مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٩) العدد (٨) ٢٠٢٥
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (9) No. (8) 2025

النسيج الحضري في المدن العربية ومبادرة الحياد المناخي: "دروس مستفادة من التجربة الدنماركية"

مايا شريف حسن*

طارق فؤاد رحمون**

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٥/٦/١٩ . قُبِل للنشر في ٢٠٢٥/٧/٢٨)

□ ملخّص□

تعتبر مبادرة الحياد المناخي جهداً عالمياً يهدف إلى تحقيق صافي انبعاثات صفرية من غازات الدفيئة. يتناول البحث أنشطة وممارسات أكبر ثلاث مدن دنماركية رائدة في مجال التنمية المستدامة والعمل المناخي على الصعيدين المحلي والدولي بهدف تحقيق الحياد المناخي العالمي. حيث تجمع المدن المختارة بين الهدف المناخي ومفهوم المدن الذكية والابتكار، مقدمةً نموذجاً يُحتذى به للمدن الأخرى الطامحة. وفي ضوء التوجه العالمي نحو إعادة استخدام المباني القائمة والحد من بناء المباني الجديدة بسبب أزمة الطاقة ونقص الموارد والوعي المتزايد بالقضايا البيئية، بالإضافة إلى التحديات التي تواجه الدول النامية ودول العالم العربي الأكثر تضرراً والأقل إسهاماً في الانبعاثات. يتطرق البحث إلى النسج الحضرية القائمة في العالم العربي بما فيها المدن التاريخية حيث تبرز تحديات خاصة مرتبطة بالتكاليف الباهظة للعمل المناخي واستراتيجياته.

اعتمد البحث المنهج الوصفي والاستنباطي والتحليلي المقارن لتحديد أهم استراتيجيات الدنمارك وسياساتها المناخية وكيفية مشاركة المدن في تنفيذها وتطويرها. ومن ثم تبوب وتلخص أهم عمليات التحول للتكيف المناخي وصولاً إلى الحياد المناخي للمدن. تُؤكد الدراسة على أهمية التدخلات المعمارية التي تستهدف النسيج الحضري والمفردات العمرانية القائمة كإنقاذ للموارد وكحماية للهوية المحلية والتراث الثقافي والقيم الاجتماعية والاقتصادية. خلص البحث الى ضرورة تبني نهج تشاركي محلي خاص بكل مدينة يربط المجتمع المحلي ويشركه في العمل المناخي، ويحقق التوازن بين الحفاظ على تراثها المعماري واعتماد معايير الاستدامة عبر استراتيجيات تكيف على المستويين التخطيطي والتصميمي تراعي الخصوصية التاريخية دون تعطيل الأهداف المناخية.

الكلمات المفتاحية:

الحياد المناخي، التخطيط الحضري الأخضر، النسيج القائم، الاستدامة، المدن الذكية، كوبنهاغن، آرهوس، أودنسه.

* مدرسة في قسم نظريات وتاريخ العمارة، كلية الهندسة المعمارية، جامعة اللاذقية، اللاذقية، سوريا

**مدرس في قسم تخطيط المدن والبيئة، كلية الهندسة المعمارية، جامعة اللاذقية، اللاذقية، سوريا

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٩) العدد (٨) ٢٠٢٥
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (9) No. (8) 2025

The Urban Fabric in Arab Cities and the Climate Neutrality: "Lessons Learned from the Danish Experience"

Maya Charif Hassan *
Tarek Fouad Rahmoun **

(Received 19/6/2025 . Accepted 28/7/2025)

□ ABSTRACT □

The Climate Neutrality Initiative is regarded as a global effort to achieve net-zero greenhouse gas emissions. This study examines the initiatives and practices of Denmark's three largest cities in the fields of sustainable development and climate action at both national and international levels, with the main goal of promoting global climate neutrality. The selected cities integrate climate neutrality with smart city frameworks and innovation, providing a model for other aspiring cities to emulate. Furthermore, in light of the global trend towards reusing existing buildings and reducing the construction of new buildings due to the energy crisis, resource scarcity, and growing awareness of environmental issues, in addition to the challenges facing developing nations and Arab countries, the most impacted by climate change and least contributed minimally to global emissions. The study addresses the existing urban fabrics in the Arab world, including historic cities, highlighting the special challenges associated with the high costs of climate action and its strategy.

The research adopts a descriptive, deductive, and comparative analytical approach to identify Denmark's most important climate strategies and policies, and how cities can participate in their implementation and development. It then categorizes and summarizes the most important processes of climate adaptation transformation leading to climate neutrality for cities. The study emphasizes the significance of architectural interventions targeting the existing urban fabric and structures as a resource rescue and protection of local identity, cultural heritage, and social and economic values. It concluded that each city must adopt a local participatory approach that connects and engages the local community in climate action, achieving a balance between preserving its architectural heritage and adopting sustainability standards through adaptation strategies at the planning and design levels that take into account historical specificity without compromising climate objectives.

Keywords: Climate Neutrality, Green Urban Planning, Existing Fabric, Sustainability, Smart Cities, Copenhagen, Aarhus, Odense.

* Assistant Professor, Department of Theory and History of Architecture, Faculty of Architecture, Latakia University, Latakia, Syria.

** Assistant Professor, Department of Urban Planning and Environment, Faculty of Architecture, Latakia University, Latakia, Syria.

١. مقدمة

يشكل تغير المناخ أكبر تحديات كرتنا الأرضية في هذا العصر، فلا توجد قارة أو بلد بمنأى عن الأزمة المناخية الحالية وآثارها المدمرة من ارتفاع منسوب مياه البحار، واندلاع الحرائق في الغابات، والجفاف الشديد، وغيرها من الآثار والانعكاسات السلبية على حقوق الإنسان، كالحق في الحياة، والحق في الصحة، والحق في الحصول على المياه العذبة والغذاء. مما يستوجب تضافر الجهود لاتخاذ إجراءات وتدابير حازمة لمواجهة الأزمة المناخية باعتبارها أزمة كونية على المستويين الدولي والوطني [1]. وتؤكد العديد من الحقائق على الدور الكبير للمدن في تغير المناخ. فعلى الرغم من أن المدن تغطي أقل من 5 في المائة من الكرة الأرضية، إلا أن التقديرات تشير إلى أن المدن تمثل ٧٠٪ من انبعاثات غازات الدفيئة العالمية، وأن حوالي ٧٠٪ من الموارد العالمية تستهلك في المدن[2] . ومن الحقائق الهامة أيضاً أن أكثر من نصف سكان العالم حالياً يعيشون في المدن، ومن المتوقع أن ينمو هذا العدد إلى ٧٠٪ بحلول عام ٢٠٥٠ [2]. وهذا بدوره إشكالية بحد ذاتها لأنه يشير إلى أننا سنحتاج إلى مدن أكثر أو أكبر، أي أن الآثار السلبية للمدن ستتنامى بشكل كبير وليس نمواً خطياً[3] . وفي الوقت نفسه، فإن المجتمعات الحضرية ضحايا رئيسية لنتائج التغير المناخي التي أشرنا اليها سابقاً، فقضية الكثافة السكانية العالية والوظيفة الحضرية والتوزع المكاني للمدن الكبرى بالقرب من السواحل يشكل مصدر قلق دائم للمخططين والمهتمين بقضايا علم الاجتماع العمراني [4, 1]. علاوة على ذلك، فإن ما كان يعتبر سابقاً "أحداثاً غريبة"–بما في ذلك الجفاف الشديد الذي يؤثر على إمدادات المياه في المناطق الحضرية، وغمر المدن بسبب هطول الأمطار الغزيرة، وموجات الحر المصاحبة للزيادات في معدلات الوفيات– أصبحت "أحداثاً منتظمة" بسرعة غير عادية في عصرنا هذا عصر المخاطر [5].

يلعب النسيج الحضري المتضمن تصميم المباني والبنية التحتية للمدن وشبكات النقل والمساحات الخضراء دوراً محورياً في تفاقم تغير المناخ والتخفيف من آثاره [6]. ففي حين يساهم التوسع الحضري غير المخطط والمنخفض الكثافة إلى تجزئة الموائل الطبيعية وتنامي البنى التحتية كثيفة الكربون [7]، فإن الأسطح الكثيفة وغير المنفذة للماء في المدن التاريخية مثل باريس وأثينا تُفاقم ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية مع زيادة الطلب على طاقة التبريد، وتواجه البنية التحتية المتقادمة في المراكز التاريخية مثل البندقية صعوبة في التكيف مع مخاطر المناخ كالفيضانات [8]. بالمقابل تُحسّن الأشكال الحضرية المجمعة في الرياض ودمشق التظليل وتدفق الهواء، مما يُقلل استهلاك الطاقة بنسبة ٢٠–٣٠٪، كما يُعزز دمج أنظمة الطاقة المتجددة (مثل الألواح الشمسية على أسطح المنازل) إزالة الكربون [9]. بينما تُخفف المواد التقليدية مثل الأحجار المرصوفة القابلة للنفاذ من الحرارة والجريان السطحي في المراكز التاريخية الإيطالية، وتمزج بين الحفاظ على التراث والقدرة على التكيف مع المناخ. كما تُوفر البنى الحضرية التقليدية في العالم العربي (كأزقة المدن التاريخية المتراصة والمظللة وملاقف مبانيها الجاذبة للرياح) حلولاً للتبريد السلبي [10]. إلا أن التحديث السريع غالباً ما استبدل هذه التصاميم المُراعية للمناخ ببدائل ذات استهلاك كبير للطاقة [11]، يُبرز هذا التحول مفارقة تجعل المدن مُساهمة في تغير المناخ وضحيةً له في آنٍ واحد: فبينما تكيف التخطيط الحضري في العالم العربي تاريخياً مع المناخات القاسية، فإن اتجاهات التحضر المعاصرة قد زادت من البصمة الكربونية. كما تطورت البيئات الحضرية في ظل تأثيرات مناخية وثقافية واقتصادية متنوعة، لتتبع العديد من المدن المعاصرة أنماط

نمو غير مستدامة تعمل على تكثيف نقاط الضعف المناخية، لذلك فإن إعادة التفكير في التخطيط والتصميم الحضري أمر بالغ الأهمية للانتقال المستدام. وتمثل مدن المنطقة من المراكز الحضرية الإسلامية التاريخية إلى المدن الكبرى الحديثة تحديات وفرصاً فريدة في مواءمة أهداف المناخ العالمية. ولجعل مدننا أكثر مناعة وأكثر كفاءة في مواجهة التغيرات المناخية؛ ظهرت اتجاهات ومبادرات متعددة في مواجهة ماسبق. فكانت مبادرة الحياد المناخي خلاصة جهد عالمي بهدف تحقيق صافي انبعاثات صفرية من غازات الدفيئة؛ كحالة لا تُسفر فيها الأنشطة البشرية عن أي زيادة صافية في تركيزات غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي [12]. ويتحقق ذلك من خلال موازنة الانبعاثات مع عمليات إزالتها، إما من خلال أحواض الكربون الطبيعية (مثل الغابات والمحيطات) أو الحلول التكنولوجية (مثل احتجاز الكربون وتخزينه) [13, 14]. لتمثل مبادرة الحياد المناخي مسؤولية تشاركية لضمان مستقبل مستدام، وتتطلب إجراءات عاجلةً وتعاوناً دولياً والتزاماً طويل الأمد من جميع قطاعات المجتمع [14]. يستكشف هذا البحث التجربة الدنماركية الرائدة في مجال الاستدامة والعمل المناخي مناقشاً كيف يمكن تكييف النسيج الحضري الحالي في العالم العربي وتحديثه لدعم الحياد المناخي، مع الحفاظ على الهوية الثقافية وتحسين قابلية العيش.

١-١- إشكالية وهدف البحث

يطرح تغير المناخ تحديات كبيرة أمام التنمية المستدامة لاسيما في الدول النامية ودول العالم العربي المنهكة أساساً بتداعيات الفقر والحرب وأثرها على النمو الاقتصادي والعمالة والصحة وسبل العيش وتحديداً في المدن التاريخية التي تشكل نواة معظم مدنها. حيث تؤدي تأثيرات المناخ غير المضبوطة بالضرر على البنية التحتية للمدن وتؤثر على المباني القائمة وعلى المدن التاريخية وتعرقل نشاط الأعمال وتدّمر الوظائف وسبل عيش مجتمعاتها .

