مجلة جامعة بني وليد للعلوم الإنسانية والتطبيقية
Bani Waleed University Journal of Humanities and Applied Sciences
تصدر عن– جامعة بني وليد – ليبيا
Website:https://jhas-bwu.com/index.php/bwjhas/index
المجلد العاشر ـ العدد الثالث ـ 2025 ـ الصفحات (373– 388)
ISSN3005-3900

Urban formation as a tool for controlling air and heat flows: Strategies for enhancing the climate resilience and well-being of cities

Dr. Samira Ahmed Mohamed Ben Omran*
Department of Architecture, Faculty of Architecture and Arts, University of Derna, Derna, Libya
samira.benomran@uod.edu.ly

التكوين العمراني أداة للتحكم في تدفقات الهواء والحرارة استراتيجيات لتعزيز مرونة ورفاهية المدن المناخية

د. سميرة أحمد محمد بن عمران *
قسم العمارة ، كلية العمارة والفنون، جامعة درنة ، درنة، ليبيا

تاريخ الاستلام: 27-05-2025 تاريخ القبول: 05-07-2025 تاريخ النشر: 15-07-2025

Abstract:
This research aims to analyze the role of urban form and fabric as effective tools for controlling the local microclimate within urban environments, particularly in regions characterized by dynamic climatic conditions. The study is grounded in a central hypothesis that traditional urban configurations—with their inherent spatial characteristics and flexible layouts—serve as intelligent, nature-based solutions for enhancing urban livability and addressing the challenges of climate change.
The research adopts a descriptive-analytical methodology, supported by a comparative case study analysis of the old city of Tripoli, as a traditional model from North Africa, alongside the historic city of Córdoba in Spain, representing a European urban center influenced by Arab Islamic architectural heritage. The findings reveal that the similarities in urban configuration strategies between the two cities played a pivotal role in enhancing natural ventilation and reducing surface temperatures, thereby improving thermal comfort for their inhabitants.
A review of recent scientific literature in the fields of urban physics and climatic design highlights the significance of compact, cohesive, and shaded urban fabrics in mitigating the adverse effects of urban heat islands. The study emphasizes that drawing inspiration from these traditional design principles and consciously integrating them into contemporary urban planning presents a promising pathway toward more resilient and livable cities.
Furthermore, the research clarifies the nuanced distinctions among three commonly interchanged terms in the field of planning and architecture, each carrying specific and precise implications that must be properly understood. It concludes by stressing the need to reassess traditional urban models not merely as cultural legacies, but as dynamic design systems capable of offering effective environmental solutions in the face of accelerating urbanization and climate change.

Keywords: Urban formation, urban fabric, dynamic climates, climatic cities, old city of Tripoli.

الملخص:

يهدف هذا البحث إلى تحليل دور التكوين والنسيج العمراني كأداة فعالة للتحكم في المناخ المحلي داخل البيئات والبنى الحضرية، خاصةً ضمن المناطق ذات المناخات الديناميكية، وقد انطلق البحث من فرضية أساسية مفادها أن أنماط التكوين العمراني التقليدية، بما تمتلكه من خصائص وتنظيمات مكانية مرنة، تمثل حلولاً طبيعية ذكية لتعزيز الرفاهية الحضرية ومواجهة تحديات التغير المناخي، هذا وقد اعتمد البحث المنهج الوصفي التحليلي، مدعماً بتحليل دراسة حالات مقارنة شملت المدينة القديمة في طرابلس باعتبارها نموذجاً تقليدياً من شمال إفريقيا، إلى جانب المدينة القديمة في قرطبة بإسبانيا كمثال لحاضرة أوروبية تأثرت بالثقافة المعمارية العربية الإسلامية، وأظهرت النتائج أن التشابه في استراتيجيات التخطيط للتكوين العمراني بين المدينتين، لعب دوراً محورياً في تحسين التهوية الطبيعية وتقليل درجات الحرارة السطحية، مما عزز الراحة المناخية لسكان تلك البيئات، وكشفت مراجعة الأدبيات العلمية الحديثة أن العديد من المفاهيم المرتبطة بالفيزياء الحضرية والتصميم المناخي تؤكد على أهمية النسيج العمراني المتراص المتضام والمظلل في خفض الآثار السلبية لظاهرة الجزر الحرارية الحضرية، وأبرز البحث أن استلهام هذه المبادئ التصميمية التقليدية وتوظيفها بوعي ضمن التخطيط الحضري المعاصر يُعد مساراً واعداً لبناء مدن أكثر مرونة ورفاهية، وأوضح البحث الفروقات بين ثلاثة مصطلحات تستخدم في مجال التخطيط والعمارة بالتبادل لكن لكل منها دلالات مختلفة دقيقة لابد من معرفتها، كما يؤكد البحث ضرورة إعادة تقييم النماذج العمرانية التقليدية، لا بوصفها موروثاً ثقافياً فقط، بل كمنظومات تصميمية ديناميكية قادرة على تقديم حلول بيئية فعالة لمستقبل التحضر في ظل التغيرات المناخية المتسارعة.

الكلمات الدالة: التكوين العمراني، النسيج العمراني، المناخات الديناميكية، المدن المناخية، مدينة طرابلس القديمة.

المقدمة:

أدى تزايد التحديات المناخية وتفاقم الظواهر البيئية المرتبطة بالتحضر إلى البحث عن حلول عمرانية تعزز مرونة المدن وجودة الحياة الحضرية، وتعد البنية العمرانية بكل مكوناتها تكوين وتشكيل ونسيج أحد العوامل الأساسية المؤثرة في الأداء المناخي للفضاءات الحضرية، إذ تسهم العناصر العمرانية مثل الكتلة البنائية، والفراغات المفتوحة، ونسبة التظليل في تشكيل مناخ محلي يؤثر بشكل مباشر على الراحة الحرارية والرفاهية العامة للسكان[1]، وتاريخياً، طورت المدن التقليدية أنماطاً معمارية متميزة استجابت بذكاء للظروف البيئية المحلية، مثل الأنسجة المتضامة، والأزقة الضيقة، والأفنية الداخلية، التي أسهمت في تعديل درجات الحرارة والتهوية الطبيعية، وتؤكد الدراسات المعاصرة أن العودة إلى فهم وتوظيف هذه المبادئ التقليدية يُعد ضرورة ملحة لتحقيق مدن مستدامة ومرنة في مواجهة تغير المناخ [2]، ضمن هذا السياق، برز مفهوم (الفيزياء الحضرية) كأداة تحليلية لفهم ديناميكيات البيئة المبنية وتأثيرها على أنماط تدفق الهواء وانتشار الحرارة داخل المدن، ويشير هذا الحقل المعرفي إلى دراسة الظواهر الفيزيائية التي تنشأ عن التفاعل بين المكونات العمرانية والمناخ المحيط، ويكشف عن دور التصميم الحضري في تعديل البيئة المحلية وتحسين ظروف المعيشة.

بناءً عليه، يهدف هذا البحث إلى دراسة دور البنية العمرانية كأداة للتحكم المناخي في المناطق ذات المناخات الديناميكية، مع التركيز على استخلاص الدروس من النماذج التقليدية وتوظيفها ضمن الممارسات التخطيطية المعاصرة.

