

الستراتيجيات التصميمية المنفعلة لتعزيز التهوية الطبيعية في الأبنية

"انتخاب الاستراتيجيات التصميمية المنفعلة لتحقيق التهوية الطبيعية في البيئة العمرانية العراقية ذات المناخ الحار الجاف"

د. غادة محمد اسماعيل عبد الرزاق كموونة

مدرس

قسم هندسة العمارة في كلية الهندسة - جامعة بغداد

الخلاصة

تُعد التهوية الطبيعية في الأبنية، إحدى الاستراتيجيات الفعالة لتحقيق كفاءة استخدام الطاقة في الأبنية عن طريق توظيف طرق وأساليب التصميم المنفعلة، فضلاً عن كفاءتها في توفير مديات عالية من الراحة الحرارية لشاغلي الأبنية ورفع إنتاجيتهم. ولأن مفهوم التهوية الطبيعية للكثير من الناس إقتصر في تحقيقه عن طريق النوافذ والفتحات فحسب، إقتضى الأمر توفير هذه الورقة البحثية لبيان استراتيجيات التصميم المنفعلة للتهوية الطبيعية. من ثم، تمثلت المشكلة البحثية ب: عدم كفاية المعرفة حول أهمية، وآلية تطبيق الاستراتيجيات التصميمية المنفعلة للتهوية الطبيعية في الأبنية. أما هدف البحث فهو: تحليل الاستراتيجيات التصميمية المنفعلة لتحقيق التهوية الطبيعية في الأبنية، بغرض إنتقاء المناسب منها للبيئة العمرانية العراقية. وعليه، تضمن البحث جانبين: الجانب النظري، الذي إستعرض الإطار المفاهيمي للتهوية الطبيعية، وإستنباط أهم الجوانب فيها، بغرض تنبيهها بمثابة أساس للجانب التطبيقي (العملي) من البحث. والجانب التطبيقي (العملي)، الذي تناول تحليل مجموعة أمثلة لأبنية وظفت الاستراتيجيات التصميمية المختلفة للتهوية الطبيعية وفقاً للإطار النظري الذي جرى إستنباطه. بالنتيجة، توصل البحث الى ضرورة تبني الاستراتيجيات التصميمية المنفعلة المختلفة للتهوية الطبيعية في البيئة العمرانية العراقية ذات المناخ الحار الجاف، لما لها من أثر فعّال في تقليل الطاقة المصروفة لأغراض التهوية والتبريد، فضلاً عن كفاءتها في تحسين جودة الهواء في البيئات الداخلية للأبنية.

كلمات رئيسية: التهوية الطبيعية، تأثير المدخنة، التصميم المنفعلة، التصميم البيئي المستدام.

Passive Design Strategies to Enhance Natural Ventilation in Buildings

"Election of Passive Design Strategies to Achieve Natural Ventilation in Iraqi Urban Environment with Hot Arid Climate"

Dr. Ghada M. Ismael Abdul Razzaq Kamoona

Instructor

Architectural Department in Engineering College – Baghdad University

ghada2010mi@yahoo.com

ABSTRACT

The natural ventilation in buildings is one of effective strategies for achieving energy efficiency in buildings by employing methods and ways of passive design, as well as its efficiency in providing high ranges of thermal comfort for occupants in buildings and raises their productivity. Because the concept of natural ventilation for many people confined to achieve through the windows and openings only, become necessary to provide this research to demonstrate the various passive design strategies for natural ventilation. Then, research problem: Insufficient knowledge about the importance and mechanism of the application of passive design strategies for natural ventilation in buildings. The research objective is: Analysis of passive design strategies to achieve natural ventilation in buildings, for the purpose of the proper selection of them to Iraqi urban environment. Accordingly, the research included two parts: First, the theoretical part, which dealt with the conceptual framework of natural ventilation and deriving the most important aspects in it, in order to adopted as a base for the practical part of the research. Second: the practical part, which analyzed examples of buildings projects that employed various design strategies for natural ventilation, according to the theoretical framework that has been drawn. The main conclusion is, Necessity to adopt various passive design strategies for natural ventilation in Iraqi urban environment with hot dry climate, as they have a significant impact in reducing the energy consumption for the purposes of ventilation and cooling, as well as for its efficiency in improving air quality in indoor environments of buildings.

Key Words: Natural Ventilation, Stack-Effect, Passive Design, Sustainable Environmental Design.

المقدمة:

تساعد التهوية الطبيعية على رفع جودة الهواء في البيئات الداخلية للمبنى، وتحقيق مديات عالية من الراحة الحرارية لشاغليه، فضلاً عن المحافظة على صحتهم وتعزيز إنتاجيتهم، لا سيما إذا صُمم المبنى لتدوير الهواء النقي فيه بشكلٍ صحيح. ونظراً لما يعانيه العالم في القرن الحادي والعشرين من ظهور مشكلات بيئية جمة، ومنها مشكلة التلوث، وظهور مصادر تلوث جديدة داخل الأبنية، أدى بالنتيجة الى ضرورة تحقيق التهوية الطبيعية في الأبنية، بالأخص أن الإنسان يقضي أغلب وقته في البيئات الداخلية للأبنية، لا سيما في البيئة العمرانية العراقية ذات المناخ الحار الجاف، ولمواسم طويلة من السنة، لما يحمله المناخ الحار الجاف من إرتفاع في درجات الحرارة طوال اليوم تقريباً. بالنتيجة، أصبح موضوع توفير التهوية الطبيعية في البيئات الداخلية للمبنى، حاجة وضرورة ملحة، والتي لا ينبغي الإكتفاء بتحقيقها عن طريق النوافذ والفتحات فحسب، بل ينبغي تبني استراتيجيات تصميمية متعددة لتوفير التهوية الطبيعية داخل فضاءات المبنى، لاسيما الاستراتيجيات التصميمية المنفصلة لما تحمله من مزايا عدة والتي من أهمها، تحقيق مبنى مستدام بيئياً يعمل على ترشيد إستهلاك الطاقة، فضلاً عن تحسين جودة الهواء في بيئاته الداخلية.

