الحراري الدوري (Evans, 1980). وفي منازل غدامس يبلغ متوسط سمك الجدار 0.60م وذلك للاستفادة من فارق الزمن لجدار من الطوب السميك والذي يبلغ حوالي 12 ساعة (Fethi, 1988)، وذلك بتأخير أقصى قدر من الهواء الخارجي إلى المساء عندما تكون درجة الحرارة الخارجية منخفضة ومريحة ويتم استغلال المساحات الخارجية.

2.1.5_ السقف:

يلعب السقف في منازل غدامس دورًا مهمًا في الحياة الأسرية؛ لأنه المساحة الخارجية الوحيدة في المنزل. يُستخدم للطهي والعمل للنساء، وللعب للأطفال والجلوس والنوم ليلًا خلال فصل الصيف، ومساحة للتدفئة والتعرض لأشعة الشمس نهارًا خلال الموسم المعتدل والبارد، يُشجع استخدام السقف في غدامس على توفير جدران خارجية عالية توفر الخصوصية والحماية من النسيمات الحارة المتربة، تختلف درجة حرارة طبقة الهواء فوق السطح المسطح وفقًا لتقلبات درجة حرارة الهواء وشدة الإشعاع الشمسي المنبعث إلى السماء، قد تنخفض درجة حرارة طبقة الهواء السطحية عن درجة حرارة الهواء ليلًا، ويمكن استغلالها لتبريد المساحات الداخلية والخارجية (Evans, 1980). لحبس هذا الهواء والاستفادة منه، يلزم وجود جدار لالتقاط الهواء البارد ومنعه من التدفق من حافة السطح. كما يُقلل الجدار من حركة الهواء التي من شأنها أن تحد من تكوّن "برك" هواء بارد، وذلك بخلط طبقة الهواء السطحي البارد مع هواء بدرجة حرارة عادية. أبسط طريقة لتحقيق ذلك هي استخدام فتحة صغيرة في السقف، بحيث يتدفق الهواء البارد إلى المساحات الداخلية لتهوية المنزل ليلًا، وذلك لتبريد الكتلة الحرارية الداخلية، وهو ما يُسمى "التدفق الليلي" (Moore, 1993). هذه إحدى وظائف الفتحة الصغيرة في سقف منزل في غدامس، فهي تعمل كمنظم حراري لطرد الحرارة المنبعثة من المساحات الداخلية بعد غروب الشمس إلى الخارج ليلًا، وذلك لتبريد المساحات الداخلية والجدران لتكون مريحة في اليوم التالي.

3.1.5_ المعالجات الخارجية:

تتميز الجدران الخارجية بمظهر عام ذي ألوان فاتحة، مستوحاة من ألوان الطوب الطيني المجفف بالشمس، المائلة إلى البني والأصفر الباهت، أما أغطية الجدران العلوية والزخارف المتدرجة في الزوايا، فقد طُليت بالجير الأبيض، مما أضفى سمة مميزة على المظهر الخارجي للمنازل (Aalund, 1983). لهذه الألوان الباهتة والفاتحة تأثيرٌ فعال، كما أنها تُحسّن الأداء الحراري لغلاف المبنى في ظل الظروف المناخية القاسية، وتُعد الألوان الفاتحة أسطحًا عاكسة جيدة؛ حيث تتراوح نسبة انعكاسيتها بين 80٪ و90٪ (Fethi, 1988)، مما يجعلها تعكس معظم الإشعاع الشمسي الساقط على السطح، مما يُقلل الأحمال الحرارية على الأسطح الخارجية، ويحسّن المناخ المحلي الداخلي ضمن منطقة الراحة.

المناقشة:

من خلال نتائج القياسات الميدانية تبين أن المنازل التقليدية في مدينة غدامس تحقق استقرارًا داخليًا ملحوظًا بالمقارنة بدرجات الحرارة الخارجية، والتي تكون في العادة مرتفعة، وهذ يرجع لسماكة الجدران ومواد البناء ذات السعة الحرارية العالية، فقد أسهمت هذه الخصائص في تقليل التذبذب الحراري اليومي داخل الفراغات السكنية، مما وفر بيئة داخلية معتدلة خلال فترات الذروة الحرارية.

وشكل التكوين الفراغي شبه المغلق – مع وجود المساحات الداخلية والفتحات في الأسقف – دورًا في حرية حركة الهواء الطبيعية مع تخفيف الحمل الحراري، مما أسهم في تحقيق الراحة الحرارية ودون استهلاك إضافي للطاقة.

كما أظهرت النتائج لهذه الدراسة أن قلة الاعتماد على وسائل التبريد الميكانيكية داخل المنازل التقليدية يرتبط مباشرة بفعالية الحلول المعمارية التقليدية في إدارة عملية التحكم الحراري، فقد سجلت هذه المساكن مستويات منخفضة نسبيًا من استهلاك الطاقة مقارنة بالمساكن الحديثة.