1. مشكلة البحث :

رغم التطور الهائل في تقنيات البناء والتخطيط، لا تزال العديد من المدن الحديثة تعاني من مشكلات بيئية متفاقمة ناجمة عن سوء إدارة تدفقات الهواء وارتفاع درجات الحرارة في الفضاءات الحضرية، تتجلى هذه المشكلات في تفاقم ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية، وتدهور مستويات الراحة البيئية للسكان، إلى جانب زيادة استهلاك الطاقة نتيجة الاعتماد المفرط على أنظمة التكييف الاصطناعي، ويبدو أن أحد الأسباب

الرئيسية لهذه الأزمات يعود إلى الإهمال النسبي للعوامل المناخية عند تخطيط الكتل العمرانية، حيث يتم أحيانًا تشكيل الأنسجة الحضرية دون دراسة كافية لحركة الرياح أو الإشعاع الشمسي، في المقابل، تكشف الدراسات أن التكوين العمراني المدروس يمكن أن يكون أداة فعالة لتحسين تدفق الهواء الطبيعي، وتخفيف الاحتباس الحراري المحلي، وتحقيق بيئة عمرانية أكثر راحة واستدامة، بناءً على ذلك تتمثل مشكلة البحث في التساؤل الآتي:

- كيف يمكن توظيف البنية العمرانية كأداة فعالة للتحكم في تدفقات الهواء والحرارة ضمن البيئة الحضرية، بما يحقق مرونة مناخية ورفاهية للسكان في ظل التغيرات المناخية الديناميكية؟

2. فرضية البحث :

أن أنماط التكوين العمراني التقليدية، بما تمتلكه من خصائص متراصة وتنظيمات مكانية مرنة، تمثل حلولاً طبيعية ذكية لتعزيز الرفاهية الحضرية ومواجهة تحديات التغير المناخي.

3. أهداف البحث :

يسعى هذا البحث إلى تحقيق مجموعة من الأهداف العلمية والتطبيقية التي تتقاطع مع التحديات المناخية المعاصرة في البيئة الحضرية، وتتمثل هذه الأهداف فيما يلي:

1.تحليل العلاقة بين التكوين العمراني وديناميكيات تدفق الهواء وانتقال الحرارة داخل الفضاءات الحضرية، مع التركيز على العوامل المؤثرة في تعزيز الراحة المناخية.

2.استكشاف تأثير النسيج العمراني التقليدي في المدن التاريخية على تلطيف البيئة المناخية المحلية، واستنتاج المبادئ التخطيطية الكامنة وراء هذا التأثير.

3.تحديد استراتيجيات تصميمية وعمرانية فعالة يمكن من خلالها تحسين التحكم البيئي في الأحياء السكنية الحديثة، بما يعزز من مرونة المدن تجاه التغيرات المناخية المستقبلية.

4.تقديم دراسة حالة تطبيقية على المدينة القديمة في طرابلس كنموذج لفهم كيفية توظيف التكوين العمراني التقليدي في تحقيق الرفاهية المناخية للسكان.

5.اقتراح توصيات عملية قابلة للتنفيذ لدعم المخططين والمعماريين في تطوير بيئات حضرية أكثر استجابة للمتغيرات المناخية وأكثر قدرة على توفير جودة حياة مستدامة .

4. أهمية البحث:

تنبع أهمية هذا البحث من الحاجة الملحة إلى تطوير أدوات تخطيطية قادرة على مواجهة التحديات البيئية المرتبطة بتغير المناخ داخل المدن المعاصرة، ففي الوقت الذي تتزايد فيه حدة الظواهر المناخية المتطرفة، تتجه الأنظار إلى البحث عن حلول عمرانية مبتكرة تحقق التوازن بين الراحة المناخية للسكان والاستدامة البيئية، ويساهم هذا البحث في سد فجوة المعرفية تتعلق بفهم الكيفية التي يمكن من خلالها استثمار البنية الهيكلية العمرانية كإطار متكامل يربط بين الجوانب الوظيفية (التكوين)، والجوانب الشكلية (التشكيل)، والجوانب المادية (النسيج)، وتمثل الهيكلية العمرانية المدخل الشامل لتحليل النظم الحضرية وتقييم أدائها الوظيفي كوسيلة طبيعية للتحكم في تدفقات الهواء وانتقال الحرارة. كما يكتسب البحث أهمية إضافية من خلال تسليط الضوء على نماذج تخطيطية تقليدية أثبتت قدرتها الفطرية على توفير بيئات معيشية ملائمة، بما يوفر دروسًا ثمينة لإعادة توظيف تلك المبادئ في تصميم المدن المستقبلية، وعلى المستوى العملي، يقدم البحث إطارًا استرشاديًا للمخططين والمعماريين لدعم اتخاذ القرارات التصميمية التي تساهم في تحسين الأداء البيئي للأحياء الحضرية، وتعزيز مرونتها تجاه التغيرات المناخية، وتحقيق جودة حياة أفضل للسكان في مختلف الظروف المناخية .

5. منهجية البحث:

يعتمد هذا البحث على منهجية تجمع بين الأسلوب الوصفي التحليلي ودراسة الحالة التطبيقية، وذلك لتحقيق فهم عميق لدور التكوين العمراني في التحكم بتدفقات الهواء والحرارة داخل البيئة الحضرية.

أولاً: المنهج الوصفي التحليلي، حيث تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي لاستعراض وتحليل المفاهيم النظرية المتعلقة بتأثير التكوين العمراني على البيئة المناخية الحضرية، بما في ذلك دراسة العوامل العمرانية

المؤثرة على حركة الرياح والإشعاع الشمسي وانتقال الحرارة، كما تم تحليل الأدبيات العلمية ذات العلاقة بهدف بناء إطار نظري واضح يدعم فهم آليات التحكم البيئي عبر التكوين العمراني.
ثانيًا: دراسة الحالة التطبيقية، تم اختيار المدينة القديمة في طرابلس كدراسة حالة تطبيقية نظراً لما تتميز به من تكوين عمراني تقليدي أظهر قدرة فطرية على تكييف الفضاءات الحضرية مع الخصائص المناخية المحلية، وقد شملت دراسة الحالة عدة مراحل تحليلية، تمثلت في:
تحليل الخصائص العمرانية: مثل توزيع الكتل العمرانية، ونسب ارتفاع المباني إلى عرض الشوارع، وأنماط التوجيه المكاني.
تحليل الأداء المناخي: عبر مراجعة خصائص التهوية الطبيعية، مستويات الظل، وانتقال الحرارة ضمن الفضاءات الحضرية التقليدية.
استخلاص المبادئ التخطيطية: التي يمكن إعادة توظيفها في تصميم المدن المعاصرة لتحقيق الراحة المناخية وتعزيز المرونة البيئية.