يهدف البحث إلى عرض أهم الاستراتيجيات المتخذة في الدنمارك والطامحة للوصول إلى الحياد المناخي من خلال أهم وأكبر ثلاث مدن فيها؛ لتوفير فهم كاف للخطوات التشريعية والتنفيذية. واستقراء واستنتاج أهم التوصيات المفيدة لتحويل أنسجتنا القائمة ضمن الظروف الراهنة وجعلها أكثر مرونة واستدامة، وذلك من خلال محاولة الإجابة على الأسئلة التالية:

١. **ماهي الجهود الدولية للوصول إلى الحياد المناخي وما هو دور الدول النامية والفقيرة الأشد تضرراً بآثار التغير المناخي؟**
٢. **ماهي الاستراتيجيات المتخذة في المدن الدنماركية للوصول إلى الحياد المناخي تماشياً مع الجهود الدولية المعنية بتغير المناخ؟**
٣. **كيف يمكن للمدن التاريخية والنسج الحضري القائم في عالمنا العربي من التحول محلياً لمواكبة تحديات ومخاطر العصر؟**

١-٢- منهجية البحث

يستخدم البحث المنهج الوصفي الاستقرائي وذلك من خلال جمع البيانات والاطلاع على المراجع والأدبيات ذات الصلة. كما يستخدم دراسة الحالة والتحليل المقارن والمنهج الاستنباطي من خلال تحليل بيانات المدن المدروسة وتلخيص أهم استراتيجياتها، وصولاً إلى الاستنتاجات والتوصيات.

١-٣- أسباب اختيار المدن المدروسة

تتناول الدراسة أهم وأكبر ثلاث مدن في الدنمارك؛ وهي العاصمة الحالية كوبنهاغن(Copenhagen) أكبر مدن الدنمارك، وميناؤها الرئيسي ومركزها الاقتصادي والسياسي والثقافي الأول وأكثر مدنها سكاناً. يسكنها ما يقرب من ٦٥٤,٠٠٠ نسمة، بينما يبلغ عدد سكان المنطقة الحضرية فيبلغ ١,٣٨١,٠٠٥ نسمة. أما المدينة الثانية فهي آرهوس (Aarhus) ثاني أكبر مدن الدنمارك ويبلغ عدد سكانها الحالي هو ٢٥٩.٧٥٤ نسمة. والمدينة الثالثة أودنسه(Odense) وهي ثالث أكبر مدينة دانماركية تقع في وسط البلاد على جزيرة فيونن وإحدى أقدم المدن الدانماركية (احتفلت بذكرى تأسيسها ال١٠٠٠ عام). يبلغ عدد سكانها الحالي ١٤٥,٥٥٤ نسمة. وكان سبب الاختيار هو اكتساب هذه المدن الثلاث سمعة ريادية في مجال التنمية المستدامة وسياسات المناخ على الصعيدين الوطني والدولي، فهي تتبنى نهجاً شمولياً يدمج البيئة والاقتصاد والمجتمع مع اختلاف متمايز وفق الأولويات والأدوات المستخدمة لتحقيق أهدافها [15, 5, 16]:

- وسمت **كوبنهاغن** عاصمة الدنمارك بأنها المدينة الأكثر استدامة في العالم لعام ٢٠٢٢ والأكثر طموحاً بمشاريعها الضخمة مثل كوبنهيل CopenHill. وتفرض معايير صارمة على المباني والنقل لتكون أول عاصمة في العالم محايدة مناخياً بحلول عام ٢٠٢٥، كما تهدف أيضاً إلى تعزيز جهودها لتحقيق أهداف أكثر طموحاً بحلول ٢٠٣٠.
- تصنف **آرهوس** ضمن أكثر ١٠ مدن أوروبية استدامة وتركز على التكامل بين الطاقة المتجددة وإدارة النفايات، مع تعاون وثيق مع المبادرات الأوروبية. وتسعى إلى تحقيق الحياد المناخي بحلول عام ٢٠٣٠.
- حققت **أودنسه** إنجازاً كبيراً بوصولها إلى الحياد الكربوني (Net–Zero) بحلول عام ٢٠٢٠. وتمتاز بتركيزها على المجتمع المحلي والاقتصاد الدائري، مع استثمارات في الهيدروجين والشراكات الأكاديمية. وتسعى إلى تحقيق الحياد المناخي بحلول عام ٢٠٣٠.

٢. تحولات التدابير المتخذة والجهود الدولية المعنية بتغير المناخ

أصبح تغير المناخ موضوعاً مهماً في السياسة الحضرية ويؤثر على العديد من المجالات في قرننا الحالي. مما يخلق الحاجة الدائمة إلى أساليب جديدة في مجالات التخفيف من آثار تغير المناخ وعملية التكيف معه. بدأت المناقشات المناخية تتغير في عام ٢٠٠٨، عندما أطلقت المفوضية الأوروبية هدفها لخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة ٢٠٪ على الأقل بحلول عام ٢٠٢٠ مقارنة بمستويات عام ١٩٩٠ وبنسبة ٤٠٪ على الأقل بحلول عام ٢٠٣٠. والتزم الاتحاد الأوروبي الذي يعتبر لاعباً رئيسياً في محادثات الأمم المتحدة بشأن تغير المناخ بخفض انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري في الاتحاد الأوروبي عند توقيعه على اتفاق باريس عام ٢٠١٥ [17].[٣]

[٣] انخفضت الانبعاثات بنسبة ٢٤٪ بحلول عام ٢٠١٩، وإلى ٣١٪ بحلول عام ٢٠٢٠، ويرجع ذلك جزئيًا إلى جائحة كوفيد-١٩.

ونظراً لكون المدن والمساحات الحضرية مسؤولة عن كميات كبيرة من انبعاثات غازات الدفيئة، وفي الوقت نفسه توفر فرصة استثنائية لدفع سياسات المناخ الطموحة. شكلت المفوضية الأوروبية في عام ٢٠١٩ مجالس البعثات "لكل منطقة بعثة". وتشمل مجالات مهمتها التكيف مع المناخ المتغير، كاستعادة المحيطات والمياه، وربط التربة والصحة والغذاء، وتسهيل المناخ المحايد والمدن الذكية. واقترح مجلس البعثة للمدن المحايدة والذكية مناخياً أن تقوم المفوضية الأوروبية بإنشاء بعثة تدعم وتعزز المدن في تحولها المنهجي نحو الحياد المناخي بحلول عام ٢٠٣٠. حيث يشير الحياد المناخي إلى فكرة تحقيق صافي انبعاثات غازات الدفيئة بنسبة صفر من خلال موازنة تلك الانبعاثات بحيث تكون مساوية/ أقل من الانبعاثات التي تتم إزالتها من خلال الامتصاص الطبيعي للكوكب ومن خلال العمل المناخي. ثم أطلقت المفوضية الأوروبية عام ٢٠٢٠ مجموعة من المبادرات السياسية تحت مسمى الصفقة الأوروبية الخضراء(European Green Deal)، تحت هدف شامل يتمثل في جعل الاتحاد الأوروبي أول قارة محايدة مناخياً بحلول عام ٢٠٥٠. تحمل الصفقة أهدافاً تمتد إلى عدة قطاعات مختلفة، تتضمن البناء والتنوع البيولوجي والطاقة والنقل والغذاء. وتقدم خطة لتقييم الأثر من أجل تعزيز هدف الاتحاد الأوروبي في خفض انبعاثات غازات الدفيئة لعام ٢٠٣٠ إلى ما لا يقل عن ٥٠٪، ونحو ٥٥٪ مقارنة بمستويات عام ١٩٩٠.[٤] تتمثل الخطة في مراجعة كل قانون قائم بناءً على انعكاساته المناخية، وإدخال تشريعات جديدة تخص تحقيق الاقتصاد الدائري، وتجديد المباني، والتنوع البيولوجي، والزراعة، والابتكار بحلول عام ٢٠٥٠ [18]. قدمت المفوضية الأوروبية عام ٢٠٢٠ خطة الاستثمار المستدامة في أوروبا من أجل تمويل الصفقة الخضراء، والتي تهدف إلى جذب ما لا يقل عن تريليون يورو من الاستثمارات العامة والخاصة على مدى العقد المقبل. وبموجب خطة الاستثمار، تم تصميم صندوق التحول العادل لدعم المناطق والمجتمعات الأكثر تضرراً من التحول الأخضر، كالمناطق التي تعتمد بشكل كبير على الفحم [17].

جعل الاتحاد الأوروبي هدف الحياد المناخي (تحقيق انبعاثات صفرية صافية بحلول عام ٢٠٥٠) ملزماً قانوناً في الاتحاد الأوروبي في عام ٢٠٢١. وأنشأ الاتحاد الأوروبي في عام ٢٠٢٢ بعثتين بشأن التكيف مع المناخ والمدن المحايدة مناخياً لدعم ١٠٠ مدينة اختارتها المفوضية من أصل ٣٧٧ مدينة مهتمة من الدول الأعضاء، و١٢ مدينة إضافية من ثماني دول غير أعضاء، من أجل "**مهمة المدن المحايدة مناخياً والذكية**". بحيث تضع هذه المدن استراتيجيات للوصول إلى الحياد المناخي بحلول عام ٢٠٣٠. وتدعم بعثة الاتحاد الأوروبي المعنية بالتكيف مع تغير المناخ 150 منطقة وجماعة أوروبية نحو المرونة المناخية بحلول عام ٢٠٣٠ [19] . يتكون الجدول الزمني لمهمة المدن المائة المحايدة مناخياً من مرحلة التسليم المبكر حيث تضع البلدان والمدن الأسس لمهامها بين عامي ٢٠٢٠ و٢٠٢٢، ومرحلة التنفيذ الرئيسية بين عامي ٢٠٢٢ و٢٠٣٠. تحتاج كل بلدية من خلال المشاركة في المهمة إلى إنشاء وتوقيع اتفاقية تعاون مجتمعي، والتي يمكن أن تشمل الأهداف والغايات، واستراتيجية وخطة عمل للتحول، بمشاركة أصحاب المصلحة ومسؤولياتهم. يهدف كل

[٤] تم تحديد أهداف جديدة في عام ٢٠٢١، حيث تم تغيير الهدف إلى خفض بنسبة ٥٥٪ على الأقل بحلول عام ٢٠٣٠ والحياد المناخي بحلول عام ٢٠٥٠. عن طريق وضع استراتيجية تكيف شاملة للمدينة أو دمج التكيف مع المناخ في الخطط القائمة بالفعل.

عقد إلى أن يكون وثيقة ديناميكية وحيوية من شأنها أن تحفز الابتكار وتطلق العنان للقوى الدافعة الرئيسية للتحول: أشكال جديدة من الحوكمة التشاركية والمبتكرة، نموذج اقتصادي وتمويلي جديد، التخطيط الحضري المتكامل، التقنيات الرقمية، وإدارة الابتكار.

٢-١ العدالة المناخية ومساهمة الدول في تخفيض الانبعاثات

تختلف مساهمة الدول في تخفيض الانبعاثات باختلاف بصمتها الكربونية وأهدافها وفعالية سياساتها واستثماراتها وعملها المناخي وإنجازاتها. ويعتبر الاتحاد الأوروبي عالمياً الأكثر تقدماً في السياسات المناخية، بينما تعتمد النتائج العالمية بشكل كبير على تحركات الصين والولايات المتحدة بسبب حجم انبعاثاتهما، جدول (١).

جدول ١مقارنة بين عمل الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة والصين لأجل الحياد المناخي, المصدر: استناداً إلى *[20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29]*:

	الاتحاد الأوروبي(EU)	الولايات المتحدة الأمريكية	الصين
ذروة الانبعاثات[٥]	**تم تحقيقها (١٩٩٠)**	**تم تحقيقها (٢٠٠٥)**	**متوقعة (٢٠٣٠)**
الانبعاثات الحالية	**~٣ مليار طن**	**~٥ مليار طن**	**~١٢ مليار طن/سنوياً**
الاعتماد على الفحم	**<١٥%**	**~٢٠%**	**~٥٥ %من الطاقة**
هدف الحيادالكربوني[٦]	٢٠٥٠	٢٠٥٠	٢٠٦٠
الأهداف الطموحة	يهدف إلى تحقيق **حياد مناخي بحلول** ٢٠٥٠،مع خفض الانبعاثات بنسبة **٥٥٪ بحلول** ٢٠٣٠ مقارنة بمستويات ١٩٩٠ بموجب "الصفقة الخضراء الأوروبية".	التزمت بخفض الانبعاثات **-٥٢٥٠% بحلول** ٢٠٣٠ (مقارنة بمستويات ٢٠٠٥)، والوصول إلى الحياد المناخي بحلول ٢٠٥٠.	تعهدت ببلوغ ذروة الانبعاثات **قبل** ٢٠٣٠ وتحقيق الحياد الكربوني **قبل** ٢٠٦٠.
السياسات الفعّالة	**يمتلك إطاراً تشريعياً قوياً** يشمل نظام تداول الانبعاثات(ETS) ، وفرض ضرائب كربون على الواردات، واستثمارات ضخمة في الطاقة المتجددة.	**قانون خفض التضخم (IRA) ٢٠٢٢** يستثمر ٣٦٩ مليار دولار في الطاقة النظيفة، لكن السياسات تتأثر بالتقلبات السياسية. (يمكن أن تتغير سياساتهم مع تغير الرئيس والإدارات)	تستثمر بقوة في الطاقة المتجددة (الرياح، الشمسية، والمركبات الكهربائية)، لكنها **لا تزال تُشغّل آلاف محطات الفحم.**
الإنجاز	**يعتبر رائداً في التشريعات** رغم التحديات الداخلية بفضل أهدافه الملزمة وقوانينه الشاملة، لكن بعض الدول الأعضاء لاتزال تعتمد على الفحم (مثل بولندا). **حقق تخفيضاً ملحوظاً في الانبعاثات بنسبة ٢٤٪ تقريباً بين عامي ١٩٩٠**	**طموح متزايد حديثاً،** لكن التنفيذ يعتمد على الاستقرار السياسي ومواقف الدولة. **انخفضت الانبعاثات بنحو ١٧٪ منذ ٢٠٠٥،** لكنها لا تزال أكبر مصدر تاريخي للانبعاثات.	هي **اللاعب الأكثر تأثيراً** بسبب حجمها الاقتصادي واستثماراتها الهائلة في التقنيات النظيفة، لكن أهدافها أقل طموحاً من الاتحاد الأوروبي ومتأخرة نسبياً، على الرغم من ريادتها في إنتاج الطاقة المتجددة ولكنها لا تزال تعتمد بشكل كبير على الفحم.