1-1 استراتيجيات التصميم المنفصل (السلي):

تُشير استراتيجيات التصميم المنفصل (السلي Passive Design)، الى استخدام الوسائل والطرق الطبيعية، لأغراض توفير التهوية، والتبريد، والتدفئة، والإضاءة في الأبنية، والتقليل من الحاجة الى النظم الميكانيكية، بغرض تحقيق ظروف متوازنة للبيئة الداخلية للمبنى، والوصول الى مديات عالية من الراحة الحرارية لشاغليه، وذلك عن طريق توظيف الطاقات والعناصر الطبيعية، مثل: الأشعة الشمسية، والتهوية الطبيعية، والدورات المناخية الموسمية واليومية. وتستفيد التصميمات المنفصلة، من الطاقات الطبيعية المتجددة لتحقيق أقصى قدر من التهوية الطبيعية، والبرودة أو الحرارة، والإضاءة الطبيعية، عن طريق اعتماد استراتيجيات كفوءة في استخدام الطاقة، مثل: إختيار الشكل الملائم للمبنى وفقاً للمنطقة المناخية، وتوجيهه الصحيح نحو الأشعة الشمسية، وإستجابة المبنى للظروف المناخية والطبيعية المحيطة بالموقع، فضلاً عن استراتيجيات أخرى مُتضمنة في هيكل المبنى نفسه، مثل: توظيف كتلة المبنى بغرض تحقيق حلول التهوية الطبيعية لتفعيل التحرك الهوائي داخل فضاءات المبنى، مع توفير التبريد والتدفئة الإشعاعية، وتركيب الكوات السقفية (Skylights)، والعزل ومواد البناء المستخدمة، ووضع النوافذ وأبعادها وأشكالها وأساليب تظليلها، علاوةً على توفير المساحات الخضراء والمزروعات والمسطحات المائية، وغيرها من الحلول التصميمية المنفصلة (Yudelson, 2007).

وتتطلب النظم الموظفة للتصاميم المنفصلة، القليل من الصيانة، وتقلل من إستهلاك الطاقة الناضبة في المبنى، عن طريق تقليص أو حتى الإستغناء عن النظم الميكانيكية المُستخدمة لتنظيم درجات الحرارة والإضاءة داخل المبنى، أو عن طريق تقليل (وللحد الأدنى) من ذروة الأحمال المصروفة لأغراض التهوية، والتبريد، والتدفئة الميكانيكية في المباني، كما إنها تُقلل من إنبعاثات الكربون في المبنى. وبالنتيجة، تقلل المدة المطلوبة لأغراض التهوية والتكييف، مع تقليل حجم أجهزة تكييف الهواء الميكانيكية والتي غالباً ما تجلب معها مشكلات الضوضاء، ومتلازمة المباني المريضة، فضلاً عن كونها تتطلب صيانة وتكاليف تشغيلية أعلى مقارنةً بمثيلاتها من نظم التصميم المنفصلة (Building and Construction Authority, 2010).

ويتم تدفق الطاقة في التصميمات المنفصلة بوسائل طبيعية، منها: الإشعاع، والتوصيل، أو الحمل الحراري، ومن دون استخدام أي وسائل ميكانيكية. ويعتمد الحفاظ على بيئة مريحة داخل المبنى في المناخ الحار عموماً، على تخفيض نسبة الكسب الحراري داخل المبنى صيفاً، وتقليل الفقدان الحراري من المبنى شتاءً (Kamal, 2012).

1-2 مفهوم التهوية الطبيعية:

تُعد التهوية الطبيعية (Natural Ventilation)، نهجاً مهماً ومن طرق التصميم المنفصل للمباني الخضراء والمستدامة بيئياً، والتي تهدف الى توفير الراحة الحرارية والهواء النقي لشاغلي المبنى، لا سيما إذا تم تصميمه لتدوير الهواء الطبيعي من خارج المبنى الى داخله، ومن ثم توفير مساراً آخر لخروج الهواء من المبنى بتأثير "مفعول المدخنة (Stack-Effect)"، حيث يرتفع الهواء الساخن طبيعياً الى الأعلى، ليخرج من فتحات المبنى العليا، وأحياناً عن طريق الفناء الداخلي (Atrium) أو بئر

السُّلْم. وبإمكان التهوية الطبيعية أن توفرّ مديات عالية من الراحة الحرارية لشاغلي الأبنية حتى في حال كانت درجات الحرارة أكثر برودة أو سخونة بقليل عن المعتاد (Yudelso, 2007).

من ثم، تُعرّف التهوية الطبيعية على أنها: "العملية التي يتم عن طريقها توفير الهواء النقي الى فضاءات المبنى، ويتم إزالة الهواء الفاسد (غير النقي) منها". ويُعدّ الهواء في البيئة الخارجية عادةً نقياً لإحتوائه على الأوكسجين اللازم للتنفس. والهواء الفاسد، هو الهواء المحصور داخل الفضاءات المغلقة والحاوي على الملوثات، مثل غاز ثنائي أوكسيد الكربون (CO_2) والكائنات الدقيقة والروائح والجسيمات الناتجة عن المنسوجات والسجاد والطبخ، .. الخ. فضلاً عن ذلك، يُستخدم الهواء النقي لإزالة الحرارة المفرطة من الفضاء، من ثم تحسين الراحة الحرارية في فصل الصيف. وعادةً، يتم استخدام التهوية بمثابة آلية للتبريد، وتدفق الهواء المطلوب (Macquoy, 2014).

ويُستخدم مصطلح "التهوية الطبيعية"، للإشارة الى الحالة التي تحدث فيها حركات الهواء داخل أو عبر المباني من دون مساعدة أي آلة ميكانيكية لتحريكها (كإستخدام المراوح أو أجهزة تكييف الهواء).

وتُحقّق التهوية الطبيعية، ثلاث وظائف أساس في حياة الإنسان هي (Bin Ahmad and et al., 2006):

- التهوية من أجل صحة الإنسان وتعزيز إنتاجيته.
- التهوية من أجل تحقيق الراحة الحرارية لدى الإنسان.
- التهوية من أجل تحقيق التبريد الهيكلي للمبنى.