6. مفاهيم نظرية:

أ. مفهوم التكوين العمراني(Urban formation):

يعبر مفهوم التكوين العمراني أو التركيب الحضري عن دراسة الشكل الفيزيائي والهيكل العام والبنية الأساسية للمدن وطريقة تنظيم عناصرها، والعلاقات الوظيفية والمكانية بينها ، بحيث يتحقّق التناسب والانسجام، بما يشمل الكتل البنائية، الشوارع، الساحات، والفراغات الحضرية، وعلاقاتها المترابطة عبر الزمن، ويهتم علم التكوين العمراني بكيفية تطور الشكل الحضري وتأثيره في أداء البيئة المبنية والتكوين العمراني هو العلاقة التبادلية بين الكتل والفراغات العمرانية وهو مجموع ملامح نظام الفراغات البينية وشبكات الحركة والاتصال وتجمع بعدين هما النسيج العمراني والطابع المعماري العمراني، ويُعد فهم التكوين العمراني محورياً لتطوير استراتيجيات تصميم تدعم التكيف المناخي وتحسن من جودة الحياة في المدن المعاصرة، ويعتبر التكوين العمراني نتاجاً لعمليات تخطيط مسبق أو نمو عضوي للمدن حيث انه يعكس قرارات تخطيطية متراكمة .[3]

ب. التشكيل العمراني (Urban Morphology):

أو المورفولوجيا الحضرية وهو يدرس الشكل المادي وتطور المدينة عبر الزمن، بما في ذلك أنماط المباني، الشوارع، والفراغات العامة ، ويركز على العوامل التاريخية، والاجتماعية، والاقتصادية التي شكلت المظهر العمراني، كتحليل كيف تطورت المدينة القديمة من نسيج عضوي إلى شبكة شوارع منتظمة.[4]

ج. النسيج العمراني(Urban Fabric):

أو البنية المادية وهو يُستخدم لوصف الخصائص المادية الملموسة للمنطقة العمرانية، مثل كثافة المباني، مواد البناء، والتقارب بين العناصر المعمارية، يعكس النسيج العمراني الهوية البصرية والثقافية للمنطقة الحضرية والجوانب البصرية البيئة المبنية[5]، مثل المقارنة بين نسيج مدينة تقليدية (أزقة ضيقة، مباني متلاصقة) ونسيج مدينة حديثة (ناطحات سحاب، مساحات مفتوحة).

د. الهيكلية العمرانية :(Urban structure)

تشمل الهيكلية العمرانية الإطار المتكامل الذي يربط بين: الجوانب الوظيفية (التكوين)، الجوانب الشكلية (التشكيل)، الجوانب المادية (النسيج) وتمثل الهيكلية العمرانية المدخل الشامل لتحليل النظم الحضرية وتقييم أدائها الوظيفي.[6]

ه. المناخ الحضري المحلي(Urban Microclimate):

يشير المناخ الحضري المحلي إلى التغيرات الميكروية في الظروف المناخية الناتجة عن وجود البنية العمرانية. وتتضمن هذه التغيرات اختلاف درجات الحرارة، الرطوبة، حركة الرياح، والإشعاع الشمسي، بالمقارنة مع المناطق الريفية المحيطة [7]. ويتأثر المناخ المحلي بالعناصر العمرانية مثل ارتفاعات المباني، عرض الشوارع، وجود المساحات الخضراء، مما يجعل دراسة هذه العناصر ضرورية لتحسين الراحة الحرارية الخارجية.

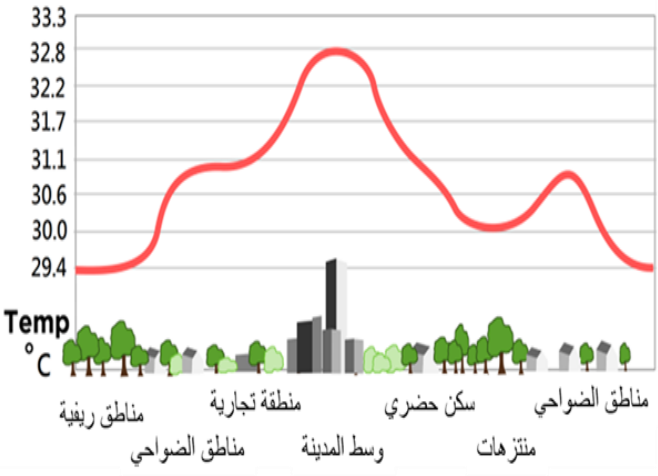
و. حركة الهواء في البيئة الحضرية(Urban Airflow):

تعتمد حركة الهواء داخل النسيج الحضري على عدة عوامل تشمل شكل المباني، اتجاهاتها، وأبعاد الفراغات الحضرية بينها، ويساعد تحسين حركة الهواء على خفض درجات الحرارة، وتقليل تراكم الملوثات، وزيادة الراحة المناخية للسكان، وتظهر الأبحاث أن التكوين العمراني المتراص قد يعيق تدفق الرياح بينما تدعم التخطيطات المتدرجة والحلقية تحفيز حركة الهواء.[8]

ز. الجزر الحرارية الحضرية(Urban Heat Island Effect):

تشير ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية إلى ارتفاع درجات الحرارة في المناطق الحضرية مقارنة بالمناطق الريفية المحيطة نتيجة لتراكم الحرارة بسبب المواد البنائية وغياب المساحات الخضراء، وتُعد هذه الظاهرة من أبرز التحديات التي تواجه المدن حالياً، إذ تؤدي إلى زيادة استهلاك الطاقة وتفاقم الآثار الصحية المرتبطة بموجات الحر[9]. ويبرز دور التكوين العمراني في تقليل هذه الظاهرة عبر تعزيز التظليل الطبيعي وتحسين التهوية .

ويوضح الشكل(1) جزر الحرارة الحضرية مناطق داخل المدن تشهد درجات حرارة أعلى بكثير مقارنة بالمناطق الريفية المجاورة، بينما يوضح الشكل(2) عوامل نشوء ظاهرة الجزر الحرارية



شكل 1. ظاهرة الجزر الحرارية في المدن الحضرية
المصدر:
https://artdau.journals.ekb.eg/article_31603

شكل2. العوامل المؤثرة في نشوء ظاهرة الجزر الحرارية- المصدر: الباحثة بناء على المعلومات

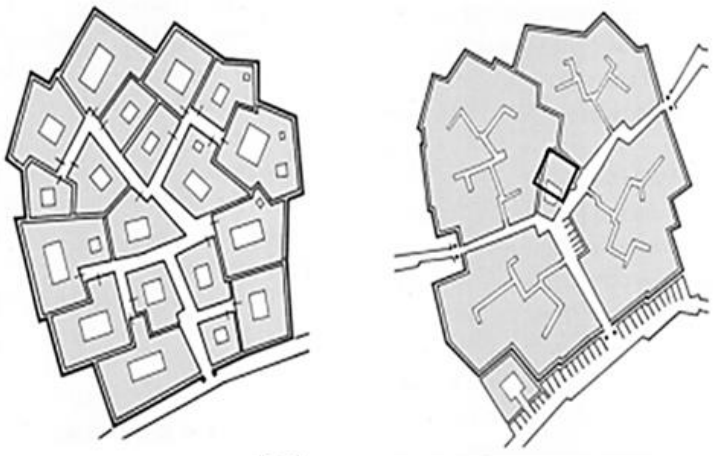
7. النسيج العمراني التقليدي كأداة استجابة مناخية:

تُظهر الدراسات أن الأنسجة العمرانية التقليدية، خاصة في المدن التاريخية ذات المناخات الحارة، صممت بطريقة تعزز من قدرة الفضاءات العامة والخاصة على التكيف مع الظروف المناخية القاسية.