[٥] **ذروة الانبعاثات** (Peak Emissions): العمل على زيادة انبعاثاتها حتى عام محدد لتبدأ بعده في خفضها تدريجياً.

[٦] **الحياد الكربوني** (carbon neutrality): تحقيق توازن بين الانبعاثات المُنتجة والمُزالة من الغلاف الجوي.

	و٢٠٢٠، لكنه يواجه تحديات في قطاعات مثل النقل والزراعة.		**أكبر مُنتج عالمي للألواح الشمسية والتوربينات، لكن الانبعاثات لا تزال في ارتفاع** (تمثل تقريباً ٣٠٪ من الانبعاثات العالمية).

إن أزمة المناخ ليست بيئية فحسب، بل هي قضية عدم مساواة بين الشعوب يتطلب حلها إعادة هيكلة الاقتصاد العالمي ليكون أكثر إنصافاً. حيث أوضح تقرير منظمة أوكسفام الدولية (OXFAM) الناشطة ضد ظلم الفقر لعام ٢٠٢٢ أن أغنى ١٪ من سكان العالم (حوالي ٨٠ مليون شخص) ينتجون ضعف انبعاثات الكربون التي ينتجها أفقر ٥٠٪ من سكان العالم (نحو ٤مليارات شخص). وإذا استمرت انبعاثات الـــ١٪ الأغنى بمعدلها الحالي، ستستهلك بمفردها ١٦٪ من "ميزانية الكربون" المتبقية لتفادي ارتفاع الحرارة فوق ١.٥ °C بحلول ٢٠٣٠ [30]. مما يدل على التفاوت الكبير في الانبعاثات الكربونية بين الأغنياء والفقراء على مستوى العالم ويُبرز الحاجة الملحَّة للعدالة المناخية، فالدول الفقيرة التي تُسهم تاريخيّاً بأقل الانبعاثات هي الأكثر تضرراً من الفيضانات، الجفاف، وانهيار المحاصيل. **مما يظهر ضرورة التركيز على الدعم الدولي لهذه الدول والعدالة المناخية التي تطالب بـــ:**

- تحميل المُلوثين التاريخيين (الدول الصناعية والأثرياء) مسؤولية تمويل التحول الأخضر.
- تعويض الدول الفقيرة عن الخسائر والأضرار الناجمة عن الكوارث المناخية.
- فرض ضرائب تصاعدية على الثروات والانبعاثات الفاخرة (مثل رحلات الطيران الخاص).

إن مساهمة الدول العربية والنامية ضرورية لإنقاذ النظام المناخي العالمي، لكنها تتطلب دعماً دولياً لتجاوز فجوة التمويل والتكنولوجيا، وتضع معظم هذه الدول أهدافاً لخفض الانبعاثات مشروطة بالدعم المالي والتكنولوجي من الدول المتقدمة. وتوجد بعض مبادرات الدعم الدولي للدول الفقيرة والنامية مثل: مبادرة خسائر وأضرار(Loss and Damage) لتعويض الدول الفقيرة عن الكوارث المناخية الذي تم إقرارها في (COP27)، وشراكات مثل الشراكة من أجل تحول الطاقة العادل (JETP) لدعم جنوب أفريقيا وإندونيسيا، ومشاريع الدعم التي يقدمها الصندوق الأخضر للمناخ (GCF) [31].

٢-٢ الحياد المناخي ومدننا العربية والتاريخية

تعد البيئات المبنية للمدن الحالية نسيجاً قائماً وثابتاً على حاله لفترة طويلة في المستقبل. فمن المتوقع أن يظل حوالي ٨٠٪ من البيئات المبنية اليوم قيد الاستخدام في عام ٢٠٥٠ [32]، بما فيها المدن التاريخية والتي تشكل ذاكرة مجتمعاتها والتي تعاني من تحديات البنية التحتية القديمة وصعوبة تعديل المباني الأثرية لتحسين كفاءة الطاقة بما يتوافق مع قيودها التشريعية ودون الإضرار بقيمتها التراثية، بالإضافة إلى السياحة التي تزيد من انبعاثات النقل واستهلاك الطاقة (مثل الفنادق والمواصلات) وضيق شوارعها وعدم ملاءمتها لأنظمة النقل العام الحديثة أو مسارات الدراجات. وتندرج معظم مدن العالم العربي تحت ما يسمى بالمدن العميقة (deep cities) التي يرتبط عمقها التاريخي بجوهر بيئتها المبنية وقدرتها على التذكر المرتبطة بالثقافة والتراث المحليين؛ فهي لا تُعدّ مجرد هياكل من الماضي يجب تجاوزها في جهود المدن الطامحة لتصبح ذكية أو ما بعد صناعية، بل أدوات ضرورية في عملية التحول الحضري والمحلي المستدام [33,

[34. فلابد للمدن التاريخية والنسيج القائم في عالمنا العربي –والتي غالباً ما تكون الأكثر تأثراً بتغير المناخ رغم كونها الأقل إسهاماً في الانبعاثات–من التحول لمواكبة تحديات ومخاطر العصر مع مشكلة نقص التمويل وصعوبة نقل التكنولوجيا النظيفة والديون في العديد الحالات. ومن هنا تكمن ضرورة النظر في كيفية استخدام العناصر التاريخية للمدن بشكل منتج في الحفاظ عليها وتحويلها للمستقبل. من خلال ربط الجديد بالقديم، بدلًا من مجرد فرض مجموعة من الأفكار الجديدة كما لو كانت اللوحة فارغة. حيث يجادل روبرت فان دي نورت بضرورة اعتبار الماضي مستودعاً للأفكار والمفاهيم التي يمكن أن تساعد في بناء قدرة المجتمعات على الصمود في زمن التغير المناخي السريع، ويشير إلى أن شعور الناس بالمكان عامل تحفيز قوي للعمل والمشاركة، وبالتالي فهو حاسم لتحولات الاستدامة المحلية [35]. كما يُسلّط مجلس التراث الوطني السويدي (٢٠١٧) الضوء في تقرير له على كيفية ارتباط التراث الثقافي بالجوانب الثلاثة للاستدامة (الاقتصادية والبيئية والاجتماعية) [36]:

أولاً، يجذب التراث الثقافي النشاط السياحي ويخلق فرص عمل.

ثانياً، تُقلل إعادة استخدام المواد وحماية البيئة من تأثير المناخ.

ثالثاً، يمكن للتراث الثقافي أن يزيد الشعور بالانتماء وفهم مجتمع اليوم.

وعلى الرغم من وجود تحديات متعلقة بتطوير مناطق مستدامة ومحايدة للكربون وقادرة على التكيف مع المناخ في المراكز التاريخية وتحديات إدخال السياسات المناخية وما يرافقها من تعديلات تصميمية وطاقوية؛ إلا أن العوائق التي تفرضها المتطلبات القانونية للمباني التاريخية تشكل فرصاً. فالمدن التاريخية لم تخضع للتحديث الحضري ولم تتبن مفهوم المدن الوظيفية الذي يعيق في الوقت الحاضر تحولات الاستدامة الحضرية، فالبيئة المبنية في المدن التاريخية تم إنشاؤها باستخدام مواد بناء متينة ومن الطبيعة على عكس المدن الحديثة. وبالتالي تتسم المدن التاريخية بقدرتها على التحول إلى مدن محايدة مناخياً ومرنة؛ في حال توفر الدعم المالي والتقني المناسب والعمل الجاد والتخطيط المتكيف معها لبث الحياة فيها وتطويرها والحفاظ عليها وعلى قيمها للأجيال القادمة. وتنبثق العديد من الاستراتيجيات من أفضل الممارسات الإقليمية والابتكارات العالمية، حيث ترى بعض الدراسات أن تحقيق الحياد المناخي في العالم العربي يتطلب إعادة النظر في النسيج الحضري من خلال إعادة الاستخدام التكيفي، والبنية التحتية الخضراء، والتنقل منخفض الكربون من خلال [10, 37]:

١- ترقية النسيج الحضري التاريخي: يقدم التخطيط العمراني العربي الإسلامي التقليدي دروساً قيّمة في التصميم السلبي. وتعزز التصميمات الكثيفة القائمة على ساحات التهوية الطبيعية، بينما تقلل المواد عالية الكتلة الحرارية من احتياجات التبريد. ويمكن بالمواءمة بين هذه المزايا مع شبكات الطاقة الذكية والطاقة الشمسية ترقية الأحياء التاريخية دون المساس بالتراث.

٢- الحلول القائمة على الطبيعة (NBS) للمدن المرنة: يمكن لتوسيع الممرات الخضراء وحدائق الأسطح والغابات الحضرية أن يُخفف من آثار جزيرة الحرارة الحضرية ويعزل الكربون.

٣- التنمية المُدمجة المُوجهة نحو النقل (TOD): يمكن أن يُسهم تقليل الاعتماد على السيارات من خلال التنمية المُدمجة المُوجهة نحو النقل – كما هو الحال في مدينة لوسيل بالدوحة والعاصمة الإدارية الجديدة بالقاهرة – في خفض انبعاثات النقل، التي تُساهم بنحو ٣٠٪ من ثاني أكسيد الكربون الحضري في المنطقة.

٣. استراتيجيات المدن الدنماركية الثلاث لتحقيق الحياد المناخي بحلول عام ٢٠٣٠

كفلت الدنمارك اتخاذ تدابير مناخية طموحة من خلال قانون المناخ لعام ٢٠٢٠. ويهدف القانون إلى تقليل انبعاثات غازات الدفيئة في الدنمارك بنسبة ٧٠٪ بحلول عام ٢٠٣٠ مقارنة بعام ١٩٩٠، والوصول إلى حياد المناخ بحلول عام ٢٠٥٠ بأقصى تقدير، وذلك من خلال:

١. **الشراكات التطوعية بين الدنمارك والمنظمات الحكومية الدولية والمنظمات غير الحكومية**، كتحالف المناخ والهواء النظيف (Climate and Clean Air Coalition–CCAC) الذي تم إطلاقه في عام ٢٠١٢ للحد من ملوثات المناخ قصيرة الأمد، **حيث خصصت الدنمارك لمشاريع هذا التحالف وللمشاريع المتعلقة بالمناخ ٢٥٪ من مساعداتها التنموية.** كما تساهم بدعم صندوق تنمية بلدان الشمال الأوروبي الذي يمول مبادرات عديدة كمبادرة مواقد الطهي النظيفة في إفريقيا جنوب الصحراء [38, 39].

٢. **الالتزام باتفاقية الطاقة لعام ٢٠١٢ بتمويل التدفئة الخضراء** والطاقة الحرارية الأرضية والمضخات الحرارية الكبيرة لتقليل استخدام الوقود الصلب والأحفوري في التدفئة المنزلية. **وتشجيع التحول إلى استخدام الكهرباء بديلاً** وذلك عن طريق تخفيض ضريبة التدفئة الكهربائية إلى الحد الأدنى للمعدل في الاتحاد الأوروبي عام ٢٠٢٠.

٣. **التركيز على استخدام المصادر المتجددة**، وخاصة طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة الكهرومائية، والكهربة التدريجية للقطاعات كاستراتيجية أساسية لتحول الطاقة. ويُعد استخدام الهيدروجين كناقل ومخزن للطاقة، بالإضافة إلى الدراسات الجارية في مجال الطاقة النووية، عناصر إضافية مهمة تُسهم في تنفيذ استراتيجية طاقة متنوعة [40]. **فقدمت الدنمارك أول استراتيجية للهيدروجين عام ٢٠٢١.** واتخذت أولى الخطوات في عام ٢٠٢٢ نحو اقتصاد الهيدروجين الأخضر وتعزيز تطوير أنواع الوقود الإلكترونية الجديدة في القطاعات الصعبة والهامة كالشحن والطيران والنقل البري للصناعات الثقيلة والصناعة.