وبغرض تحقيق كفاءة الإستخدام الطاقوي الأمثل، والتصميم البيئي المستدام للمباني، ينبغي تحسين تصاميم المباني لسحب الهواء النقي النظيف من البيئة الخارجية الى البيئات الداخلية للمباني عبر فتحاتها. ويتحقق تعزيز التهوية الطبيعية في الأبنية، ضمن نطاق البيئة العمرانية عن طريق الآتي (Building and Construction Authority, 2010):

1. إزالة تراكم الحرارة في المناطق الحضرية الكثيفة.
2. الحدّ من إستهلاك الطاقة الناضبة، لا سيما وسائل التهوية الميكانيكية.
3. تحسين راحة الإنسان داخل فضاءات المبنى.
4. زيادة القدرة على التحكم بالسيطرة على مديات الراحة الحرارية داخل فضاءات المبنى.
5. تحسين جودة الهواء في البيئات الداخلية للمبنى.

إجمالاً، تُعدّ التهوية الطبيعية في فضاءات الأبنية، إحدى استراتيجيات تقليل أو حتى الحدّ من الطلب على الطاقة الميكانيكية في المبنى. بالنتيجة، يتطلب التصميم الناجح للمبنى الذي تمت تهويته بشكل طبيعي، فهماً جيداً لأنماط تدفق الهواء من حوله، وتأثير المباني المجاورة له. والهدف من ذلك، يكمن في تهوية أكبر نطاق ممكن من الفضاءات الداخلية للمبنى. ويعتمد تحقيق هذا الهدف، على موقع النافذة وأبعادها، والتصميم الداخلي لفضاءات المبنى وسلوكيات التحرك الهوائي المنفعل عبرها، فضلاً عن دراسة خصائص الرياح في موقع المبنى (سرعتها وإتجاهها) (Geetha and Velraj, 2012).

1-3 التهوية الطبيعية وجودة الهواء داخل فضاءات المبنى:

تأخذ جودة البيئة الداخلية في الأبنية بعين الإعتبار، الآثار الناتجة عن البيئات الداخلية للمبنى على صحة الإنسان، وأدائه، بما في ذلك جودة الهواء الداخلي والتهوية الطبيعية، وضوء النهار الطبيعي، والراحة البصرية والحرارية، ورؤية البيئة الخارجية المحيطة بالمبنى. وتسعى معايير كفاءة إستخدام الطاقة في المباني المستدامة بيئياً والمباني الخضراء الى تحسين جودة البيئة الداخلية عن طريق التصميم الذي يشمل: توفير التهوية الطبيعية، والتبريد والتدفئة المنفصلة المصممة بشكلٍ صحيح، وأنظمة تكييف الهواء، والنوافذ الذكية، والإستخدام الأمثل لضوء النهار الطبيعي، .. الخ.

غير أنه ومنذ سبعينيات القرن العشرين، والقلق يزداد حول الحفاظ على الطاقة الناضبة، حيث ظهرت مصادر جديدة للتلوث لا سيما في أماكن العمل (مصادر غازات الدفيئة)، عن طريق إستعمال الآت التصوير، والطابعات الليزرية، والمواد العضوية المتطايرة من مواد التنظيف، والطلاءات، والمواد اللاصقة، والمفروشات البلاستيكية، .. الخ. فضلاً عن التلوث

الناجم عن وسائط النقل، الذي إزداد بشكلٍ كبير، مُنتجاً أول أكسيد الكربون، وأكاسيد الكبريت والنيتروجين، والمُكتشف مؤخراً والأكثر خطورةً هو (PM10s)، وهو عبارة عن جزيئات الكربون التي قطرها أقل من (10 ميكرون) (كمونة، 2015).
بالنتيجة، تُعد التهوية الطبيعية، استراتيجية جيدة لتحقيق جودة هواء مثلى في البيئات الداخلية للأبنية. من ثم، يمكن تعريف جودة الهواء الأمثل في البيئات الداخلية للمبنى على أنه: "الهواء الذي هو خالٍ من الملوثات التي تسبب عدم الراحة والإزعاج، فضلاً عن إعتلال صحة شاغلي المبنى" (Kleiven, 2003).
وتختلف مصادر الملوثات داخل المباني تبعاً لأنواع البناء والشاغلين. ويمكن تصنيف الملوثات النمطية الى خمس فئات أساس، هي (Building and Construction Authority, 2010):

1. الملوثات الميكروبية (Microbial Contaminants).
2. غازات الدفينة المتسببة بحدوث ظاهرة الإحتباس الحراري (مثل: غاز أول أكسيد الكربون، وغاز ثنائي أكسيد الكربون، وغاز الرادون (Radon)، والأكاسيد النتروجينية والكبريتية، والمركبات العضوية المتطايرة (Volatile Organic Compounds)).
3. الجسيمات (Particulates).
4. المواد الكيميائية، (المذيبات وغيرها).
5. دخان التبغ البيئي (Environmental Tobacco Smoke (ETS)).

ومن أجل تقليل الملوثات في فضاءات المبنى والى أدنى حد ممكن، يتعين تزويد تلك الفضاءات بالهواء الخارجي عن طريق التهوية الطبيعية والذي ينبغي أن يكون هواءً نقياً قدر الإمكان. ويقاس تلوث الهواء بمستويات تركيز غاز ثنائي أكسيد الكربون (CO₂) فيه. ويحتاج كل شخص على الأقل الى تبديل (20 م³ في الساعة) من الهواء النقي للإلتزام بالقيمة المقبولة صحياً (1500 جزء في المليون لمستويات تركيز غاز (CO₂) في الغرفة). وإذا أخذت إنبعاثات المواد الصارة الموجودة في مكونات البناء بعين الإعتبار أيضاً، فإن هذا المستوى من تركيز (CO₂) لن يجعل الهواء نقياً وصحياً. ويوضح (الشكل 1) مستويات (CO₂) داخل الفضاءات المغلقة والتي بدورها تحدد جودة الهواء (Bauer and et al, 2010).
بالنتيجة، هناك ضرورة في تثبيت شاشات رصد غاز ثاني أكسيد الكربون (CO₂) داخل فضاءات المبنى، والتي تعمل وفق مبدأ رصد مستويات غاز (CO₂) في الفضاءات المشغولة، وذلك عن طريق إستخدام مستويات معروفة للتهوية، يمكن معرفة عدد الناس المتواجدين في الفضاء المرصود (تحت المراقبة). وبالنتيجة، يمكن ضبط معدلات التهوية الطبيعية، بحيث يتوفر دائماً عدة أمتار مكعبة من الهواء النقي في الساعة للشخص الواحد داخل الفضاء (الشكل 2).
ويغرض تحقيق تهوية طبيعية بشكلٍ فعال داخل فضاءات الأبنية، إقتضى معيار لييد (LEED) للمباني الخضراء والمباني المستدامة، تثبيت شاشات رصد (CO₂) على إرتفاع حوالي (0,9-1,8) م فوق مستوى سطح أرضية الفضاء (Yudelson, 2007).