8.1. خصائص النسيج العمراني المتضام :

يتميز النسيج المتضام بخصائص فريدة تمنحه طابعًا مميزًا في عمارة المناطق الحارة، حيث يعكس توجهًا مغايرًا لظاهرة التوسع العمراني المعاصر، ومن بين الأسباب التي أدت إلى ذلك هو تحقيق الاكتفاء الذاتي الاقتصادي والتكيف مع الظروف المناخية القاسية، ويُعتبر مفهوم التضام أساسًا لتشكيل المدن في البيئات الحارة والصحراوية ذات الجفاف الشديد، حيث يرتكز على تكوين مدينة متمركزة تربط فيها مختلف الاستخدامات بأشكال متكاملة، وتتكون المدينة المتضامة من وحدات مترابطة ضمن نسيج واحد يعزز من القدرة على التكيف مع المناخ القاسي، دون أن يعني ذلك بالضرورة كثافة سكانية مرتفعة أو فقدان

للخصوصية، بل على العكس، يسهم هذا النمط العمراني في تعزيز الخصوصية والتماسك الاجتماعي، ويوفر هذا النظام نمطًا سكنيًا مندمجًا يعتمد على القباب، والمساحات المفتوحة، والأفنية الداخلية التي تساعد في تخفيف تأثيرات الحرارة خلال النهار، وحماية السكان من الرياح الباردة والعواصف الترابية خلال الليل، بالإضافة الى أهميتها من الناحية الاجتماعية وتوفيرها لعنصر الخصوصية شكل(5)، كما يُسهم هذا التكوين في تكوين شبكة كثيفة من الظلال التي تساعد على توفير هواء بارد في المسارات والمناطق العامة، ومنع اختراق الإشعاع الشمسي وكذلك توفير الظلال للشوارع والفراغات العامة بالمدينة من خلال تجميع المباني وتلاصقها على امتداد الشوارع واختلاف ارتفاعاتها شكل(4)، ويتميز النسيج العمراني المتضام بالتكوين العضوي المتين الذي يناسب الإنسان، بينما النسيج العمراني الغربي يتبع تأثير الأليات بتنظيمه الهندسي، وبالتالي معرض للتلوث الناتج عن الحركة الآلية. .



شكل3. النسيج العمراني التقليدي المتضام العضوي التلقائي
يعزز القدرة على التكيف مع المناخات القاسية الحارة والباردة
المصدر: https://jur.journals.ekb.eg/article

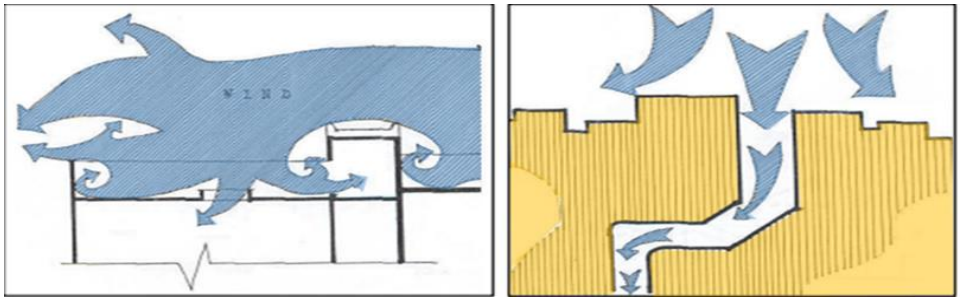
شكل 4. قطاع وواجهة تخيليه توضح كمية الظلال الذاتية على أجزاء المباني في النسيج العمراني المتضام
المصدر: https://jur.journals.ekb.eg/article

شكل 5. الأفنية الداخلية التي تساعد في تخفيف تأثيرات التغيرات المناخية بالإضافة الى تحقيق الخصوصية البصرية وفصل السلاملك(القسم الخاص بالرجال) عن الحرملك(القسم الخاص بالرجال) بوضع الفناء بينهم
المصدر :(2023) .Mohamed, A https://journals.ekb.eg/article-

8. أسس التصميم المناخي في التخطيط العمراني:

تتمثل أسس التصميم المناخي في مجموعة من المبادئ التي تهدف إلى استغلال الظروف المناخية المحلية لتحسين الأداء الحراري للبيئة المبنية، ومنها:

أ. توجيه المباني بما يتناسب مع حركة الرياح، شكل(6).
ب. تصميم الشوارع بنسب ارتفاع/عرض تحقق الظل والتهوية المناسبة.
ج. استخدام المواد المحلية ذات الكتلة الحرارية العالية.
د. دمج المساحات الخضراء والأسطح العاكسة للحرارة .

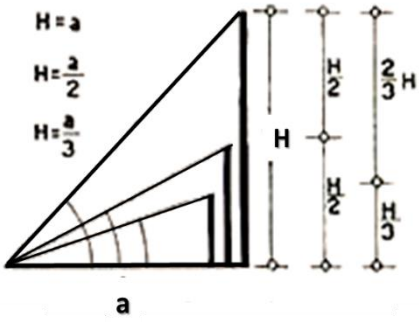


شكل 6. توظيف الشوارع المتعرجة للاستفادة من طاقة الرياح حول وخلال المباني-
المصدر: 1985.Ahmed, S بتصرف

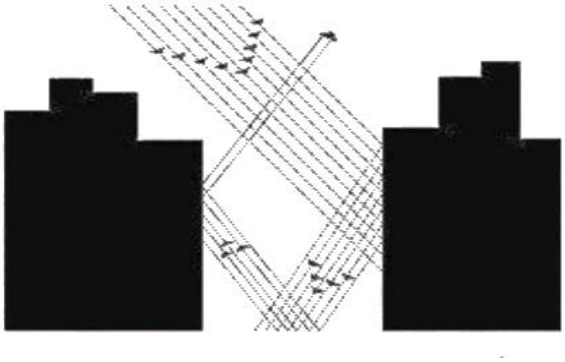
9. مراجعة الأدبيات العلمية(Literature Review):

شهدت السنوات الأخيرة اهتماماً متزايداً بدراسة أثر التكوين العمراني على التحكم بالمناخ المحلي ضمن المدن، خاصة مع تصاعد آثار التغير المناخي وتزايد ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية، ولقد تناول العديد من الباحثين دور النسيج العمراني المتراص في تعزيز الراحة الحرارية داخل البيئات الحضرية، حيث أوضح كلاً من(2021) .Ratti, C., Baker, N., & Steemers, K [10]، أن النسبة بين ارتفاع المباني وعرض

الشوارع (H/W) ، أو نسبة ارتفاع المبنى للفراغ أو الساحة المحيطة (H/a) شكل(7)، تمثل عاملاً حاسماً في تحسين مستويات الظل الطبيعي وتقليل الحمل الحراري في الممرات الحضرية.