٤. **العمل على إنهاء استخدام الوقود الأحفوري تدريجياً وتحديد موعد نهائي للتخلص من استخراجه بحلول عام ٢٠٥٠**، وقامت بإلغاء جولة التراخيص الثامنة وجميع الجولات المستقبلية لاستخراج النفط والغاز من بحر الشمال في عام ٢٠٢٠، وقيادة حملة عالمية حول دور الدول المنتجة للوقود الأحفوري. كما منعت تركيب السخانات التي تعمل بالنفط والغاز في المباني الجديدة، وخصصت الدعم المالي لتحويلها في المباني القائمة لتستخدم مصادر متجددة ابتداءاً من عام ٢٠١٣وصولاًإلى إلغاء شبكة الغاز الطبيعي عام ٢٠٢٠.

٥. **وضعت الدنمارك الخطة الوطنية للبنية التحتية الخضراء (Danish National Green Infrastructure Plan)** لتوسيع شبكات النقل الكهربائي في المدن الدنماركية، بما في ذلك محطات الشحن والمسارات الذكية. **وقامت بكهربة أجزاء من البنية التحتية للسكك الحديدية، والإسراع في الانتقال إلى الحافلات الخضراء، وتعزيز البنية التحتية للدراجات لتشجيع المواطنين على استخدام وسائل نقل صديقة للبيئة.** [41, 42] حيث تُخصص الدنمارك ٧٠٪ من ميزانية النقل لمشاريع الدراجات والمشاة ولديها خطة الوطنية للدراجات (Danish National Bicycle Strategy)، مع تخفيضات ضريبية للسيارات الكهربائية، وفرض المزيد من الضرائب على الشاحنات

والمركبات الكبيرة بناءً على انبعاثات غازات الدفيئة والمسافة المقطوعة في خطوات لتحفيز التحول بعيداً عن الوقود الأحفوري وتطوير البنية التحتية الدافعة للنقل التجاري.

٦. **الاهتمام بقطاع الزراعة والتنمية الريفية ودعم مشاريعها البحثية والعمل على تخفيض كمية الميثان المنبعثة ودعم إنتاج الغاز الحيوي والغازات الخضراء الأخرى**، وتقديم دعم مالي للاستثمارات في مصانع الغاز الحيوي والاهتمام بمشاريع تحويل النفايات إلى طاقة وإعادة تدويرها لا سيما بعد حظر مدافن النفايات القابلة للحرق أو التدوير عام ١٩٩٧.

يظهر الجدول رقم (٢) أهم نتائج وتحديات العمل المناخي في المدن الدنماركية الثلاث المدروسة، ونلخص فيما يلي استراتيجيات ومجالات عمل المدن الدنماركية الثلاث (كوبنهاغن، آرهوس، أودنسه) لتحقيق الحياد المناخي بحلول عام ٢٠٣٠، وأهم مشاريعها وصولاً إلى المراقبة والتقييم، جدول رقم (٣):

جدول ٢ نتائج وتحديات العمل المناخي في المدن الثلاث المدروسة. المصدر: استناداً إلى *[15, 5, 16, 43, 44, 45].*

	كوبنهاغن (Copenhagen)	آرهوس (Aarhus)	أودنسه (Odense)
حصيلة العمل المناخي	حققت المدينة خفضاً ملحوظاً في الانبعاثات بنسبة تجاوزت ٨٠٪ منذ التسعينيات، مع الحفاظ على نمو اقتصادي. أصبحت مصدر إلهام للمدن بتسميتها بالمدينة الأكثر استدامة في العالم لعام ٢٠٢٢.	خفضت المدينة انبعاثاتها بنسبة 50%منذ عام ٢٠٠٨ رغم النمو الاقتصادي والسكاني. تحتل آرهوس مراتب متقدمة في مؤشرات الاستدامة العالمية، مثل تصنيفها ضمن أكثر ١٠ مدن أوروبية استدامةً.	خفضت المدينة انبعاثاتها بنسبة ٤٥ %منذ عام ٢٠١٠، رغم زيادة عدد السكان بنسبة ١٥%. وأصبحت الحافلات الكهربائية توفر 80%من احتياجات النقل العام. وفازت أودنسه بجائزة "العاصمة الأوروبية للابتكار "في ٢٠٢٢، تقديراً لمشاريعها الذكية والمستدامة.
التحديات	**عانت المدن الثلاث من تحديات ومشاكل في تمويل التحول إلى طاقة نظيفة وتغيير سلوكيات المجتمع والشركات.**		
	عانت كوبنهاغن من تحديات التمويل الباهظ للتكنولوجيا النظيفة والمشاريع الضخمة، وضرورة تقليل الانبعاثات من القطاعات الصعبة مثل النقل البحري والجوي، وتحديات تغيير سلوكيات المجتمع، وصعوبة تحقيق التوازن بين النمو الحضري وخفض الانبعاثات.	عانت آرهوس من الحاجة إلى استثمارات ضخمة في البنية التحتية الخضراء. وتحديات مواءمة النمو السكاني مع أهداف خفض الانبعاثات. وتغيير العادات الاستهلاكية للأفراد والشركات.	عانت أودنسه من تحديات تمويل التحول الكامل إلى الطاقة النظيفة خاصة في تحديث البنية التحتية الصناعية القديمة. ومقاومة بعض الشركات للتخلي عن نماذج الأعمال التقليدية وتحديات تغيير سلوكيات المجتمع والعادات اليومية.

٣-١ التحول إلى الطاقة المتجددة

٣-١-١- طاقة الرياح والطاقة الشمسية

تعمل المدن الثلاث المدروسة على التحول إلى الطاقة المتجددة بنسبة ١٠٠٪. كما تعتمد جميعها على طاقة الرياح مثل توربينات الرياح البحرية والبرية والنفايات والكتلة الحيوية. بالإضافة إلى اعتمادها تركيب الألواح الشمسية على المباني العامة والسكنية.

- **تعتبر كوبنهاغن** الأكثر طموحاً في هدفها (١٠٠٪ من الكهرباء من مصادر متجددة). ومن أهم مشاريعها بناء أكبر محطة طاقة شمسية على الأسطح في العالم (Horsens Rooftop Solar Power Plant). والتركيز على مشاريع الرياح البحرية كحقل الرياح كريجر (Kriegers Flak) وجزر الطاقة الخضراء الاصطناعية في بحر الشمال (Green Energy Island) التي تولد توربيناتها الكهرباء وتحول الفائض منها إلى مخزون من الهيدروجين الأخضر [46, 47].
- **بينما تركز آرهوس** على التقنيات القائمة، وتعتمد على شبكة تدفئة مُحكمة تُغذى بنسبة ٩٠٪ من مصادر متجددة. حيث تُحوّل محطة معالجة المياه العادمة(Marselisborg) مياه الصرف الصحي إلى طاقة متجددة (بيوغاز) تكفي لتشغيل نفسها بالكامل وتزويد شبكة الكهرباء المحلية بالطاقة الفائضة، مما يجعلها نموذجاً عالمياً في كفاءة الموارد.
- **تستكشف أودنسه** الهيدروجين الأخضر وتعتمد على نظام تدفئة حضرية تُغذى بنسبة ٧٠٪ من مصادر متجددة. حيث ينتج مشروع (Energy Innovation Park) وهومنطقة صناعية متكاملة طاقة متجددة من الرياح والطاقة الشمسية، وتُعيد استخدام الحرارة المهدورة من المصانع في تدفئة المنازل [44].

٣-١-٢- استخدام أنظمة التدفئة الحضرية المستدامة

تعمل جميع المدن المختارة على تشغيل شبكات التدفئة المركزية باستخدام مصادر متجددة مثل الكتلة الحيوية المستدامة(Biomass) والمخلفات الزراعية، وباستخدام النفايات المُحوَّلة إلى طاقة، والحرارة المهدورة من الصناعات [48].

جدول ٣ استراتيجيات ومجالات عمل المدن الدنماركية المدروسة لتحقيق الحياد المناخي بحلول عام ٢٠٣٠، المصدر: الباحثون

الاستراتيجية	مجالات العمل
١. التحول إلى الطاقة المتجددة	طاقة الرياح والطاقة الشمسية استخدام أنظمة التدفئة الحضرية المستدامة
٢. تحسين كفاءة الطاقة في المباني	بناء المباني المستدامة ومعايير البناء الأخضر ترميم المباني القديمة والقائمة
٣. النقل المستدام	بنية تحتية للدراجات والمشاة النقل العام الكهربائي
٤. إدارة النفايات والاقتصاد الدائري	تحويل النفايات إلى طاقة إعادة التدوير والحد من الهدر
٥. التخطيط الحضري الأخضر والتكيف مع التغير المناخي	زيادة المساحات الخضراء والتنمية المدمجة التكيف مع التغير المناخي
٦. مشاركة المجتمع والشركات	حملات توعية المجتمع مبادرات المواطنين والشراكات مع القطاع الخاص
٧. الابتكار والتقنيات الحديثة	المدينة الذكية واستثمار البيانات والتقنيات الحديثة مشاريع تقنية لاحتجاز الكربون وتخزينه
٨. التعاون مع الجهات الوطنية والدولية	تبادل الخبرات مع المدن العالمية التعاون مع مدن الاتحاد الأوروبي (شبكة المدن الذكية الأوروبية-مبادرة المدن الخضراء الاسكندنافية) التعاون مع القطاع الخاص ومبادرات الاتحاد الأوروبي مبادرات تعاون مدني محلي ضمن كل مدينة
٩. المراقبة والتقييم	نظام قياس الانبعاثات والمراقبة المستمرة التكيف مع التحديات بالتحديث الدائم للاستراتيجيات

- **تستخدم كوبنهاغن** شبكات التدفئة الذكية وتشغيل نظام التدفئة الحضرية (District Heating Network) بالكامل بالطاقة النظيفة. ومن أهم مشاريعها محطة أفيدور للطاقة (Aved□re Power Station) التي تعمل بالكتلة الحيوية والغاز الطبيعي. ومشروع الجيل الرابع للتدفئة (4th Generation District Heating) لتخزين الطاقة الحرارية ودمج تقنيات الذكاء الصناعي [49].
- **بنت آرهوس** أكبر محطة جيوثيرمال في الاتحاد الأوروبي لتوفير ٢٠٪ من احتياجات التدفئة في المدينة (Aarhus Geothermal District Heating Project). ومحطة تحويل إلى الكتلة الحيوية (Studstrupv□rket) [50].
- **بنت أودنسه** محطة لتحويل النفايات ومحطة "دالوم" للطاقة الحيوية (Dalum Biomass CHP Plant) وشبكة التدفئة الخالية من الكربون (CO2-Free District Heating Network) [51].

٣-٢ تحسين كفاءة الطاقة في المباني

٣-٢-١- بناء المباني المستدامة ومعايير البناء الأخضر

تفرض المدن الثلاث المدروسة تشييد مباني جديدة وفق معايير صارمة مثل معايير الريادة في تصميمات الطاقة والبيئة (LEED) الشهيرة ومعايير تقييم المجلس الألماني للبناء المستدام (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen-DGNB) -وهي أحد أنظمة الشهادات الرائدة عالمياً في تقييم الاستدامة للمباني والمناطق الحضرية- التي تعتمد على نهج شمولي يدمج الجوانب البيئية والاقتصادية والاجتماعية والتقنية، مع التركيز على دورة الحياة الكاملة للمبنى. **وتفرض جميع المدن الثلاث استخدام مواد بناء مستدامة للوصول إلى مباني مستدامة خالية من الانبعاثات. بينما تفرض كوبنهاغن** معايير أكثر صرامة على المباني الجديدة. وتفرض تشريعات تلزم جميع المباني الجديدة بتحقيق معايير استهلاك طاقة قريبة من الصفر (Near Zero Energy Buildings) [47].