1-4 التهوية الطبيعية ومفهوم الراحة الحرارية:

تشمل المحددات البيئية الأساس للراحة الحرارية عند الإنسان على: درجة حرارة الهواء، ودرجة حرارة السطح المشع، وسرعة الهواء، والرطوبة النسبية، ومعدل التمثيل الغذائي، والعازلية الحرارية للمبني (Building and Construction Authority, 2010).
كما إن معايير الراحة الحرارية الحرارية، وكما هو محدد من قِبَل الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد وتكييف الهواء (ASHRAE) عن طريق إعتمادهم الخارطة السيكرومتريّة، تشمل النظر في كل من: درجة الحرارة، والرطوبة النسبية. لذا، يتعين على المهندسين، تصميم أنظمة التهوية وتكييف الفضاء، بإستخدام الأساليب والمبادئ التوجيهية ل (ASHRAE).
وتُعرّف الراحة الحرارية في الفضاءات الداخلية للمبنى وفقاً لمنظومة التقييم لييد (LEED) للمباني الخضراء والمباني المستدامة على أنها: "الحالة الذهنية التي يمر بها شاغلو المبنى مُعبرين بها عن إرتياحهم للبيئة الحرارية المحيطة بهم".
وتتباين حدود الراحة الحرارية عند الإنسان في الفضاءات الداخلية للمبنى تبعاً لعدة عوامل، منها: الخصوصية المناخية، ونوع الجنس البشري (الرجال، والنساء)، والعمر، والتكوين الجسماني (النحافة والسمنة)، ونوع الفعالية داخل الفضاء، ونوع الملابس التي يرتديها الإنسان، والتي بمجملها تؤدي الى الشعور وبشكلٍ مختلف من حيث الراحة.
ويمكن تحقيق الراحة الحرارية في البيئات الداخلية للأبنية، عن طريق التصميم الدقيق والتخطيط، بما في ذلك التوجيه الستراتيجي للمبنى، ومكان النوافذ وأحجامها وأبعادها، واللون والملمس في الفضاءات الداخلية، وتحقيق التهوية الطبيعية في المبنى لتوفير الراحة والهواء النقي إذا تم تصميم المبنى لتدوير الهواء فيه بصورة طبيعية من الخارج الى الداخل، فضلاً عن تصميم كتلة المبنى لإلتقاط التهوية الطبيعية والإنارة الطبيعية، ومصادر الطاقات والموارد الطبيعية الأخرى (Yudelson, 2007).

وتُعد التهوية الطبيعية، إحدى الطرق الأساس لتوفير الراحة الحرارية والهواء النقي لشاغلي البيئات الداخلية للأبنية، لا سيما إذا تم تصميم المبنى لتدوير الهواء فيه بشكل صحيح، وبالأخص في ظروف المناخات الحارة الجافة والرطبة.

إجمالاً، تُستخدم التهوية الطبيعية في المبنى أثناء النهار لثلاثة أهداف عند تعلق الأمر بالراحة الحرارية (Kleiven, 2003):

1. تبريد هواء البيئات الداخلية للمبنى عن طريق إستبدال هواءها بالهواء الخارجي طالما كانت درجات حرارة الهواء الطلق أقل من درجات الحرارة في البيئات الداخلية للمبنى (أقل من 33م°).
2. تبريد هيكل المبنى.
3. تأثير التبريد المباشر على الجسم البشري عن طريق الحمل الحراري والتبخّر.

وتشير الدراسات الى أن الأشخاص في البيئات ذات المناخ الحار يشعرون بالراحة في درجات حرارة أعلى من الأشخاص في بيئات المناخ البارد، حيث تربط المعادلة الآتية بين درجة الراحة الحرارية ومعدل درجات حرارة الهواء الخارجي:

$$CT = 0.534 (T \text{ mean}) + 11.9$$

حيث أن: CT = درجة الراحة الحرارية (Comfort Temperature).

$$T \text{ mean} = \text{معدل درجات حرارة الهواء الخارجي} = \frac{2}{(T \text{ max} + T \text{ min})}$$

وتتناول التوجهات الحديثة لتوفير البيئة الداخلية المريحة للشاغلين، مفهوم "الشاغل الفعّال (Active Occupant)" أو "المستخدم الفعّال (Active User)" والذي له دور مؤثّر في توفير الراحة بالتفاعل مع المؤثرات البيئية التي يعتمد عليها المبنى ذي التكيف الذاتي حيث يصبح للمتغيرات البيئية تأثير إيجابي في توفير البيئية الداخلية المريحة.

وإعتماداً على المقاييس والتجارب العلمية، وإستناداً الى القيم المثالية لمتغيرات الميكرومناخ لمناطق العراق، وُضعت حدود الراحة الحرارية للإنسان: في فصل الشتاء تتراوح درجات الحرارة بين (22,0-20,0) م°، والرطوبة النسبية (40-60) %، مع الحد الأعلى للتحرك الهوائي (0,1-0,07) م/ثا، والحد الأعلى للفروقات في درجات الحرارة داخل الفضاء بما لا يزيد عن (3 م°) بالإتجاهين العمودي والأفقي. في حين تتراوح درجات الحرارة في فصل الصيف بين (28,0-26,0) م°، والرطوبة النسبية (30-50) %، مع تحرك هوائي (0,25-0,1) م/ثا. مع إمكانية رفع الحد الأعلى لدرجة الحرارة في فصل الصيف لغاية (32,0 م°) بزيادة التحرك الهوائي الى (1,5 م/ثا)، علماً أن الفروقات تعني الإختلاف في المنطقة المعنية بالدراسة، والدرجة الأقل تعني المناطق الشمالية من العراق (كمونة، 2015).

1-5 الجوانب الأساس للتهوية الطبيعية:

يتم إستخدام مجموعة واسعة من الوسائل والأساليب المتطورة للإستفادة من القوى الدافعة الطبيعية لتطبيق مبادئ التهوية الطبيعية في الأبنية عن طريق توظيف طرق التصميم المنفعلة. ولتحديد مختلف مفاهيم التهوية الطبيعية، هناك جوانب أساس يمكن إستخدامها لوصف وتحديد المفاهيم والخصائص المختلفة للتهوية الطبيعية في الأبنية بالطرق والأساليب التصميمية المنفعلة والتي تترتب عليها العديد من النتائج والإحتمالات المعمارية، ومن أهم هذه الجوانب:

أولاً/ القوى الدافعة الطبيعية.