وبهذا تؤكد هذه النتيجة صحة الفرضية القائلة بوجود علاقة عكسية بين كفاءة التصميم المعماري التقليدي في مدينة غدامس القديمة ومستويات استهلاك الطاقة، بحيث كلما زادت درجة التكيف الطبيعي المناخي للمبنى، كلما قلت الحاجة إلى الطاقة الكهربائية، وتوصي نتائج الدراسة بضرورة إعادة النظر في سياسات التخطيط والتصميم المعماري داخل الأراضي الليبية الصحراوية من خلال استلهام مبادئ المارة التقليدية ودمجها مع التقنيات الحديثة.

سادسًا: الخاتمة:

بُنيت المباني التقليدية – وخاصةً المنازل – في غدامس بالكامل من مواد محلية، مما يُنتج عمارة جذابة ومتناغمة. يتميز نسيج المباني بكثافة عالية ومتكاملة في هيكل واحد مُعقد، مما يُصعّب التمييز بين المنازل، يُوفر هذا النسيج الكثيف للمباني "فاصلًا زمنيًا" للحفاظ على برودة الممرات الداخلية نسبيًا خلال النهار في الصيف ودافئًا ليلًا. تتميز مواد البناء المحلية في غدامس بخصائص حرارية مُلائمة للمناخ الصحراوي. يعتمد نظام البناء على جدران سميكة تتحمل الأحمال مع الحد الأدنى من الفتحات الخارجية؛ وهذا النظام يُعزز مقاومة الجدران لانتقال الحرارة ويُحسّن المناخ المحلي الداخلي ضمن منطقة الراحة.

يجب دراسة استراتيجيات العمارة التقليدية وخصائص مواد البناء وأدائها الحراري جيدًا، وأخذها في الاعتبار عند تخطيط وتصميم المباني ومشاريع الإسكان المعاصرة في المناطق الصحراوية الجافة، وإننا بحاجة إلى المزيد من الدراسات والأبحاث لتحليل القواعد العلمية ومفاهيم التصميم في مواد البناء وأنظمة الإنشاء في المباني التقليدية في غدامس، والتي يمكن تعزيزها بالظروف الحديثة والمواد المتطورة والتقنيات الجديدة خاصة في المناطق الصحراوية والمناطق الحارة الجافة، لإنشاء مبانٍ مناسبة للمناخ الصحراوي ولا تضر بالبيئة، وفي نفس الوقت مرنة لتتكيف مع هوية كل منطقة حسب اختلاف الموقع والمناخ المحلي ومواد البناء والتكنولوجيا.

سابعًا:– المراجع

1. Aalund, F. (1983) *Ghadames: the Pearl of the Desert*, Architectural Conservation Planning,Libya, pp: 6, 8, 10, 15.

2. Ahmed, Salem (1985) *City of Ghadames & Design of Neighborhood Unit*, Ph.D. Thesis, University of Warsaw, Poland, pp: 39, 45, 50.

3. Al-Zubaidi, Maha (1999) *Planning and Design Considerations for the Desert Cities*, The city & the third millennium conference, Alfateh university, 10-12 November 1999,Tripoli, Libya. Vol.1, pp: 1-11

4. Al-Zubaidi, Maha (2001) *Vernacular Architecture Technologies… Basic Principles towards Futuristic Sustainable Architecture*, *2nd Conference of BAU*, Faculty of Architectural Engineering, 3-6 April 2001, Beirut, Lebanon.Vol.2, pp: 1 -10

5. Babour, Mansour (1995) *Ghadames: Urbanization and the Economical Base*, 2nd edition, Qar Yunis university publications, Benghazi, Libya, pp: 19, 21.

6.Aldar Aljamahiria for publishing & Advertising, Libya, pp: 169, 180, 191.

7.Chawish, A.B. (2000) *Analytic Study for the Traditional House of Ghadames*, Al-Omran, Tripoli, Libya.1: 8-11.

8. Collier, Tony (1995) *Design Technology & the Development Process in the Built Environment*, 1st Edition, E & FN Spon, England, pp: 157, 159, 162.

9. Evans, Martin (1980) *Housing, Climate and Comfort*, 1st Edition, The Architectural Press, London, Great Britain, pp: 76,104, 106.

10. Fethi, Hassan (1988) *Natural Energy and Vernacular Architecture*, 2nd edition, United Nations University, Tokyo, Japan, pp: 65, 84.

11. Moore, F. (1993*) Environmental Control Systems*, International Edition, McGraw-Hill, Inc, New York, NY, U.S.A, pp: 9, 11 26.

12. Yusha, Bashier, (1973) *Ghadames Vision & Pictures*, Dar Lebanon, Beirut, Lebanon, 43, 49.