٣-٢-٢- ترميم المباني القديمة والقائمة

تعمل جميع المدن المدروسة على تحسين كفاءة الطاقة في المباني الجديدة والقديمة، وعلى تحديث العزل الحراري واستبدال أنظمة التدفئة والتبريد التقليدية بتقنيات موفرة للطاقة. **وتعتبر كوبنهاغن رائدة** في ذلك حيث عملت على تحديث ٧٠٪ من المباني القائمة لتحسين كفاءة الطاقة من خلال العزل الحراري وأنظمة التدفئة الذكية [52]. ويعتبر مشروع ترقية حي القديس كيلد في أوسترببرو (St. Kjelds Quarter in □sterbro) في كوبنهاغن-دراسة مكتب هينينج لارسن للهندسة المعمارية (Henning Larsen Architects) ونفذ في الفترة مابين ٢٠١٣-٢٠٢٤- من المشاريع الرائدة لتحسين كفاءة المباني التاريخية لتصبح مرنة مناخياً. يتضمن هذا الحي أحد كتل المدينة التاريخية التي كانت تعاني من مشاكل إدارة المياه والبنية التحتية المتهالكة والقديمة. اعتمدت استراتيجيات الترقية أربع محاور رئيسية: إدارة مياه الأمطار، وتوسيع مساحة الترفيه (ضمن المنازل من خلال زيادة المساحات المفتوحة من خلال شغل الأسطح والجملونات والشرفات وفي الخارج ضمن الفناء)، وخلق نقاط تجمع مجتمعية، وترقيات المباني الموفرة للطاقة وتحسين المناخ الداخلي والإنارة الطبيعية [53]. حيث تم تصميم المناظر الطبيعية في الفناء بشكل مرن يجمع بين تنوع النباتات وإدارة مياه الأمطار، مما يقلل من مخاطر الفيضانات ويبرد المنطقة، ويخفض انبعاثات ثاني أكسيد

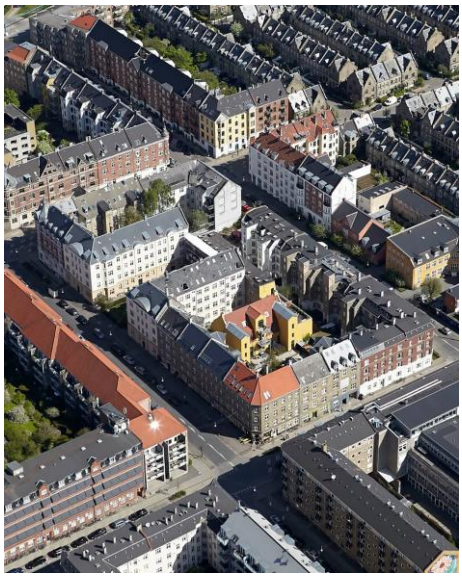
الكربون. يجمع نظام إدارة المياه الجديد مياه الأمطار الزائدة باستخدام قنوات مخفية تحت الفناء، ويتم توجيهها إلى إحدى حديقتي الأمطار المفتوحتين ضمن الفناء. ومن ثم تُخزن المياه في أحواض تجميع، تصل سعة كل منها إلى ٤٠ متراً مكعباً. أما المياه التي لا تُستخدم لإثراء وزراعة المساحات الخضراء الوفيرة، فيُعاد استخدامها في الغسالات وتنظيف المراحيض. كما تم تجديد الواجهات المطلة على الفناء لتعزيز الطاقة بتصميم فتحات بارزة تضيف مساحات داخلية وشرفات جديدة وإنارة طبيعية أكبر. لتصبح الواجهة المطلة على الفناء متعددة الوظائف فهي مزدوجة الطبقات توفر عزلاً حرارياً مع دمج أنظمة التهوية والكهرباء وإدارة مياه الأمطار [54]. بينما بقيت واجهة الكتلة التاريخية الخارجية المطلة على الشارع بدون أي تغيير، الشكل (١).

(أ) توضح الصورة اليمينية الاستفادة من الطبقات المزدوجة للواجهات الداخلية المحدثة المطلة على الفناء في نظام إدارة مياه الأمطار وتصميم المناظر الطبيعية، المصدر: [54]

(ب) تصميم المناظر الطبيعية في الفناء بشكل مرن يجمع بين تنوع النباتات وإدارة مياه الأمطار

(ج)أحواض تجميع مياه الأمطار تحت الفناء.

(د)تجديد الواجهة المطلة على الفناء لتعزيز الطاقة



الشكل ١ مشروع ترقية حي القديس كيلد في أوستربرو(.St Kjelds Quarter in sterbro) في كوبنهاغن، المصدر: [53، 54].

٣-٣ النقل المستدام

٣-٣-١- بنية تحتية للدراجات والمشاة

تعزز جميع المدن المدروسة استخدام الدراجات كوسيلة نقل رئيسية وذلك بتوسيع مسارات الدراجات وتخصيص مناطق خالية من السيارات في مركز المدينة.

- **كوبنهاغن لديها أعلى نسبة استخدام للدراجات حيث ٦٢٪ من السكان يستخدمون الدراجات يومياً.** وتعمل للوصول إلى نقل خالي من الانبعاثات عن طريق تطبيق سياسات مثل الطرق الخضراء السريعة للدراجات (Copenhagen Cycle Sperhighways). وأطول شارع مشاة في أوروبا–شارع ستروغيت –(Str get

Pedestrian Street) وجسر سيكل سلاغن الأفعواني للدراجات (Cykelslangen/The Bicycle Snake) [55, 56].

- **تُستخدم آرهوس الدراجات في ٤٠٪ من تنقلات السكان اليومية.** ولديها نظام مشاركة الدراجات الكهربائية (Aarhus E-bike Sharing System) ومنطقة المشاة التاريخية (Aarhus Historic Pedestrian Zone).
- **أما في أودنسه فأكثر من ٤٠٪ من السكان يستخدمونها يومياً.** ومن أهم مشاريعها مسارات الدراجات الخضراء (Odense Green Bike Paths)، ومشروع المدينة الهادئة (Odense Quiet City Initiative)

٣-٣-٢- النقل العام الكهربائي

تعمل جميع المدن المدروسة على التحول إلى النقل العام الكهربائي وعلى تحويل جميع الحافلات إلى كهربائية أو هيدروجينية بحلول ٢٠٣٠. كما تعمل على تشجيع السيارات الكهربائية بتوفير محطات شحن متعددة وحوافز ضريبية لشراء المركبات الكهربائية والصديقة للبيئة، وبفرض رسوم على السيارات القديمة الملوثة.

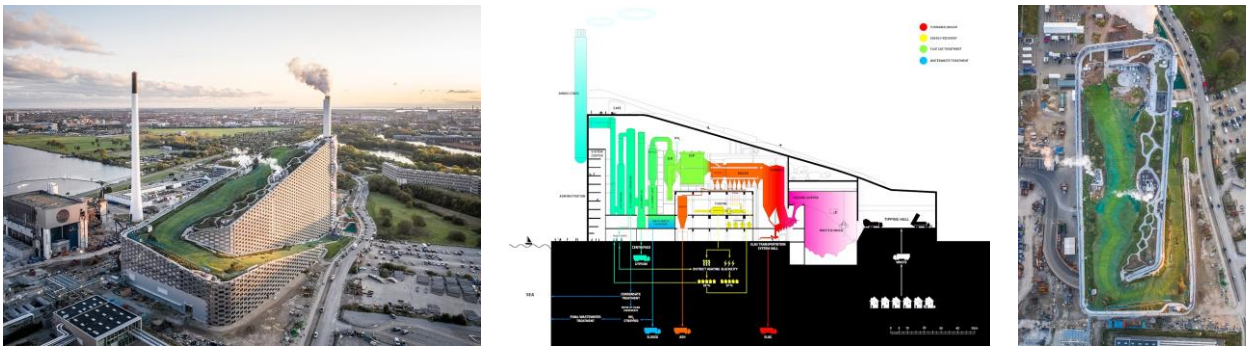
- **أهم مشاريع النقل العام الكهربائي في كوبنهاغن:** مشروع توسيع شبكة المترو (Metro City Ring) ومشروع الحافلات الكهربائية في كوبنهاغن (Copenhagen Electric Bus Network) وشبكة قطارات ضواحي الكهربائية (S-tog Electric Train Network) [52].
- **أهم مشاريع النقل العام الكهربائي في آرهوس:** شبكة الترام الكهربائي الحديثة (Aarhus Letbane) التي تربط المدينة بضواحيها. وبرنامج الحافلات الهجينة والهيدروجينية (Aarhus Hybrid & Hydrogen Bus Program) ونظام مشاركة الدراجات الكهربائية (Aarhus E-bike Sharing Network).
- **أهم مشاريع النقل العام الكهربائي في أودنسه:** مشروع تطوير شبكة القطارات الكهربائية. كما تركز على البنية التحتية للشحن السريع وشبكة الترام الكهربائي الحديثة (Odense Letbane) ومشروع الحافلات الكهربائية الصغيرة (Odense Electric Microbus Network) وشبكة التدفئة والنقل المتكاملة (Odense Integrated Heating & Transport Network) [57]

٣-٤ إدارة النفايات والاقتصاد الدائري

3-4-1- تحويل النفايات إلى طاقة

تركز جميع المدن المدروسة على الاقتصاد الدائري عبر إعادة الاستخدام المحلي وتحقق معدلات عالية في تحويل النفايات إلى طاقة. كما تعمل على تشجيع الصناعات المحلية على مشاركة الموارد والطاقة المهدورة (مثل الحرارة الناتجة عن المصانع) ضمن نموذج الاقتصاد الدائري [58, 59].

- **أهم مشاريع كوبنهاغن:** محطة كوبنهيل (CopenHill) الأشهر في العالم وهي منشأة متعددة الاستخدامات تجمع بين الاستدامة والترفيه. فهي تحوّل ٩٩٪ من النفايات إلى طاقة وتدفئة، مع توفير مساحة ترفيهية (مثل منحدر التزلج على السطح)، الشكل(٢)، [60].



الشكل ٢ محطة كوبنهيل (CopenHill) في كوبنهاغن، المصدر: [60]

- **تستخدم آرهوس** محطة لتحويل النفايات (Aarhus Waste-to-Energy Plant) التي تحول ٩٠٪ من النفايات إلى طاقة وتدفئة.
- **تحول آودنسه** ٩٥٪ من النفايات إلى موارد من خلال إعادة التدوير المتقدم وتحويل النفايات المتبقية إلى طاقة أو مواد خام للصناعات. وأهم مشاريعها محطة معالجة النفايات العضوية (Odense Renovation A/S) ومصنع (Kredsl□b) وهو منشأة متكاملة لفرز النفايات وإعادة تدويرها، تعمل بالكامل بالطاقة المتجددة.

٣-٤-٢- إعادة التدوير والحد من الهدر

- **تتميز كوبنهاغن** بإعادة التدوير المتقدم والوصول إلى معدل إعادة تدوير ٧٠٪ من النفايات البلدية، وتقليل النفايات المتبقية إلى أقل من ١٠٪ [49].
- **تقوم آرهوس** بحملات توعوية لفرز النفايات ودعم مشاريع إعادة الاستخدام.
- **تقوم أودنسه** بدعم المبادرات المحلية لإصلاح المنتجات وإطالة عمرها الافتراضي ودعم مشاريع إعادة الاستخدام.

٣-٥ التخطيط الحضري الأخضر والتكيف مع التغير المناخي

٣-٥-١- زيادة المساحات الخضراء والتنمية المدمجة

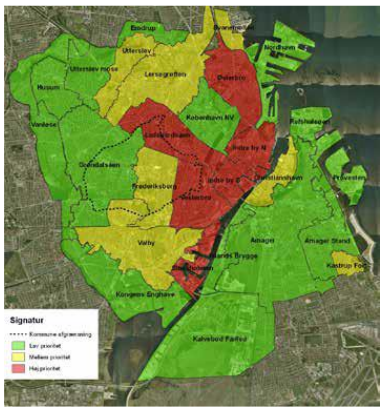
تعمل المدن الثلاث على تعزيز المساحات الخضراء عن طريق زيادة عدد الحدائق والأشجار وأسطح المباني الخضراء لامتصاص الكربون وتحسين جودة الهواء. كما تعمل على التنمية المدمجة والحد من التوسع العمراني العشوائي بالإضافة إلى تعزيز الكثافة السكانية الذكية لتقليل الاعتماد على السيارات.

- **أهم مشاريع كوبنهاغن:** زراعة ١٠٠,٠٠٠ شجرة جديدة بحلول ٢٠٣٠، وتحويل مواقف السيارات إلى حدائق عامة. ومشروع حدائق الجيب (Pocket Parks) لإنشاء الحدائق الصغيرة في المناطق الحضرية المزدحمة ومشروع حي (UN17 Village) السكني المستدام بأسطح مبانيه وحدائقه الخضراء.
- **أهم مشاريع آرهوس:** مشروع الواحة الحضرية (Urban Oasis Project) وحديقة بوتانيسك هاف البيولوجية (Botanisk Have)
- **أهم مشاريع أودنسه:** مشروع تحويل شارع إلى منطقة خضراء (Thomas B.Thriges Gade) في وسط أودنسه وشبكة من المتنزهات والحدائق المترابطة التي تغطي ٢٠٪ من مساحة المدينة، لتعزيز التنوع البيولوجي وامتصاص الكربون.