ثانياً/ مبدأ التهوية.

ثالثاً/ عناصر التهوية المميزة.

أولاً/ القوى الدافعة الطبيعية لإحداث التهوية الطبيعية في الأبنية:

تتولّد التهوية الطبيعية في الأبنية عن طريق القوى الدافعة الطبيعية (Natural Driving Forces) والتي تشمل كلاً من: ضغط الرياح (Wind Pressure)، والطفو الحراري (Thermal Buoyancy)، أو الجمع بينهما. وفي حال الجمع بينهما سيكون أحدهما هو السائد. ويجري تصميم المبنى ومنظومة التهوية الطبيعية فيه على أساس الإستخدم الأمثل لهذه القوى الدافعة، وكليهما يعملان على المبنى بنسب متفاوتة وفقاً لكل من: قوة الرياح السائدة، ودرجات الحرارة (Per Kvols, 2006).

بالنسبة لضغط الرياح: فإنه يحدث بسبب هبوب الرياح ضد المبنى أو مروراً به، مما يؤلّد ضغطاً مختلفة على واجهات المبنى بسبب التغيير الحاصل في الزخم (القوى الدافعة) عندما ينحرف الهواء أو يتم تقليل سرعته، وما ينتج عنه من إختراق للهواء عند مداخل التهوية (النوافذ والفتحات) التي تؤثر بدورها على تدفق الهواء على واجهات المبنى (Macquoy, 2014).

ويعد التركيب الدقيق لتوزيع الضغط، كثير التعقيد، كما إن التباين الحاصل في إتجاه الرياح وسرعتها، وإضطرابها، يتأثر الى حد ما، بظروف الموقع، مثل: وجود المباني والنباتات والمناظر الطبيعية، والتي قد تكون ضمن مهام المهندس المعماري. من ثم، يتعين على المصممين الإعتماد بشكل كبير على قواعد تجريبية لتصميم التهوية الطبيعية في المباني. وأهم قاعدة يتعين مراعاتها هي: "توزيع الفتحات على نطاق واسع في واجهات المبنى لضمان، توليد الفتحات ضغوطاً مختلفة على الواجهة، والتي تعمل على حدوث تدفق الهواء، ومن ثم توزيعه لاحقاً بشكل جيد في المبنى" (الشكل 3) (Baker & Steemers, 2005).

أما فيما يخص "الطفو الحراري (Thermal Buoyancy)": فإنه يُشير الى الحركة التصاعدية لجزيئات الهواء عندما تكون بدرجات حرارة أعلى مقارنةً بالبيئة المحيطة بها. ويولد الطفو الحراري، فرق الضغط العمودي الذي يعتمد على معدل الاختلاف في درجات الحرارة بين عمود الهواء الدافئ ودرجات الحرارة الخارجية، وإرتفاع عمود الهواء الدافئ.

وفي حالة المبنى، فإنه يحتوي على هواء أكثر دفئاً مقارنةً بالمناطق المحيطة به. من ثم، فإن الهواء الدافئ يميل للخروج من الفتحات الموجودة في الجزء العلوي من المبنى، ليحل محله الهواء البارد عند مستوى أرضية المبنى (الشكل 4). غير أن المشكلة مع الطفو الحراري لقيادة التهوية الطبيعية، تكمن في وجوده كحد أقصى في فصل الشتاء مع وجود أكبر فروقات في درجات الحرارة، عندما يكون الحد الأدنى من التهوية مطلوباً في المبنى.

عموماً، من المهم أن ندرك أن الفرق في درجات الحرارة الذي بناءً عليه يحدث الاختلاف في الضغط وبالتالي يحدث تدفق الهواء، يعتمد على "متوسط درجة الحرارة في عمود الهواء"، وليس على درجة حرارة الهواء عندما يترك المدخنة. من ثم، فإنه لا فائدة من تسخين الهواء حينما يترك المدخنة (Baker & Steemers, 2005).

ومن الجدير بالذكر، تُعد الرياح الموظفة لتهوية العديد من الأبنية، أكثر أهمية من الطفو الحراري. بسبب أن تدفق الهواء (التهوية الطبيعية) الناتج عن الرياح يكون عادةً أقوى من تدفق الهواء الناتج عن تأثير المدخنة (Stack Effect)، لا سيما في الأبنية منخفضة الإرتفاع (Bin Ahmad and et al., 2006).

بالنتيجة، تتأثر درجة إستخدام وخصائص القوى المحركة الطبيعية بإرتفاعات الأبنية، مما يؤدي الى حدوث فروقات في مفاهيم التهوية الطبيعية. وتكون سرعة الرياح وإتجاهها أكثر إستقراراً وأقل تأثيراً بالمباني المحيطة والغطاء النباتي بالمسافة الواقعة عند مستوى سطح الأرض. غير أن المسافة العمودية بين مدخل ومخرج الهواء يمكن أن تكون كبيرة أيضاً للإستفادة من الطفو الحراري. لذا، فإن الأبنية العالية الإرتفاع تميل الى إستخدام عناصر التهوية والمبادئ الأخرى، مقارنةً بالأبنية المنخفضة الإرتفاع. وقد جرى تمييز الأبنية بناءً على إرتفاعها الى: المباني العالية الإرتفاع (أكثر من 10 طوابق)، والمباني متوسطة الإرتفاع (3-6 طوابق)، والمباني المنخفضة الإرتفاع (1-2 طابق).

من جهة أخرى، تمتلك القوى الدافعة الطبيعية، أثراً يترتب عليها شكل وتصميم المبنى، والتي تتعلق بإختيار عناصر التهوية بغرض الإستفادة منها (مثل: مغرفة الرياح، أو الفناء الداخلي)، فضلاً عن مسارات الهواء الداخل والخارج من المبنى (مبدأ التهوية). ومع ذلك، هناك مجموعة واسعة من الوسائل المتطورة للإستفادة من القوى الدافعة الطبيعية لتعزيز مبادئ التهوية الطبيعية، ويتجسد هذا في عدد من المباني القديمة والجديدة على حد سواء، والتي تستخدم القوى الدافعة الطبيعية للتهوية (Per Kvols, 2006).