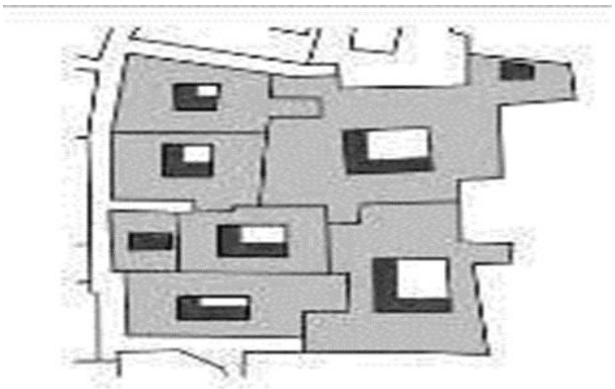


شكل 7. نسب ارتفاع المباني المحيطة بالفراغ أو الشارع - المصدر: https://amenagementa.blogspot.com/2016



شكل8. انعكاس الأشعة الشمسية داخل الفراغات الحضرية - المصدر: https://altamura-api.municipiumapp.it/s3/182/allegati/presentaz

وأكد Santamouris, M. (2020)،[9]، أن الكثافة العمرانية المرتفعة والمتراصة تسهم في خفض درجات الحرارة السطحية مقارنة بالمناطق المفتوحة حديثة التخطيط، من جانب آخر، أظهرت دراسة Yang, X., & Li, Y. (2020)، [8] أن التكوين المتعرج للأزقة الضيقة في المدن التقليدية شكل(6)، يعزز من تدفق الهواء، مما يحسن التهوية الطبيعية ويقلل من تراكم الحرارة بين الكتل العمرانية، وفي الموضوع ذاته، واستعرض Sharifi, A. (2019)، [2] أهمية مرونة التكوين العمراني التقليدي في تعزيز قدرة المدن على التكيف مع التغيرات المناخية المفاجئة، وفي إطار البحث عن حلول تصميمية مستدامة، واقترح كلاً من Fabbri, K., Gaspari, J., & Felicioni, L. (2020) [11] أهمية اعتماد تصميم الفراغات البينية (Spaces Between Buildings)بما يتناسب مع أنماط المناخ المحلية، مشيراً إلى أن الفراغات الضيقة والمظللة تساهم بفاعلية في تحسين الراحة المناخية للمستخدمين شكل(9).



شكل 9. الفراغات الضيقة والمظللة تساهم بفاعلية في تحسين الراحة المناخية - افنية مربعة ومستطيلة – تونس. المصدر:https://jur.journals.ekb.eg/article

شكل 10. دمج المساحات الخضراء لتحسين الأداء الحراري للبيئة المبنية المصدر: https://jur.journals.ekb.eg/article

كما تناولت دراسات حديثة مثل دراسة Taleghani, M., Tenpierik, M., & Dobbelsteen, A. van den. (2021) [1] مقارنة الأداء المناخي للنسيج العمراني التقليدي مقابل النسيج الحديث، مؤكدين أن التخطيط المتراص يوفر حلولاً أكثر كفاءة للحد من الإجهاد الحراري دون الاعتماد الكثيف على الأنظمة الميكانيكية وتظهر هذه الدراسات أهمية دراسة النماذج التقليدية، لا باعتبارها بقايا تراثية، بل كمنظومات ديناميكية تقدم حلولاً طبيعية ومستدامة لمواجهة التحديات المناخية المستقبلية.

11. دراسة مقارنة لأمثلة حضرية :(Comparative Case Study):

لمقارنة أثر التكوين العمراني التقليدي على التحكم المناخي، تم اختيار مقارنة مدينة طرابلس القديمة بليبيا مع مدينة قرطبة الإسبانية، كأمثلة لحاضرة عربية، وأخرى أوربية ذات أنسجة متشابهة .

11.1. المدينة القديمة في طرابلس:

تقع المدينة القديمة على الواجهة البحرية ،أمام حوض ميناء طرابلس، ، ويحدها السور المقابل لمنطقة الأبراج، وشارع سيدي عمران، وصولاً الى ميدان الشهداء، ومناخياً، إقليمها المناخي خليط بين المناخ البحري والمناخ الصحراوي، أما عمرانياً فقد أصبحت البنية العمرانية فيها أكثر تنظيماً في الوقت الحالي، وذلك نتج عن التجديد المستمر، منذ القرون الوسطى، والحقبة العثمانية، شكل(11)، مع الحفاظ على هويتها ونظام شوارعها القديم، وتُعد المدينة القديمة في طرابلس واحدة من أهم النماذج العمرانية التقليدية في حوض البحر الأبيض المتوسط، حيث تتميز بتخطيط عضوي معقد يعكس استجابة بيئية فطرية للظروف المناخية المحلية، مثل ارتفاع درجات الحرارة وشدة الإشعاع الشمسي خلال معظم أيام السنة.

ويتميز تكوينها العمراني بالتلاصق الشديد للمباني، مع أزقة ضيقة متعرجة وأفنية داخلية تعمل كمجالات وسيطة لضبط درجات الحرارة والتهوية، أظهرت الملاحظات الميدانية أن هذه الخصائص تحقق توازناً حرارياً طبيعياً، خاصة خلال فصول الصيف الحارقة، مما يؤكد أن الأنماط العمرانية التقليدية في المدينة الليبية القديمة يمكن أن تكون مرجعاً تصميمياً مهماً لكيفية تعزيز الراحة المناخية في المدن.

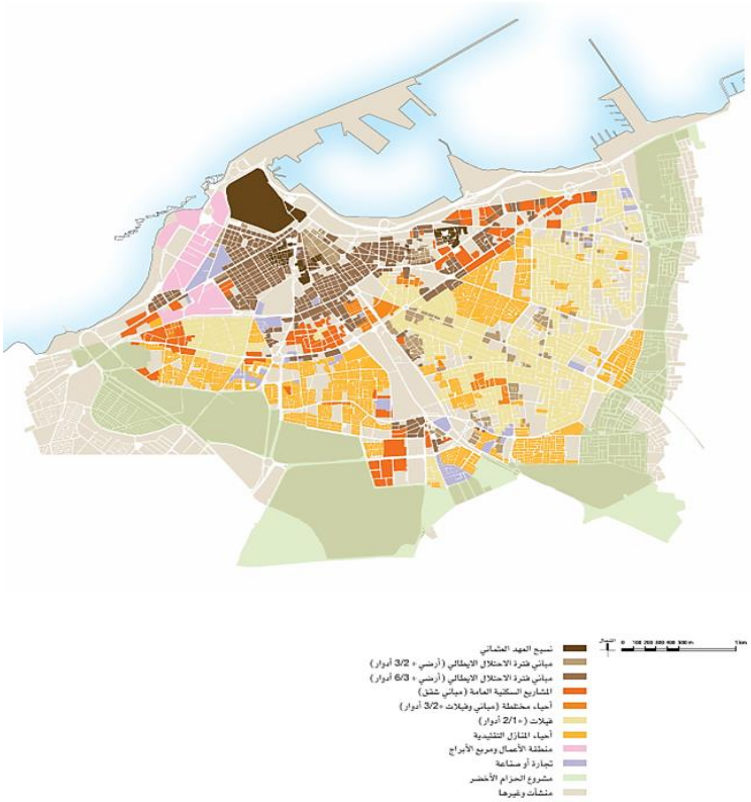
أ. الخصائص العمرانية للمدينة القديمة بطرابلس:

يتسم النسيج العمراني للمدينة القديمة بالتماسك والاتصال، مع تداخل الكتل المبنية وضيق الأزقة والشوارع، مما يؤدي إلى تقليل تعرض الفضاءات الحضرية المباشرة لأشعة الشمس، وتعزيز بيئة مظللة مناسبة للسير والحركة اليومية، كما يعتمد التكوين العمراني على ارتفاعات متقاربة للمباني، شكل(12)، مما يساهم في تحقيق نسبة مثالية بين ارتفاع المباني وعرض الشوارع (H/W ratio)، وهي نسبة ضرورية لضمان التوازن بين الظل والتهوية الطبيعية [10].