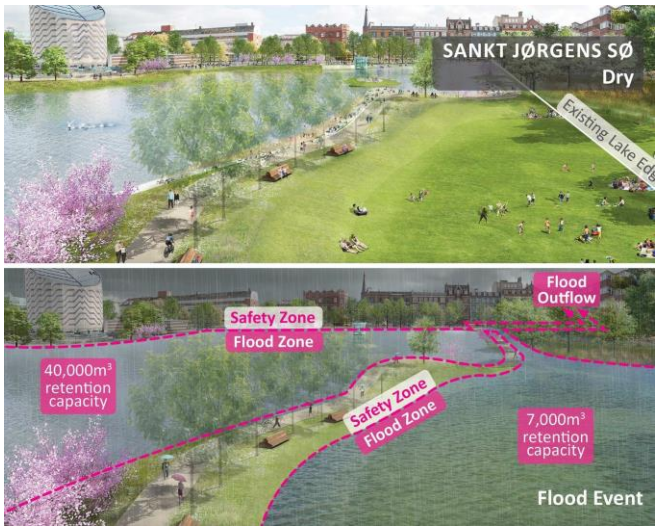
٣-٥-٢- التكيف مع التغير المناخي

تركز المدن المدروسة على مشاريع البنية التحتية الخضراء، ومشاريع الحماية من الفيضانات والمدينة الإسفنجية بالإضافة إلى إدارة مياه الأمطار وذلك ببناء أنظمة امتصاص مياه الأمطار عبر الأسطح الخضراء والأراضي الرطبة الاصطناعية، ومشاريع حماية التنوع البيولوجي والمناطق الطبيعية.

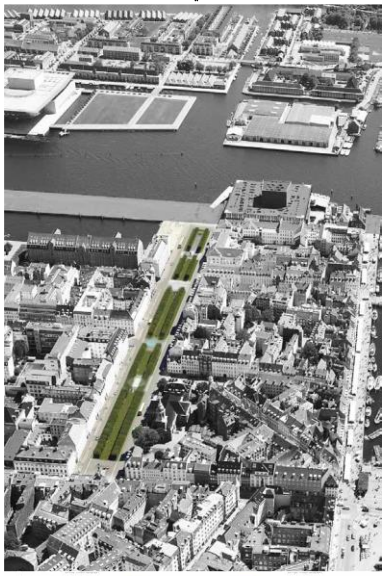
- **تستثمر كوبنهاغن** في بنية تحتية متقدمة لإدارة الفيضانات منذ وضع خطة إدارة الفيضانات السحابية (Cloudburst Management Plan) في عام ٢٠١٢، [61, 62, 63]، الشكل (٣). وتشمل الخطة إنشاء أنفاق تحت الأرض لنقل مياه الأمطار، وتحويل الطرق إلى طرق مائية، وإنشاء مناطق احتجاز للمياه مثل: الحدائق المائية كحديقة (T□singe Plads) التي يمكن أن تتحول إلى بحيرات خلال الفيضانات، ومشروع حدائق المطر في كوبنهاغن (Rain Gardens Project in Copenhagen)، و مشروع تعزيز التنوع البيولوجي والحياة البحرية (WWF) في ميناء كوبنهاغن من خلال تثبيت ١٠٠ وحدة من الحاضنات الاصطناعية للأسماك الصغيرة "Biohut" [64].
- **تعمل آرهوس على إحياء المناطق الطبيعية** كمشروع إعادة تأهيل نهر أرهوس (Aarhus River Project) لتحسين جودة المياه، وزيادة التنوع البيولوجي، وإنشاء مساحات ترفيهية خضراء. ومشروع حديقة حضرية(SPARK) لتجميع مياه الأمطار ومشروع استخدام الحلول الطبيعية (Nature-Based Solutions – NBS). ومشاريع حماية البيئة المائية (Water Environment Protection Project) وتعزيزالحياة البرية (Wildlife Enhancement Project) [65].



(أ) مخطط التدابير التكيفية بثلاث مستويات مخاطر لمناطق مستجمعات المياه في كوبنهاغن، المصدر: [61]



(ب) خطة إدارة الأمطار الغزيرة في كوبنهاغن عام ٢٠١٢ وتصميم المسطحات الحضرية، المصدر: [63]



(ج) مشروع تجديد ساحة القديسة آن (St. ANN Square project): شوارع وأزقة خضراء تراعي متطلبات السكان المحليين، واحترام جماليات المنطقة التاريخية، ومنع الفيضان والتكيف مع الأمطار الغزيرة، المصدر: [62]

(A) كثيب المدينة (The City Dune) (B) الأرشيف الوطني الجديد (The New National Archives) (C) فندق (TCC) وحديقة سطحه العامة

(د) خلق أسطح خضراء ومساحات حضرية تحوّل تحديات تغير المناخ إلى مرافق حضرية، كالاستخدام الترفيهي لمياه الأمطار وتخزينها والتبريد الطبيعي للفراغات، المصدر: [62]

الشكل ٣ بعض خطط ومشاريع إدارة الفيضانات ومياه الأمطار في كوبنهاغن، المصدر: [61, 62, 63]

- **تعمل أودنسه على إدارة مياه الأمطار:** بناء البنية التحتية الخضراء (مثل الأحواض المائية والمساحات المسامية) لمنع الفيضانات. كما تعمل على إعادة تأهيل الواجهة المائية وتحويل الموانئ الصناعية القديمة إلى مناطق سكنية وترفيهية خضراء، مثل مشروع (Odense Havn)، الذي يدمج المساحات الخضراء مع تقنيات امتصاص مياه

الأمطار. وعلى حماية التنوع البيولوجي والحفاظ على المساحات الطبيعية حول المدينة، مثل الأراضي الرطبة والغابات ومشروع تعزيز الحياة البرية في أودنسه (Wildlife Enhancement Project in Odense) [66].

٣-٦ مشاركة المجتمع والشركات

٣-٦-١- حملات توعية المجتمع

تعمل المدن الثلاث على إشراك المجتمع عبر الحملات التوعوية ومنصات التعاون وحملات التوعية بالاستدامة (Sustainability Awareness).

- **أهم حملات كوبنهاغن:** حملة مكافآت بوجبات وزيارات مجانية للمتاحف (CopenPay) لمكافأة السكان والزوار مقابل جمع القمامة واستخدام النقل العام وحملة التوعية بالاستدامة وتقليل البصمة الكربونية (Sustainability Awareness Campaign). حملة الموجة الخضراء (The Green Wave) لتشجيع استخدام الدراجات الهوائية وتقليل الاعتماد على السيارات وحملة كوبنهاغن للمناخ الذكي (Copenhagen Climate Smart) لزيادة الوعي بكفاءة الطاقة وخفض الانبعاثات في المنازل والمباني العامة [49].
- **أهم حملات أرهوس:** برامج تعليمية حول تقليل البصمة الكربونية للأفراد كحملة تحالف المناخ (Klimaalliancen Aarhus) لتعزيز التوعية حول تقليل انبعاثات الكربون. وبرامج مثل "أسبوع المناخ" وحملة مدينة آرهوس الخضراء (Green Aarhus City) لربط السكان بالزراعة الحضرية وحملة طاقة المستقبل (Future Energy Aarhus) للتوعية على الانتقال إلى الطاقة المتجددة [67].
- **أهم حملات أودنسه:** برنامج أودنسه الخضراء (Odense Green Initiative) لتشجيع السكان على تقليل الاستهلاك وتبني أنماط حياة مستدامة. وحملة أودنسه لتحفيز السكان على العمل المناخي (Odense Climate Action) وبرامج مبادرات المواطنين مثل (Climate Citizens) التي تُشرك السكان في زراعة الأشجار وترشيد الاستهلاك، مع منح دعم مالي للمشاريع الخضراء الصغيرة. حملة القلب الأخضر (The Green Heart) وحملة أودنسه الخالية من الكربون (Carbon-Free Odense) لتقليل النفايات وإعادة التدوير.

٣-٦-٢- مبادرات المواطنين والشراكات مع القطاع الخاص

- **خطة كوبنهاغن المناخية** (CPH 2025 Climate Plan) وحملة شركاء المناخ (Copenhagen Climate Partners) لتعزيز التعاون بين الشركات والمنظمات والأوساط الأكاديمية والتوعية حول تغير المناخ وتحفيز الإجراءات المناخية. وتشجيع الشركات على تبني حلول مستدامة، مثل استخدام السيارات الكهربائية في خدمات التوصيل. ومبادرة (Copenhagen Street Lab) ومبادرة (Sharing Copenhagen) [68].
- **دعم آرهوس للشركات للتحول إلى ممارسات مستدامة**، مثل خفض الانبعاثات في الصناعات والخدمات. وإشراك المدارس والجامعات والمواطنين عن طريق حملة توعية جامعة أرهوس بالتنوع البيولوجي (Aarhus University Biodiversity Campaign) وورش عمل لترشيد الاستهلاك.
- **تركز أودنسه** على دعم المشاريع المجتمعية الصغيرة، مثل الحدائق المجتمعية وورش إصلاح الدراجات. ومن أهم مبادراتها منصة (Symbiosis City) للتعاون بين الشركات المحلية لتبادل الموارد (مثل المياه والطاقة المهدورة)، حيث تُستخدم نفايات مصنع ما كمواد خام لمصنع آخر.

٣-٧ الابتكار والتقنيات الحديثة

٣-٧-١- المدينة الذكية

تلتزم جميع المدن المدروسة بالأهداف الوطنية الدنماركية للحد من الانبعاثات بحلول ٢٠٣٠.حيث تستثمر جميع المدن في التقنيات الحديثة لتعزيز الاستدامة باستخدام البيانات وأجهزة الاستشعار لتحسين استهلاك الطاقة في الإنارة العامة وإدارة الحركة المرورية [69, 56].

٣-٧-٢- مشاريع تقنية

- **مدينة كوبنهاغن رائدة بمشاريع احتجاز الكربون:** تجربة تقنيات احتجاز الكربون من محطات الطاقة مثل محطة (Amager Bakke) وتخزينه أو إعادة استخدامه [64].
- **تستكشف آرهوس** تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه (مشاريع محدودة حالياً).
- **تستكشف أودنسه** استخدام الهيدروجين كوقود نظيف للصناعات والنقل الثقيل من خلال مشاريع الهيدروجين الأخضر.

٣-٨ التعاون مع الجهات الوطنية والدولية

تعتبر المدن الدنماركية المدروسة جزء من شبكة المدن الذكية الأوروبية (EU Smart Cities Mission Partnership) لتحويل المدن إلى مراكز ذكية ومنخفضة الكربون، كما تعمل على الصعيد الإقليمي بمبادرة (Nordic Green Cities Initiative) لتعزيز البنية التحتية المستدامة بين مدن شمال أوروبا. كما يتم التعاون بين الحكومة المحلية والقطاع الخاص وتمويل الاتحاد الأوروبي بمشاريع مثل (Horizon 2020) الذي ساهم في تخطي هذه العقبات، وتعزيز الحوافز الضريبية للشركات الخضراء [45].

- **انضمت كوبنهاغن** إلى مبادرة (C40 Cities) لتبادل الخبرات مع مدن عالمية لتعزيز الاستدامة والتكامل مع السياسات الوطنية ودعم أهداف الدنمارك لخفض الانبعاثات بنسبة ٧٠٪ بحلول ٢٠٣٠. كما أقامت كوبنهاغن الاجتماع الوزاري للمناخ (Copenhagen Climate Ministerial Meeting) كمنصة لمناقشة قضايا المناخ العالمية مع قادة العالم. ومبادرة التعاون مع المدن العالمية (Global Cities Climate Cooperation Initiative) لتبادل الخبرات. كما شاركت كوبنهاغن بمبادرة الترويكا لمنتدى المناخ (Climate Forum Troika Initiative) مع الإمارات وأذربيجان والبرازيل لتعزيز العمل المناخي وتحقيق أهداف اتفاق باريس [70].

- **انضمت آرهوس** إلى مبادرات مثل "ميثاق رؤساء البلديات للمناخ والطاقة" لتبادل الخبرات والحصول على تمويل من الاتحاد الأوروبي للحد من الانبعاثات بنسبة ٧٠٪ بحلول ٢٠٣٠. ومن أهم مبادراتها مختبر آرهوس للطاقة (Aarhus Energy Lab) وتجربة تقنيات ذكية لدمج الطاقة المتجددة في الشبكة، مثل أنظمة تخزين الطاقة والذكاء الاصطناعي لإدارة الاستهلاك. ومشروع (DOLL Living Lab) وهو منصة مفتوحة لاختبار حلول الإضاءة الذكية وتقنيات الحد من الانبعاثات في الأماكن العامة.
- **تعتمد أودنسه** على الشبكات الإقليمية مثل شبكة مدن بحر البلطيق للاستدامة لتعزيز التعاون في مشاريع الطاقة المتجددة. والشراكات مع الجامعات مثل برنامج التعاون الأكاديمي للمناخ بين أودنسه وجامعة كوبنهاغن والتعاون

مع جامعة جنوب الدنمارك (SDU) ومعاهد البحث لتطوير حلول مبتكرة، مثل أنظمة التدفئة الذكية. وتختبر أودنسه الحلول المبتكرة مثل إنارة الشوارع بالطاقة الشمسية، وأنظمة ذكية لإدارة استهلاك الطاقة في المنازل في مختبر المدينة الذكية (Smart City Lab) ولديها شراكات عالمية في مجال أنظمة التدفئة والتبريد المستدامة ولتطوير أنظمة تدفئة حيوية وكهربائية [71].