أما الإستفادة من التهوية الطبيعية في المباني الحديثة فإنها وبدون إستثناء تقريباً، تتم بالتعاون مع القوى الدافعة الميكانيكية التي تساعد القوى الطبيعية في الأوقات التي لا تكون فيها القوى الدافعة الطبيعية لوحدها كافية. ويُشار الى الجمع بين القوى الدافعة الطبيعية والميكانيكية بأسلوب "التهوية الهجينة (Hybrid Ventilation)"، والتي توفر الفرص لإيجاد حلول مبتكرة لمشكلات المباني الخاصة بالتهوية، وتعمل هذه الحلول على تحسين البيئة الداخلية للمبنى وتقليل الطلب على الطاقة (Heiselberg, 2005).

ثانياً/ مبدأ التهوية:

يُستخدَم مبدأ التهوية (Ventilation Principle) لإستغلال القوى المحركة الطبيعية لتهوية مكان ما. ويمكن تقسيم مبدأ التهوية المُستخدَم في المباني بغرض إستغلال القوى الدافعة الطبيعية، الى ثلاثة أنواع هي: التهوية من جانب واحد، والتهوية المتقاطعة، والتهوية بتأثير المدخنة (Stack Effect). وفيما يأتي شرح موجز لكل منها.

1. التهوية من جانب واحد: هي التهوية الحاصلة من جهة واحدة، حيث تكون فتحات التهوية على جانب واحد فقط من الغرفة. وتكون القوة الدافعة الرئيسة هي الطفو الحراري في فصل الشتاء، والرياح المضطربة في فصل الصيف. وبالمقارنة مع غيرها من المبادئ، يتولد تخفيض في معدلات التهوية، وبالنتيجة لا تتخلل التهوية بعمق في الفضاء. وفي حال ضم جدار الغرفة

فتحة واحدة، فإن عمق الفضاء ينبغي أن يكون (2 مرة) الأرضية الى إرتفاع السقف. وفي حال ضم جدار الغرفة فتحنتين، فإن عمق الفضاء ينبغي أن يكون (2,5 مرة) الأرضية الى إرتفاع السقف (Geetha and Velraj, 2012) (الشكل 5).

2. التهوية المتقاطعة: هي التهوية التي تحدث من جانبيين، حيث تكون فتحات التهوية موجودة على جانبي الغرفة. والقوة الدافعة الرئيسية هي فروق الضغط الناجمة عن الرياح بين فتحتي التهوية، وفي هذه الحالة تتحقق معدلات تدفق عالية في التهوية من جانب الى آخر. ولكن بسبب التغييرات الكبيرة والسريعة في تدفقات الرياح، فمن الصعب السيطرة عليها. ويكون هنا توجيه وشكل المبنى مهماً، فالمبنى ينبغي أن لا يكون عريضاً جداً كي تكون التهوية المتقاطعة فيه فعالة (تكون التهوية المتقاطعة فعالة في حال كان عمق الفضاء (5 مرات) الأرضية الى إرتفاع السقف)، فضلاً عن وجوب توجيه الجانب الطويل من المبنى عمودياً على إتجاه الرياح السائدة لضمان كفاءة أعلى من التهوية الطبيعية المتقاطعة فيه (الشكل 6) (Macquoy, 2014).

3. التهوية بتأثير المدخنة " (Stack Effect) ": في هذه الحالة تكون فتحات التهوية في مستويين في فضاء الغرفة: مستوى منخفض، ومستوى عالي، والقوة الدافعة الرئيسية هي الطفو الحراري. ويمكن تحقيق معدلات تدفق تهوية عالي وثابت بالإختلاف في درجات الحرارة. ونظراً لأهمية التهوية بتأثير المدخنة (Stack Effect) سيتم توضيحها بالتفصيل.

يُعد "تأثير المدخنة (Stack Effect)" إحدى طرق التبريد والتهوية المنفصلة (Passive Cooling and Ventilation)، ويُعرّف مفهوم "تأثير المدخنة (Stack Effect)" على أنه: "تدفق الهواء الذي ينتج من إرتفاع الهواء الدافئ للأعلى، وخلق مساحة من الضغط الإيجابي في الجزء العلوي من المبنى ومساحة أخرى من الضغط السلبي في الجزء السفلي من المبنى، ليعمل على حث تسلل الهواء البارد الى فضاء المبنى". وهذه الظاهرة تُعرف أيضاً بإسم (Chimney Effect) (الشكل 7) (Building and Construction Authority, 2010).

كما يُعرّف مفهوم "تأثير المدخنة (Stack Effect)" أيضاً على أنه: "حركة الهواء من والى المباني، ويحدث عندما يرتفع الهواء الدافئ ويتم إستبداله بهواء أكثر برودة من محيطه (شريطة وجود فتحتي مدخل ومخرج في المبنى للهواء)، حينها تتولد حركة دائمة في الهواء مع وجود مصدر حراري مستمر" (Szokolay, 2004).

ويحدث مفعول المدخنة (Stack Effect) عن طريق ضغط المدخنة أو الطفو الحراري عند الفتحات بسبب إختلاف كثافة الهواء بين داخل المبنى وخارجه نتيجة لإختلاف درجات الحرارة والرطوبة. والنتيجة هي: أما قوة طفو إيجابية أو سلبية. ويمكن تطبيق نفس المبدأ على الفتحات الواقعة على إرتفاعات مختلفة، ويرجع الإختلاف في الضغط بينهما، الى الإنحدار العمودي (Bin Ahmad and et al., 2006).

ويساعد مفعول المدخنة (Stack Effect) على تحريك التهوية الطبيعية، والترشيح، وسحب أدخنة الحريق. كما يُمكن أن يحدث مفعول المدخنة (Stack Effect) أيضاً داخل غرفة ذات إرتفاع كبير، إذا كانت تضم منفذ على مستوى عالٍ ومدخل يقع في مستوى منخفض. فتدفع الهواء يكون متناسباً مع فرق الإرتفاع بين فتحتي المدخل والمخرج، والفرق في درجات الحرارة بين هواء الغرفة والهواء الخارجي. أما في المباني مُنخفضة الإرتفاع فإن مفعول المدخنة يكون صغيراً جداً (Szokolay, 2004).