ب. الأداء المناخي للتكوين والنسيج العمراني في المدينة القديمة طرابلس :

- التهوية الطبيعية - تحفز الممرات الضيقة والمتعرجة تدفق الهواء بسرعة متفاوتة، مما يساعد على تحسين التهوية الداخلية وتقليل الإحساس بالحرارة المرتفعة، وقد أظهرت دراسات المحاكاة المناخية أن الشوارع ذات الاتجاهات المتغيرة والمتقاطعة تسهم في تكسير تيارات الهواء الساخن وتحفيز التبريد الطبيعي [12].
- تخفيف الجزر الحرارية - تسهم الكتل العمرانية المتراصة والظل الناتج عن التداخل العمراني في تخفيض درجات الحرارة السطحية مقارنة بالمناطق الحديثة المفتوحة. وأظهرت القياسات الميدانية أن درجة الحرارة في أزقة المدينة القديمة تقل بما يتراوح بين 3-5 درجات مئوية مقارنة بالمناطق المفتوحة خارج الأسوار[13]

لهذا فالنسيج العمراني المتراص، والأزقة الضيقة، والأفنية الداخلية، تسهم بفعالية في خفض درجات الحرارة وتحسين الراحة الحرارية[14].



شكل 11. مخطط الأنسجة العمرانية لمدينة طرابلس
المصدر: التقرير الرئيسي لمدينة طرابلس،

شكل12-A . النسيج العمراني المتضام والتكوين المتلاصق ،والافنية الداخلية ،**شكل 12-B,C** والشوارع المتعرجة تتميز بتخطيط عضوي معقد يعكس استجابة بيئية فطرية للظروف المناخية المحلية. من اليمين للشمال
المصدر: الكراسة المعمارية والعمرانية لمركز طرابلس 2010

شكل 13. منظر عام لمدينة طرابلس يبدو فيه سور المدينة القديمة في المقدمة
المصدر: الكراسة العمرانية لمدينة طرابلس ،2010

شكل 14. رسم للمعماري رفعة الجادرجي توضح حركة الهواء في النسيج المتضام
المصدر:https://manassa.news/stories/1701

11.2. المدينة القديمة في قرطبة – إسبانيا :

تعتبر المدينة القديمة في قرطبة نموذجاً بارزاً للتكيف العمراني مع الظروف المناخية، خاصة في بيئة متوسطية حارة صيفاً ومعتدلة شتاءً، ويُظهر النسيج العمراني للمدينة خصائص تخطيطية ذكية، تهدف إلى تعزيز الراحة المناخية، حيث ينعكس الإرث الأندلسي مما يجعلها نموذجاً ملائماً للمقارنة مع المدينة القديمة في طرابلس، حيث تتميز قرطبة بتكوينها العمراني المتراص، الذي فيه تلتصق الكتل المبنية بشكل كثيف وتفتح أغلب المباني على أفنية داخلية (Patios)، مما يخلق بيئة محلية أكثر برودة في الصيف، ويحد من امتصاص الحرارة، أكدت دراسة López-Guerrero, R. E., Verichev, K., Cárdenas-Ramírez, J. P., & Carpio, M (2024) [15]، أن الأفنية الداخلية تساهم في تنظيم درجات الحرارة وتقليل الاعتماد على وسائل التبريد الميكانيكي، كما تتميز الممرات والأزقة الضيقة بتعزيزها لتدفق الهواء المظلل داخل النسيج الحضري، مما يقلل بشكل كبير من تأثير الحرارة السطحية، وأشار Salvati, A., & Coch, H (2021)،[16] إلى أن التحليل الطبوغرافي لتوزيع الظلال في قرطبة القديمة يوضح تفوق التصميم التقليدي في خلق بيئة مشاة مريحة في ظل ارتفاع درجات الحرارة صيفاً، إضافة إلى ذلك، استخدام المواد المحلية ذات الخصائص الحرارية العالية (مثل الحجر الجيري الأبيض) ساعد في تحسين الأداء المناخي للمباني شكل(15)، حيث تعمل الجدران السميكة على تخزين البرودة نهاراً وإطلاقها ليلاً،[17].

شكل 15. الفناء الداخلي للأبنية والجدران الحجر جيرية السميكة في مدينة قرطبة تعمل على تخزين البرودة نهاراً وإطلاقها ليلاً.
المصدر: https://mirathlibya.blogspot.com

شكل 16. استثمار المساحات والأفنية الخضراء بقوة هو ما يميز الأفنية الداخلية والفراغات الخارجية بقرطبة وهي تحسن الراحة الحرارية المصدر: https://sirajtravel.com

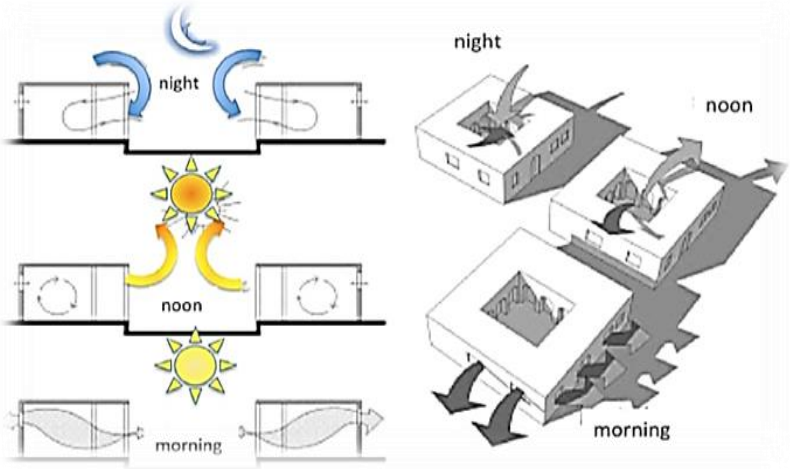
من خلال تحليل التكوين العمراني للمدينة القديمة في طرابلس، و قرطبة في الأندلس، وعلاقتها التحكم المناخي في البيئات الديناميكية، وبالمقارنة نلاحظ تشابهاً في مبادئ التكوين العمراني لكلتيهما، ومع ذلك، تختلف قرطبة في استثمارها للمسطحات الخضراء بكثرة ضمن الأفنية شكل(16)، مما يضيف بُعداً إضافياً لخفض الحرارة وتحسين الراحة المناخية الداخلية، وهو عنصر أقل وضوحاً في المدينة القديمة بطرابلس، وتشير هذه المقارنة إلى أن التكوين العمراني التقليدي عبر ثقافات ومناخات مختلفة يقدم حلولاً طبيعية فعالة لضبط المناخ الحضري، ويعزز فكرة أهمية إعادة توظيف هذه المبادئ في تطوير المدن الحديثة، ويمكن استخلاص عدة مبادئ تخطيطية مهمة لتعزيز الرفاهية المناخية في المدن الحديثة من كلتا المدينتين.

12. المبادئ التخطيطية المستخلصة:

أ. ضرورة تعزيز التظليل الطبيعي عبر التصميم العمراني المتراص.
ب. أهمية مراعاة نسب الارتفاع إلى العرض عند تخطيط الشوارع.

ج. تشجيع التنوع في اتجاهات الشوارع لتحفيز التهوية الطبيعية.
د. دمج العناصر المعمارية التقليدية مثل الأفنية الداخلية والواجهات العاكسة للحرارة.
ه. اعتماد الفضاءات الداخلية المظللة شكل(17).
و. تعزيز التهوية الطبيعية من خلال التخطيط المتعرج للأزقة.