٣-٩ المراقبة والتقييم

لدى المدن الدنماركية الثلاث نظام لقياس الانبعاثات من خلال المراقبة المستمرة للتقدم نحو الأهداف باستخدام مؤشرات واضحة. كما تعمل على التكيف مع التحديات بتحديث استراتيجياتها بناءً على التطورات التكنولوجية والتغذية الراجعة المجتمعي [49].

٤. المناقشة والدروس المستفادة

4-1 أهم الدروس من تحول الدنمارك إلى رمز عالمي للاستدامة

- **لم تكن أجندة الدنمارك الخضراء مجرد موقف أخلاقي، بل كانت أيضاً استراتيجية اقتصادية عملية.** وقد ساعد التحول إلى الطاقة المتجددة والبنية التحتية المستدامة بتوفير التكاليف على المدى الطويل وتعزيز المرونة الاقتصادية. تمكنت الدنمارك من نسج هذه الدوافع معاً في استراتيجية متماسكة. فلم تتعامل مع الاستدامة كهدف مستقل، بل كتحدٍّ مترابط يتطلب التعاون بين القطاعات. واقترنت السياسات الجريئة بنشاط شعبي، وتماشت التأثيرات العالمية مع الاحتياجات المحلية. لم تكن النتيجة مجرد مدن تتكيف مع التغيير، بل مدن تقوده.
- **تُظهر الدراسة أن الحياد المناخي قابل للتحقيق عبر تكامل السياسات والابتكار والمشاركة المجتمعية،** حيث تمكنت المدن الدنماركية بفضل الاستراتيجيات المبتكرة والمتكاملة التي نفذتها أن تضع نفسها كـــنماذج عالمية للمدن المستدامة، بجمعها بين النمو الاقتصادي المحلي وحماية المناخ والعدالة الاجتماعية ومن خلال مشاريعها الرائدة في كل من مجالات: (التحول إلى الطاقة المتجددة- تحسين كفاءة الطاقة في المباني- النقل المستدام- إدارة النفايات والاقتصاد الدائري- التخطيط الحضري الأخضر والتكيف مع التغير المناخي- مشاركة المجتمع والشركات- تحفيز الابتكار والتقنيات الحديثة- التعاون مع الجهات الوطنية والدولية، وصولاً إلى المراقبة والتقييم مع تأمين رفاهية وجودة حياة عالية لسكانها جنباً إلى جنب مع الأهداف البيئية).
- **تمكنت المدن الدنماركية المدروسة من خلال الاستثمار في الابتكار والتخطيط طويل المدى، بالإضافة إلى التعاون بين القطاعين العام والخاص، والدعم المالي الحكومي، والحملات التوعوية** من تخطي العديد من تحديات التمويل الباهظ وصعوبة تحقيق التوازن بين النمو الحضري وخفض الانبعاثات لتحقيق أهدافها وتغيير سلوكيات المجتمع والعادات اليومية وتحويل التحديات إلى فرص اقتصادية.
- **يؤثر المنظور السياسي السائد والأنشطة الدولية وسياسة المناخ الدولية وسياق الحوكمة متعدد المستويات إيجاباً على المستويات المحلية في جميع دول العالم.** حيث تعزز اجتماعات المدن الطامحة وعقود المدن المناخية (CCC) على تفعيل وتوحيد الجهود وتفاعل المدن مع بعضها البعض، وعلى نقل التجارب الرائدة على المستوى المحلي ومشاركة المواطنين بها بما يتماشى مع رؤية المدينة واستراتيجياتها وخططها المحلية.

- **تعزز المشاركة المجتمعية وإشراك المواطنين قبول التحول الأخضر وتُسرع تنفيذه،** وذلك من خلال تنظيم حملات للتوعية على مستوى المدينة وبالتعاون مع المنظمات غير الحكومية، وبرامج وأنشطة تعليمية تتيح أشكالاً مُبسطة للفهم والمشاركة لجميع القطاعات وتخلق مساحات للتفاعل مع المواطنين. **كما يساعد تقديم الدعم المالي للمنظمات والأفراد** الراغبين في المشاركة والمشاريع الصغيرة صديقة البيئة في تحقق رؤية المدينة الشاملة.

٤-٢ النهج المحلي التشاركي المقترح لمدننا العربية

تضع أغلب الدول النامية خططاً لتقليل الانبعاثات مشروطة بالحصول على الدعم المالي والتكنولوجي من الدول المتقدمة. إن مساهمة الدول النامية ليست اختيارية، بل ضرورية لإنقاذ النظام المناخي العالمي، لكنها تتطلب دعماً عاجلاً لتجاوز فجوة التمويل والتكنولوجيا. إن تقديم هذا الدعم من الدول المتقدمة يضمن مساهمة الدول النامية والفقيرة في خفض الانبعاثات والتحول الأخضر ويحقق العدالة المناخية. إن خطط تقليل الانبعاثات في مدننا العربية يجب أن تعتمد استراتيجيات تكيف مرحلية مبتكرة وذكية تحقق التوازن بين الحفاظ على النسيج القائم وتفرده وخصائصه المحلية والتاريخية وبين اعتماد معايير الاستدامة والأهداف المناخية؛ وذلك من خلال نهج تشاركي يربط المجتمع المحلي ويشركه في العمل المناخي من خلال خطوات تطبق على المستوى التخطيطي لمدننا، وعلى المستوى التصميمي لمفرداتها العمرانية، وعلى مجتمعاتها وشاغليها:

٤-٢-١- على المستوى التخطيطي:

١. **الابتكار في ترقية وإدارة مراكز المدن والمراكز التاريخية،** عبر مشاريع الإحياء والتجديد الحضري وتقديم الخدمات العامة، بما في ذلك التكنولوجيات الجديدة نحو مدن تاريخية ذكية.
٢. **وضع استراتيجيات وسياسات وطنية للتكيف مع تغير المناخ بأطر تشريعية وتنفيذية محلية** والعمل على بناء بنية تحتية مرنة. بالإضافة إلى أطر الحوكمة الفعالة لإدارة عملية التحول، والتعامل مع المخاطر، وضمان توافق السياسات مع أهداف المناخ.
٣. **التحول الطاقوي والاقتصادي التدريجي:** البدء بالتحول المتوافق مع سياسة المناخ بوتيرة موائمة من خلال إعادة الهيكلة لقطاعات مثل السياحة والنقل، وتحديد مراحل متتالية للانتقال إلى اقتصاد يعتمد على تنويع المصادر الطاقوية والاعتماد على الطاقات المتجددة.
٤. **توفير الطاقة المتجددة بطريقة غير مباشرة للمدن القديمة والنسج القائمة:** وذلك بتوفير الطاقة النظيفة عبر محطات خارج المدينة (مثل مزارع الرياح أو الشمسية) لتجنب تشويه المنظر الجمالي.
٥. **التخطيط التكاملي والاستخدام الذكي للأراضي الفارغة ولظهير النسج القائمة:** حيث تعتمد التحولات الناجحة إلى مدن محايدة مناخياً ومرنة إلى حد كبير على كيفية الاستفادة من شكلها الحضري الحالي. حيث يمكن لهذه القيود والعقبات أن تجعل التحولات مختلفة، من خلال استفادة المدن الحالية والنسج القائمة من أوجه التكامل القائمة مع مناطق فارغة أو أكثر حداثة والتي تجعل التحولات أسهل مما هي عليه.
٦. **التخطيط الحضري الأخضر والبنية الخضراء:** بإنشاء حدائق عمودية أو مسطحات خضراء في المناطق المسموح بها، وتخضير الأسطح والشرفات.

٧. **النقل الذكي والمنخفض الكربون:** بتقليل الاعتماد على السيارات لصالح البدائل الصديقة للبيئة كتعزيز المشي وركوب الدراجات، وتوسيع النقل الكهربائي (مثل الحافلات الكهربائية أو الترام).

٤-٢-٢- على مستوى المباني القائمة:

١. **الحوافز المالية والدعم الحكومي وتحفيز الشراكات لتغطية فجوة تكاليف الترميم المستدام:** بتقديم منح تغطي ٢٠-٤٠٪ من تكاليف تحديث أنظمة الطاقة في المباني القائمة، شريطة استخدام تقنيات غير مرئية من الخارج.

٢. **تعزيز إعادة الاستخدام والتدوير:** يقلل إعادة استخدام مواد البناء الموجودة في المواقع القائمة من النفايات. بينما يدعم إعادة الاستخدام التكيفي للمباني القائمة والتاريخية التنمية المستدامة ويعمل على إطالة عمر المباني.

٣. **الاستثمار في الابتكار والتكنولوجيا من خلال دعم وتحفيز مشاريع ومبادرات الترميم الأخضر وإعادة تأهيل المباني القديمة بشكل مسؤول بيئياً من خلال:**

-**استخدام مواد بناء تقليدية محسنة** (مثل المزج بمواد عازلة).

-**استخدام أنظمة تدفئة وتبريد منخفضة الانبعاثات لتقليل الأثر البيئي.**

-**استخدام تقنيات التهوية الذكية لتقليل استهلاك الطاقة.**

-**تركيب الألواح الشمسية** على الأسطح الخلفية في المباني القديمة بشكل غير مشوه للواجهات وإدخالها في تصميم وتعديلات الأسقف وموادها في المباني الجديدة وعند إعادة الاستخدام للحفاظ على جمالية المدينة).

-**استخدام إضاءة مستدامة منخفضة الاستهلاك** LED تناسب تصميم المباني وتحاكي التصميم التقليدي.

٤. **تحسين كفاءة الطاقة في المباني ذات الملامح المعمارية المميزة والتاريخية مع الحفاظ على الهوية المعمارية من خلال:** - **استخدام العزل الحراري الداخلي:** بتركيب مواد عازلة حرارية داخل الجدران والأسقف، بدلًا من تعديل الواجهات الخارجية التي تحمل قيمة جمالية أو تاريخية.

- **استخدام النوافذ المزدوجة:** باستبدال النوافذ القديمة بنوافذ مزدوجة تحاكي التصميم الأصلي، مما يخفض فقدان الحرارة بنسبة ٣٠٪ دون تغيير المظهر الخارجي.

٤-٢-٣- على المستوى المجتمعي:

١. **المشاركة المجتمعية ودعم السياسات:** يُمكن لإشراك المجتمعات المحلية في الحفاظ على المدن وترقيتها أن يُعزز الشعور بالملكية ويُشجع ممارسات الحفاظ على ذاكرة المكان والسياحة المستدامة. يُمكن لصانعي السياسات دعم هذه الجهود من خلال تطبيق حوافز مالية لإدارة النسج المُستدامة.

٢. **حملات توعية وتثقيف مجتمعية** تشرح فوائد التحديث البيئي للمباني القائمة على المدى الطويل للتخفيف من مقاومة المالكين والهام المجتمعات على تبني ممارسات مستدامة، وإشراك المجتمع المدني والشركات ومؤسسات البحث المحلية في العمل المناخي.

٣. **تعزيز المعرفة البيئية المحلية التقليدية** فغالباً ماتجسد النظم الثقافية التقليدية ممارسات مستدامة تحقق توازن مجتمعات المدن الأصليين مع الطبيعة، وتمنحهم القدرة على الاستجابة بفعالية لتغير المناخ.

٥. الخاتمة

الحياد المناخي ليس مجرد تحدٍّ تقني، بل هو تحوّل مجتمعي يتطلب الابتكار والإنصاف والتعاون العالمي. وعلى الرغم من تعقيد المسار إلا أن مبادئ إزالة الكربون بشكل جذري والتكامل التخطيطي المستدام تُشكّل خارطة طريق. تتعدد تطبيقات الحياد المناخي من الطاقة المتجددة إلى المدن الذكية مناخياً، لكن النجاح يعتمد على سياسات الحوكمة والمشاركة العامة. فبينما تسعى الدول جاهدةً نحو مستقبل خالٍ من الانبعاثات، يجب أن يظل الحياد المناخي مسعىً عادلاً وشاملاً ومدفوعاً بالعلم لحماية الناس وكوكب الأرض. وتعتمد رحلة العالم العربي نحو الحياد المناخي على تحويل نسيجه الحضري من مصدر للكربون إلى مستهلك له. ومن خلال دمج الحكمة التقليدية مع التصميم الحضري المبتكر، يمكن للمنطقة التخفيف من آثار تغير المناخ مع تعزيز قدرتها على الصمود. فالتخطيط الحضري المستدام في السياق العربي يجب أن يكون قائماً على الثقافة، ومتكيفاً مع التكنولوجيا، وشاملاً، بما يضمن بقاء المدن وازدهارها في مستقبل ما بعد الكربون.