ثالثاً/ عناصر التهوية المميزة:

هنالك علاقة وثيقة بين عناصر التهوية المميزة في أي مشروع ومبادئ التهوية المقابلة لها، وبناءً على ذلك يتم إستخدام العنصر الفردي في إمداد أو إستفاد التهوية من المشروع، أو قد يُستخدَم للجمع بينهما (إمداد المبنى بالتهوية الطبيعية وإستفادها منه) (Kleiven, 2003).

وتساعد عناصر التهوية المستخدمة في المبنى على تحقيق استراتيجيات التهوية الطبيعية فيه، وكل من هذه العناصر يحتوي على مجموعة من النتائج المترتبة معمارياً وتقنياً، فضلاً عن الإحتمالات المرتبطة بها، الأمر الذي يتطلب اهتماماً كبيراً من قِبَل المهندس المعماري. وفيما يأتي أهم عناصر التهوية الطبيعية في المبنى:

1. فتحات التهوية في واجهة المبنى: تُستخدَم فتحات التهوية في واجهات الأبنية للمساعدة على توفير التهوية الطبيعية للمبنى والتبريد المنفعل، فضلاً عن الإضاءة الطبيعية، لا سيما في المناخات الحارة والحارة الجافة (Kamal, 2012).

ويمكن عن طريق التصميم المعماري الجيد، لا سيما مواقع الفتحات في الواجهة، ضمان حركة هواء طبيعية داخل المبنى، وعن طريق إستخدام مبدأين هما (كمونة، 2015):

المبدأ الأول: يعتمد على التباين في ضغط الهواء الناجم عن الإختلافات في سرعة الرياح، مما يؤدي الى تدفق الهواء من منطقة الضغط العالي الى منطقة الضغط المنخفض. ويُعد "السلوك الفنتوري (Venturi Action)"، الذي يعتمد أساساً على

ظاهرة "تأثير بيرنولي (Bernoulli Effect)" إطاراً نظرياً هاماً لفهم كيفية حدوث حركة الهواء بفعل تباين الضغط الناتج عن حركة الرياح (Szkolay, 2004). وتتخلص نظرية بيرنولي (Bernoulli) في: "يقل ضغط المائع المتحرك (Moving Fluid) بإزدياد سرعته". ويمكن استخدام هذا المفهوم بأكثر من طريقة واحدة لتوفير تيارات هوائية مستمرة في داخل الأبنية (كمونة، 2015). **المبدأ الثاني:** يعتمد على حركة الهواء بتأثير الحمل الحراري والناتجة عن تسخين الهواء وصعوده الى أعلى، مما يقتضي حلول هواء أكثر برودة منه في مكانه. وقد تؤدي العملية الى حدوث "تأثير المدخنة (Stack Effect)" فعندما يرتفع الهواء الدافئ يجب أن يُستبدل بهواء أكثر برودة من محيطه، ويوجد مصدر حراري مستمر تتولد حركة دائمة في الهواء. وهكذا يتكوّن تيار هوائي معتدل البرودة في المساحة الواقعة بين المنطقة الدافئة، وفتحة دخول الهواء المعتدل البرودة.

عموماً، يساعد وجود الفتحات على إرتفاعات مختلفة في واجهة المبنى على تعزيز معدل تدفق الهواء الطبيعي فيها، وذلك بفعل الحمل الحراري نتيجة الاختلاف بين مناسيب الفتحات المختلفة على واجهة المبنى، لا سيما إذا ضمت الواجهة فتحات على مستوى عالٍ وأخرى على مستوى منخفض، فكلما إزداد الفرق بين المناسيب زاد تدفق الهواء الطبيعي (Szkolay, 2004). حيث يعمل وجود الفتحات في الجزء العلوي من الواجهة على تعزيز التهوية الطبيعية في المبنى لأنها تساعد على توفير مساراً لهروب الهواء الساخن من المبنى والذي تم جمعه في أعلى الفضايات الداخلية للمبنى. وبالنتيجة، إقامة دورة تهوية طبيعية مستمرة في المبنى، فضلاً عن تبريد فضايات المبنى (Kamal, 2012).

2. أبراج الرياح (Wind Towers): عبارة عن عناصر بنائية مُصمّمة للإستفادة من الطاقة الحركية للرياح، والتي يتم تسييرها بشكل صحيح داخل المبنى من أجل توليد حركة الهواء داخل فضايات المبنى. وتُستخدم أبراج الرياح لسحب الهواء الى خارج المبنى، وتشجيع تدفق الهواء الطبيعي في المبنى لاحقاً. ويكون شكل المدخنة في أبراج الرياح عادةً مربع، وأحياناً يكون مستطيل. وبالإمكان وضع أبراج الرياح قرب سطح المبنى، أو بشكل هيكل منفصل، يتصل بالمبنى بواسطة قنوات الهواء المُدمجة (Kang and Lutz-Carillo, 2009).

في المناطق الحارة الجافة، كان برج الرياح يُمثّل نظام التبريد المنفعل، والتهوية الطبيعية، الهام والأساس في الأبنية التقليدية (التراثية) والذي يُستخدم لمدة طويلة، حيث يقوم بتسخير رياح الصيف السائدة لتبريد الهواء وتعميمه خلال المبنى. ويُعد "البادگیر"، الإنموزج الأصلي لبرج الرياح الذي كان موجوداً في العمارة التقليدية للعراق، والخليج العربي، ودولاً أخرى، حيث يتم توجيه فتحة البادگیر باتجاه الرياح السائدة في أعلى الوحدة السكنية التقليدية، بغرض إدخال الهواء الى فضاياتها الداخلية لتبريدها وتهويتها حيث يتم إستخراج كمية كبيرة من الحرارة من الهواء، مع زيادة الرطوبة النسبية فيه بنفس الوقت عن طريق وضع جرار مياه تُعلق في أعلى المجرى الهوائي للبادگیر، فضلاً عن قدرة البادگیر على إستخراج الهواء ثانيةً من المبنى في حال إرتفاع درجات الحرارة في أعالي البادگیر (Macquoy, 2014).