13. التحديات الفعلية لتطبيق التخطيط التقليدي (المتضام) في المدن الحديثة:



شكل 17. الأداء المناخي من خلال تأثير الأفنية الداخلية التي تعمل على تخزين البرودة نهاراً وإطلاقها ليلاً في مدينة قرطبة الأندلسية.
المصدر: https://researchgate.net/figure/Role-of-openings-in-air

رغم المزايا البيئية والمناخية الكبيرة التي يقدمها التخطيط التقليدي المتضام، إلا أن تطبيقه في المدن الحديثة يواجه جملة من التحديات الفعلية، منها على سبيل المثال:

أ. **الهيكل العمراني القائم** معظم المدن الحديثة تعتمد على أنسجة مفتوحة، وشبكات مرورية واسعة مصممة للمركبات وليس للمشاة، مما يصعّب إعادة تشكيل النسيج العمراني ليتماشى مع التخطيط المتضام الذي يتطلب التقارب العمراني وتداخل الوظائف

ب. **القوانين والتشريعات** العديد من لوائح البناء الحالية (خاصة في المدن الليبية) لا تدعم التكثيف العمراني الرأسي أو المرونة في دمج الوظائف(Mixed Use) ، مما يُعيق التحول نحو تخطيط يعكس المبادئ التقليدية المناخية.

ج. **نمط الحياة المعاصر** تحوّل المجتمعات نحو الاعتماد على السيارات الشخصية، وزيادة الطلب على المساحات الخاصة (كالمنازل المنفصلة)، يقف في تناقض مع مفهوم النسيج المتقارب والمساكن المتلاصقة.

د. **غياب النماذج التجريبية** نقص المشاريع النموذجية التي تُظهر فعليًا كيف يمكن للتخطيط المتضام أن يعالج تحديات المناخ والراحة الحرارية يجعل من الصعب على صانعي القرار والمجتمع تقبله.

ه. **التحول الثقافي والاجتماعي** تغير أنماط السلوك والمعيشة جعل من الأفنية الداخلية، والمساكن ذات الفتحات المحدودة، والنسيج الكثيف غير مألوف أو غير مرغوب من قبل شريحة واسعة من السكان.

14. الاستراتيجيات الممكنة لتعزيز مرونة ورفاهية المدن المناخية:

لتعزيز مرونة ورفاهية المدن المناخية يمكننا أتباع الاستراتيجيات التالية :

أولاً: على مستوى التخطيط العمراني:

أ. تصميم شبكات عمرانية متناغمة مع الرياح السائدة بتوجيه الشوارع والمباني بما يسمح بتسرب الرياح الباردة وتخفيف ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية.
ب. زيادة التغطية النباتية الحضرية بدمج الغطاء الأخضر في المخططات الهيكلية (الحدائق، الأسطح الخضراء، الجدران الخضراء) للمساعدة في التبريد الطبيعي وتحسين جودة الهواء.
ج. تكثيف استخدام المسطحات المائية بدمج المجاري المائية والبحيرات الاصطناعية داخل النسيج العمراني لتحقيق التبريد التبخيري.
د. الحفاظ على الأودية والمسارات الطبيعية للرياح بحماية الأودية ومسارات الهواء من التعديات العمرانية العشوائية.

ثانياً: استراتيجيات على مستوى التصميم العمراني:
أ. تحسين نسب الفراغ إلى البناء (FAR) بتخفيف الكثافات العمرانية العالية لصالح زيادة التهوية وتقليل الاحتباس الحراري.
ب. تطبيق مبدأ التدرج الحراري في توزيع الوظائف بتنظيم استخدامات الأراضي بما يتناسب مع توزيع الحرارة وتدفقات الهواء، مثل وضع الأنشطة الأكثر كثافة في المناطق الأقل حرارة.
ج. استخدام مواد بناء عالية الانعكاسية والعزل بتقليل امتصاص الحرارة من خلال استخدام مواد تشطيب عاكسة وموفرة للطاقة.

ثالثاً: استراتيجيات بيئية مستدامة:
أ. نشر البنية التحتية الزرقاء والخضراء بالدمج بين الحلول الطبيعية والبنية التحتية لتخفيف الحرارة، مثل استخدام حدائق المطر والممرات البيئية.
ب. تشجيع أنظمة الطاقة المتجددة عن طريق اعتماد الطاقة الشمسية وتوجيه الأسطح للاستفادة منها دون زيادة العبء الحراري.
ج. رفع كفاءة أداء المباني حراريًا وذلك بتحسين التصاميم المعمارية لتقليل الاعتماد على التكييف، كاستخدام الفتحات المدروسة، والظلال، والتهوية الطبيعية.

رابعاً: استراتيجيات السياسات والإدارة الحضرية:
أ. دمج الاعتبارات المناخية في القوانين التنظيمية بتضمين معايير التهوية الطبيعية والتحكم الحراري ضمن كودات البناء والتخطيط.
ب. إنشاء خرائط حرارية حضرية بواسطة مراقبة وتحديد المناطق المتأثرة بحرارة مرتفعة لاتخاذ إجراءات تخطيطية علاجية.
ج. تحفيز مشاركة المجتمع من خلال تعزيز الوعي المجتمعي بدور التكوين العمراني في تحسين المناخ المحلي وتشجيع الممارسات البيئية الواعية.

نتائج البحث :

توصل البحث إلى النتائج التالية:

فاعلية النسيج العمراني المتراص: أثبتت الدراسة أن التكوين العمراني المتراص، المتمثل في تلاصق الكتل المبنية وضيق الأزقة، يلعب دوراً محورياً في تقليل تعرض الفراغات العامة المباشرة للإشعاع الشمسي، مما يساهم في تحسين مستويات الراحة المناخية للمشاة.

ب. أهمية نسبة الارتفاع إلى العرض (H/W ratio): أظهرت نتائج التحليل أن تحقيق نسبة متوازنة بين ارتفاع المباني وعرض الشوارع (H/W) في التكوين التقليدي للمدينة يساهم في تعزيز التظليل الطبيعي، مما يقلل من درجات الحرارة السطحية ويحد من ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية.

ج. دور الأزقة الضيقة والمتعرجة في تحفيز التهوية: تبين أن التخطيط المتعرج للأزقة والشوارع الفرعية يعزز من تدفق الهواء داخل النسيج العمراني، مما يحسن التهوية الطبيعية ويخفف من تراكم الهواء الساخن في المناطق الحضرية المغلقة.