المراجع

[1] M. Hassan and H. Xie, Climate Change and Conservation of Coastal Built Heritage, Singapore: Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2020.
[2] United Nations (UN), "Climate Change Reports," 2016. [Online]. Available: https://www.un.org/ar/climatechange.
[3] C. Rosenzweig, W. Solecki, P. Romero-Lankao, S. Mehrotra, S. Dhakal and S. A. Ibrahim, Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network, Cambridge: Cambridge University Press, 2018.
[4] S. Hallegatte, G. Colin,. N. Robert and J. Corfee-Morlot, "Future flood losses in major coastal cities," Nature Climate Change, pp. 802-806, 2013.
[5] World Bank, "World Bank Open Data," 2025. [Online]. Available: https://www.worldbank.org.
[6] L. Sturiale and A. Scuderi, "The Role of Green Infrastructures in Urban Planning for Climate Change Adaptation," Climate, vol. 7, no. 10, p. 119, 2019.
[7] H. Pan, J. Page, R. Shi, C. Cong, Z. Cai, S. Barthel, P. Thollander, J. Colding and Z. Kalantari, "Contribution of prioritized urban nature-based solutions allocation to carbon neutrality," Nature Climate Change, vol. 13, p. 862–870, 2023.
[8] A. A. N. Alabsi, Y. Wu, A. F. Koko, K. M. Alshareem and R. Hamed, "Towards Climate Adaptation in Cities: Indicators of the Sustainable Climate-Adaptive Urban Fabric of Traditional Cities in West Asia," Applied Sciences, vol. 11, no. 21, p. 10428, 2021.
[9] K. Javanroodi, A. Perera, T. Hong and V. M. Nik, "Designing climate resilient energy systems in complex urban areas," Advances in Applied Energy, vol. 12, p. 100155, 2023.
[10] Y. Elsheshtawy, Planning Middle Eastern Cities: An Urban Kaleidoscope, London: Routledge, 2019.
[11] A. M. .. SALAMA, "Urban Traditions in the Contemporary Lived Space of Cities on the Arabian Peninsula," TDSR, vol. 25, no. 1, 2015.
[12] UNFCCC, "Beginer’s Guide to Climate Neutrality," 2021.
[13] IPCC, "Climate Change 2021: The Physical Science Basis," Cambridge University Press, Cambridge, 2021.
[14] J. Zheng, X. Hou, H. Duan and S. Wang, "Where we are and where we will go to achieve carbon neutrality: A review of quantitative socioeconomic modeling research," Fundamental Research, vol. 4, no. 6, pp. 1696-1709, 2024.
[15] E. Baldwin, "CopenHill: The Story of BIG's Iconic Waste-to-Energy Plant," ArchDaily, 07 October 2019.
[16] Climate and Clean Air Coalition (CCAC), "Climate and Clean Air Coalition (CCAC) Secretariat and is hosted by the UN Environment Programme," 2025. [Online]. Available: https://www.ccacoalition.org./
[17] The European Parliament, "EU measures against climate change," The European Parliament, 2018.
[18] F. Simon, "EU Commission unveils 'European Green Deal': The key points," EURACTIV, 2019.
[19] United Nations High Commissioner for Refugees, "Climate Change," 2022. [Online]. Available: https://www.unhcr.org/europe/.

[20] The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), "IPCC Sixth Assessment Report (AR6, 2021-2023)," 2023. [Online]. Available: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/.
[21] The International Energy Agency (IEA), "Net Zero by 2050," 2021. [Online]. Available: https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050.
[22] The International Energy Agency (IEA), "World Energy Outlook," 2023. [Online]. Available: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023.
[23] United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), "Nationally Determined Contributions Registry," 2025. [Online]. Available: https://unfccc.int/NDCREG.
[24] Climate Action Tracker (CAT), "China," 2024. [Online]. Available: https://climateactiontracker.org/countries/china/.
[25] Climate Action Tracker (CAT), "EU," 2024. [Online]. Available: https://climateactiontracker.org/countries/eu/.
[26] Climate Action Tracker (CAT), "US," 2024. [Online]. Available: https://climateactiontracker.org/countries/us/.
[27] Global Energy Monitor (GEM), "Global Coal Plant Tracker," 2023. [Online]. Available: https://globalenergymonitor.org/projects/global-coal-plant-tracker/.
[28] Global Carbon Project, "Global Carbon Project," 2025. [Online]. Available: https://www.globalcarbonproject.org/.
[29] European Commission, "European Green Deal," 2025. [Online]. Available: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en.
[30] T. Gore, "Carbon Inequality in 2030: Per capita consumption emissions and the 1.5°C goal.," 2021. [Online]. Available: https://www.oxfam.org/en/research/carbon-inequality-2030.
[31] UN Climate Change, "Conference of the Parties (COP)," UN Climate Change, 2024.
[32] SuHiTo, "Sustainable Historic Towns (SuHiTo). [Project Report 2011–12]," Urban Heritage Good for the Climate!, 2012.
[33] T. S. Guttormsen, "Verdifull fortid for fremtidens by.," 2016. [Online]. Available: http://forskning.no/blogg/kulturminnebloggen/dendype-byen.
[34] K. Lillevold and H. Haarstad, "The deep city: cultural heritage as a resource for sustainable local transformation.'," Local Environment, vol. 4, pp. 329-341, 2019.
[35] R. Van de Noort, Climate Change Archaeology: Building Resilience from Research in the World's Coastal Wetlands., Oxford: Oxford University Press, 2013.
[36] S. Campbell, "Green Cities, Growing Cities, Just Cities?: Urban Planning and the Contradictions of Sustainable Development," Journal of the American Planning Association, vol. 62, no. 3, p. 296–312, 1996.
[37] H. Karimi, M. A. Adibhesami, S. Hoseinzadeh, S. Movafagh, B. M. Estalkhsari and D. A. Garcia, "Solar energy integration in heritage buildings: A case study of St. Nicholas Church," Energy Reports, vol. 11, pp. 4177-4191, 2024.
[38] C. Unger, "The Climate and Clean Air Coalition," 2024.
[39] C. Unger, . A. M. Kathleen and G. Konrad , "A club's contribution to global climate governance: the case of the Climate and Clean Air Coalition".Palgrave Communications volume 6, Article number: 99, ٢٠٢٠.
[40] C. A. Nucci, "Città intelligenti e neutralità climatica: verso la transizione energetica.," Istituto Lombardo - Accademia Di Scienze E Lettere - Rendiconti Di Scienze., 2023.

[41] M. Surma, "Green infrastructure planning as a part of sustainable urban development – case studies of Copenhagen and Wroclaw," Proceedings of the Latvia University of Agriculture Landscape Architecture and Art, vol. 3, pp. 22-32, 2013.
[42] H. Nordh and A. S. Olafsson, "Plans for urban green infrastructure in Scandinavia," Journal of Environmental Planning and Management, vol. 5, pp. 883-904, 2020.
[43] E. Commission, "European Commission," 2025. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/.
[44] Odense Municipality, "Carbon Neutrality Report 2020," 2025. [Online]. Available: https://www.odense.dk./
[٤٥] European Commission, "Horizon Europe," 2025. [Online]. Available: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en.
[٤٦] Danish Ministry of Climate, Energy and Utilities, "Denmark's Integrated National Energy and Climate Plan .٢٠١٩ ",[Online]. Available: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-01/dk_final_necp_main_en_0.pdf.
[47] S. Srivastava and S. F. Director, "The Sustainable City: Learning from Copenhagen's Plan for Zero Carbon," 2022. [Online]. Available: https://www.spur.org/news/2022-08-31/sustainable-city-learning-copenhagens-plan-zero-carbon.
[48] S. E. A. M. T. K. W. A. S. S. P. C. P. J. S. A. T. R. Poulsen, "The COOLGEOHEAT project: Geothermal 5th generation district heating and cooling (Geo5GDHC/thermonet) in Denmark, EGU General Assembly 2022, EGU22-9313,,"Vienna, Austria, 2022.
[٤٩] M.-I. Petrea and I.-M. Ursache, "Inside the world's most sustainable smart city: Lessons from Copenhagen.," in European Smart Cities for Sustainable Development-SmartEU 2023, 2023.
[٥٠] H. Elf ،Utilization of geothermal energy with focus on Denmark-Master Thesis-ISSN 0282-1990, ٢٠١٠.
[٥١] A. N. Andersen and M. Murkowska, "A Showcase for Resilient and Sustainable District Heating in Denmark," CONECT. International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies, 24, 2024.
[٥٢] Ramboll and City of Copenhagen, "Copenhagen Solutions for Sustainable Cities," 2014. [Online]. Available: https://international.kk.dk/sites/default/files/2021-09/Copenhagen%20Solutions%20for%20Sustainable%20cities.pdf.
[٥٣] Henning Larsen Architects, "Climate Resilient Block," 2024. [Online]. Available: https://henninglarsen.com/projects/climate-resilient-block.
[٥٤] Klimakarréen for Københavns Kommune. [Film]. Copenhagen: Video for: Municipality of Copenhagen - Technical and Environmental Management. Video by: Christian Brems, 2020 .
[٥٥] State of green, "Copenhagen: A Green Capital," 2025. [Online]. Available: https://stateofgreen.com/en/solution-providers/city-of-copenhagen./
[٥٦] V. Peštová, "Sustainable Urban Development: Case Study Copenhagen," in Proceedings of the EDAMBA 2021 Conference, Bratislava, Slovakia, 2021.
[٥٧] L. B. Jensen, "Odense Letbane," 2018. [Online]. Available: https://www.sdu.dk/-/media/files/om_sdu/centre/lifecycleengineering/student_reports_2018/18m70_lars_bo_jensen.pdf.

[٥٨] U. Kozminska, "Circular Economy in Nordic Architecture. Thoughts on the process, practices, and case studies.," IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 588. No. 4., 2020.
[٥٩] State of green, "Your entry point to Denmark's green transition," 2025. [Online]. Available: https://stateofgreen.com/en/.
[٦٠] The International Union of Architects Competitions & Prizes 2023-2026 (UIA awards), "CopenHill," [Online]. Available: https://uia.awardsplatform.com/gallery/OlOjbrDP/lWmdYagK. [Accessed 2025].
[٦١] The City of Copenhagen, "Cloudburst Management Plan 2012," 2012. [Online]. Available: https://interlace-hub.com/sites/default/files/cph_-_cloudburst_management_plan.pdf.
[٦٢] A. Innocenti, "EU-China resilience and adaptation to climate change. Online discussion between Chinese and European experts," 2020. [Online]. Available: https://www.iuc-asia.eu/wp-content/uploads/2020/05/03-Innocenti-Green-infrastructure_webinar_28may2020_alberto_innocenti.pdf.
[٦٣] Interlace project, "Cloudburst Management Plan - Copenhagen," 2012. [Online]. Available: https://interlace-hub.com/cloudburst-management-plan-copenhagen. [Accessed 2023].
[٦٤] M. Gobbo , M. Rizzi and M. Thorbjornsen, "CHANGING CITIES: Copenhagen – Redefining Urban Living Through Green Architecture and Social Innovation.," 2025. [Online]. Available: https://mondointernazionale.org/en/focus-allegati/changing-cities-copenhagen-redefining-urban-living-through-green-architecture-and-social-innovation.
[٦٥] N. Riegels , A. Lynggaard-Jensen, J. Krogsgaard Jensen , N. Vanessa Gerner, G. Anzaldua, O. Mark, M. Butts and S. Birk , "Making the ecosystem services approach operational: A case study application to the Aarhus River, Denmark," Science of The Total Environment, vol. 707, 2020.
[٦٦] B. Svennevig, "Collaboration on Odense Fjord and Fyn to Inspire Other EU Countries," 2024. [Online]. Available: https://www.sdu.dk/en/forskning/sdu-climate-cluster/news/arcadia.
[٦٧] M. Pagano, "Climate Legal Mobilization Under the New Aarhus Regulation," German Law Journal , vol. 25, no. 6, pp. 919-934, 2024.
[٦٨] K. B. Hansen and A. Agger, "Copenhagen CO2 neutrality in 2025? A polycentric analysis of urban climate governance in Copenhagen 2006–2020," Environmental Policy and Governance, vol. 33, no. 3, pp. 288-300, 2023.
[٦٩] Nordic innovation, "Nordic Transition Partnership for Climate Neutral Cities 2030 (NTP)," 2022. [Online]. Available: https://www.nordicinnovation.org/programs/nordic-transition-partnership-climate-neutral-cities-2030-ntp.\
[٧٠] "C40 Cities," 2025. [Online]. Available: https://www.c40.org/.
[٧١] Danfoss, "Danfoss Case Study," 2025. [Online]. Available: https://www.danfoss.com/.