د. أكدت الدراسة أثر الخصائص المعمارية التقليدية، مثل الأفنية الداخلية (السراديب) والنوافذ الصغيرة والمظللة، تسهم في ضبط درجات الحرارة الداخلية للمباني، وتوفر بيئة معيشية أكثر راحة للسكان مقارنة بالتصاميم المعمارية الحديثة المفتوحة.
ه. الاستجابة المناخية الفطرية للتخطيط التقليدي، فقد عكست الخصائص التخطيطية والمعمارية للمدينة القديمة قدرة المجتمعات التقليدية على التكيف مع المناخ الحار والجاف من خلال حلول تصميمية بسيطة وغير مكلفة، مما يقدم دروساً قيمة لتطوير استراتيجيات التخطيط العمراني الحديثة المراعية للمناخ، واعتماد سمة مدينة قرطبة، وهي استخدام الأفنية المليئة بالمساحات الخضراء الوفيرة، التي تساعد في تحسين الراحة داخل المنزل، وتنظيم درجة الحرارة والترطيب.
ز. أهمية الاستلهام من النموذج التقليدي، حيث تشير نتائج البحث إلى ضرورة تبني مبادئ التكوين العمراني التقليدي كأساس لتخطيط المشاريع الحضرية المستقبلية في المناطق ذات المناخات الديناميكية، مع تكييفها لتلبية المتطلبات المعاصرة للراحة والاستدامة

خاتمة البحث:

سلط هذا البحث الضوء على أهمية البنية العمرانية من تكوين عمراني كأداة فعالة للتحكم المناخي في البيئات الديناميكية، ، وتشير نتائج الدراسة إلى أن العودة إلى المبادئ التخطيطية التقليدية، مع تكييفها لتلائم المعايير العمرانية المعاصرة، يمكن أن تساهم بشكل كبير في تعزيز مرونة المدن العربية تجاه التغيرات المناخية المستقبلية، وتحسين جودة الحياة لسكانها، بناءً على ما سبق، تبرز الحاجة الماسة إلى إعادة تقييم أساليب التخطيط الحضري الحالية، واعتماد توجهات تصميمية أكثر توافقاً مع الخصائص البيئية والثقافية المحلية.
إن التكوين العمراني التقليدي لا يمثل فقط إرثًا معماريًا بل أداة فعّالة لضبط تدفقات الهواء والحرارة، خاصة في ظل التغيرات المناخية المتسارعة، وأكد البحث على إمكانية مواءمة هذا النمط التخطيطي مع احتياجات المدن الليبية الحديثة، خصوصًا في ظل مشاريع إعادة الإعمار والتنمية الجارية، وبالاعتماد على الخطط الإقليمية الوطنية، يمكن ترجمة التوصيات إلى تطبيقات فعلية، ما يعزز من مرونة ورفاهية المدن الليبية مستقبلاً.

توصيات البحث:

استناداً إلى النتائج ، يوصى البحث بالآتي:
1. تبني مبدأ التراص العمراني في تخطيط المدن الجديدة لتعزيز الظل الطبيعي وتقليل الجزر الحرارية.
2. مراعاة نسب H/W المناسبة عند تصميم الشوارع والأزقة لضمان تحقيق التوازن بين التهوية والتظليل.
3. استلهام الخصائص المعمارية التقليدية مثل الأفنية الداخلية والممرات المظللة، في التصاميم المعمارية المعاصرة.
4. تشجيع البحث العلمي التطبيقي لدراسة تأثير التكوين العمراني على المناخ المحلي في مدن عربية أخرى.
5. دمج معايير الراحة المناخية ضمن اشتراطات التخطيط العمراني الحديثة، لتعزيز استدامة المشروعات الحضرية.
6. التوعية بأهمية الهوية العمرانية التقليدية كعنصر فاعل في مواجهة التحديات البيئية والمناخية.

ويمكننا ربط التوصيات بخطط عمرانية قائمة في ليبيا كالتالي:

1. المخطط الإقليمي الساحلي (2040–2021) حيث يُركز على حماية الشريط الساحلي والتوسع العمراني المستدام.
2. ويمكن دمج توصيات التكوين المتضام في مشاريع إعادة إعمار المناطق المتأثرة بالكوارث مثل درنة، حيث يُعاد التخطيط من الصفر، بما يتيح لنا استلهام النماذج التقليدية المستجيبة للمناخ.
3. كذلك فإن مشاريع إعادة إعمار درنة بعد فيضان 2023 ، فرصة فريدة لتطبيق مبادئ التكوين العمراني المتكيف مناخيًا، من خلال إنشاء أحياء تعتمد على أنسجة متقاربة، واستخدام أفنية داخلية وشبكات تهوية طبيعية، وتصميم مسارات مشاة مظللة توفر تهوية طبيعية وتحكم في الحرارة.

4. مشروع مدينة "بشر" الجديدة – جنوب بنغازي وهو أحد مشاريع التنمية التي يمكن أن تتضمن رؤية عمرانية مناخية منذ بدايتها مما يجعلنا نوصي بإدراج مناطق تجريبية تعتمد التكوين المتضام، خاصة في الأجزاء ذات الطبيعة الصحراوية.
5. التحول إلى الطاقة المتجددة في المدن الليبية، بالربط بين التكوين العمراني المتضام وتوفير الطاقة من خلال تقليل الاعتماد على أنظمة التكييف.

المراجع:

[1] Taleghani, M., Tenpierik, M., & Dobbelsteen, A. van den. (2021). The impact of urban form on outdoor thermal comfort. Building and Environment, 204, 202–217.

[2] Sharifi, A. (2019). Resilient urban forms: A review of planning strategies for climate adaptation. Cities, 85, 540–552.

[3] النجار، م.(2017). أسس التخطيط العمراني، القاهرة : دار المعرفة العلمية.

[4] بدران، ع. (2019). المورفولوجيا الحضرية: دراسة التطور العمراني. عمان: دار أسامة للنشر.

[5] الخياط، س. (2020). النسيج العمراني والهوية المعمارية. الرياض: مركز البحوث العمرانية.

[6] وزارة الإسكان. (2021). المبادئ التوجيهية للتطوير العمراني. المملكة العربية السعودية: المطبوعات الرسمية.

[7] Fabbri, K. (2021). Urban morphology and outdoor thermal comfort: The role of the built environment in climate adaptation. Sustainability, 13(2), 114–130.

[8] Yang, X., & Li, Y. (2020). Urban morphology and its impact on pedestrian thermal comfort. Sustainable Cities and Society, 52, 93–109.

[9] Santamouris, M. (2020). Minimizing the urban heat island effect: Strategies for cities. Environmental Research Letters, 15(5), 62–78.

[10] Ratti, C., Baker, N., & Steemers, K. (2021). Energy consumption and urban texture. Energy and Buildings, 37(7), 87–101.

[11] Fabbri, K., Gaspari, J., & Felicioni, L. (2020). Climate change effect on building performance: A case study in New York. Energies, 13(12), 3160.

[12]نوري الكريشو، & مصطفى العائب. (2016). دراسة أداء مجمعات شمسية كهروحرارية تحت الظروف المناخية لمدينة طرابلس باستخدام برنامج المحاكاة TRNSYS. The International Journal of Engineering & Information Technology (IJEIT)، 3(1).

[13] شاهين، & احمد إ. (2019). أثر التغيرات العمرانية في نشأة ظاهرة الجزر الحرارية في مدينة الزقازيق. المجلة العلمية بكلية الآداب، 2019(35)، 47-68.

[14] Muhammad, M. A., Al-kady, A., & Abdulaziz, M. (2021). SPACES TO IMPROVE ENVIRONMENTAL QUALITY INDICATORS. Journal of Al-Azhar University Engineering Sector, 16(60), 972-984.

[15] López-Guerrero, R. E., Verichev, K., Cárdenas-Ramírez, J. P., & Carpio, M. (2024). Urban heat islands' effects on the thermo-energy performance of buildings according to their socio-economic factors. Developments in the Built Environment, 20, 100566.

[16] Salvati, A., & Coch, H. (2021). Urban climate and building energy performance in compact cities in mediterranean climate. Urban microclimate modelling for comfort and energy studies, 105-135.

[17] Salvati, A., & Coch, H. (2021). Urban climate and building energy performance in compact cities in mediterranean climate. Urban microclimate modelling for comfort and energy studies, 105-135.