3. مغارف الرياح (Wind Scoops): هي عبارة عن أدوات مصممة لـ "صيد" الرياح والهواء النقي ونقله بشكل مباشر الى المبنى، حيث تمتلك مسارات مركزية لدخول الهواء فيها ومنه للمبنى. وتكون مغارف الرياح فعّالة بشكل خاص في المباني ذات الحجم الكبير أو البيئات الداخلية الكبيرة في الأبنية. وتكون مغارف الرياح بنوعين، هما:

- مغارف متعددة الإتجاهات متحركة، تتحول ضد تيار الرياح وبنفس الوقت تستفيد منه وتكون مستقلة بالإتجاه، مع مراعاة إن هذا النوع من مغارف الرياح ستقل فعاليتها الوظيفية في حال وجود الثلوج.
- مغارف بشكل أدوات ثابتة تستفيد من إتجاه الرياح السائدة، مع ملاحظة أن مغارف الرياح الثابتة ستصبح غير فعّالة إذا لم يتم توجيه الرياح بمواجهة المغرفة (لا سيما إذا كانت زاوية إنحراف المغرفة أكثر من 30°).

عادةً، يتم وضع مغارف الرياح على سطوح الأبنية، على الرغم من إمكانية وضعها في المساحة المحيطة بالمبنى وعلى مسافة بعيدة نوعاً ما، ويتم تجهيز الهواء للمبنى في هذه الحالة بواسطة قنوات الهواء المُدمجة.

وتقدم مغارف الرياح بديلاً جيداً للمباني التي واجهاتها غير مناسبة لأعراض تهوية المبنى، بسبب تسلل الضوضاء الخارجية، والثلوث، أو قد تكون حركة الهواء قليلة غير فعّالة لتهوية فضايات المبنى. غير أن مغارف الرياح تمتلك سلبيات أيضاً، منها: يعتمد تجهيز الهواء لفضاءات المبنى على سرعة الرياح، وإمكانية دخول الأمطار والثلوج عن طريق مغارف الرياح للمبنى (Kleiven, 2003). ولأن أبراج الرياح يمكنها أن تُستخدم لسحب الهواء خارج المبنى وتشجيع تدفق الهواء الطبيعي فيه لاحقاً من جهة، وقابلية مغارف الرياح على جمع وتقديم الهواء الخارجي للمبنى من جهة أخرى، فإنه في حال جمعها معاً في مبنى واحد، يتم تحقيق الشكل الطبيعي لتدفق الهواء الطبيعي داخل فضايات المبنى، فضلاً عن إستفادته منها (Kang and Lutz-Carillo, 2009).

4. أغطية المداخل السقفية الدوارة (Roof Cows): عبارة عن وسيلة مماثلة جداً لمغارف الرياح، إلا أنها تعمل على جانب إستنفاد الهواء. وهي بمثابة منافذ للهواء، ويجب أن تُصمَّم بحيث تستفيد من طاقة الرياح لإستخراج هواء التهوية خارج المبنى. ويمكن تحقيق ذلك إما عن طريق جعلها متعددة الإتجاهات (متحركة حسب حركة الرياح)، وتتحول بعيداً عن الرياح، أو عن طريق منحها شكلاً إيروديناميكياً (Aerodynamic)، الذي يتم إنشائه بموجب الضغط للسيطرة على إتجاهات الرياح، ويرجع ذلك إلى تأثير فنطوري (Venturi Effect). غير أن أغطية المداخل السقفية غير المتعددة الإتجاهات فعالة على نطاق أوسع، مقارنةً بمغارف الرياح غير المتعددة الإتجاهات (Kleiven, 2003).

5. المداخل الشمسية (Solar Chimneys): عبارة عن وسيلة مصممة تحت على التهوية الطبيعية بإستخدام الطاقة الشمسية، والتي تعمل بواسطة تأثير الطفو الحراري. حيث يتم شحن هيكل المدخنة بالطاقة الشمسية خلال النهار، ويتم تسخين الهواء بداخلها، وعن طريق زيادة قوة الضغط من الكتلة الهوائية نتيجةً لتدفق الهواء المستحث على طول قناة المدخنة بسبب تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة حركية من حركة الهواء، الأمر الذي يؤدي إلى إرتفاعه. وبالنتيجة، يتم سحب الهواء من المبنى إلى الجزء المفتوح بالقرب من أسفل المدخنة، ويتم إستبدال الهواء الخارج من المدخنة بالهواء المحيط بالمبنى (الشكل 8). وفي حال كان الهواء المحيط بالمبنى أكثر حرارة من الهواء داخل المبنى (وكما هو الحال خلال ساعات النهار في المناخات الحارة)، حينها يتم إستمرار عمل المدخنة الشمسية في تسخين هيكل المبنى قبل تبريده خلال الليل.

وتُستخدَم المدخنة الشمسية لإستنفاد الهواء الساخن من المبنى بمعدل سريع، ومن ثم تحسين القدرة على تبريد الهواء الداخل إلى المبنى من فتحاته الأخرى. وهكذا يساعد وجود المداخل الشمسية على تخفيض كلفة البناء نسبياً، حيث يمكن تحريك الهواء دون الحاجة إلى نفقات الأشكال التقليدية للطاقة، ويمكن أن تساعد في تحقيق الراحة الحرارية للشاغلين عن طريق التبريد في هيكل المبنى ليلاً. فضلاً عن قدرة المدخنة الشمسية على تحسين راحة شاغلي المبنى أثناء النهار إذا وُظفت إلى جانب أجهزة التبريد التبخيري (Evaporative-Cooling Device)، كالمبردات على سبيل المثال (Kamal, 2012). وفي حال وجود فتحات عالية وأخرى على إرتفاع منخفض في المبنى، فسيكون هناك حافظاً على التدفق الطبيعي للهواء، عن طريق "تأثير المدخنة (Stack Effect)" الذي يزداد بتسخين الهواء بواسطة أشعة الشمس. ويتم تصميم المدخنة الشمسية عادةً إلى جانب برج الرياح في المناطق الحارة الجافة، حيث تكون الرياح أكثر أهمية من الطفوية، لأن تدفق التهوية بالرياح المستحثة يكون عادةً أقوى من تدفق الهواء الناجم عن المدخنة، لا سيما في المباني المنخفضة الإرتفاع (Bin Ahmad and et al., 2006).

6. الواجهات المزدوجة (Double Façade): عبارة عن نظام يضم زوج من الواجهات الزجاجية المفصولة بواسطة ممر هوائي، وتكون الطبقة الرئيسية للواجهة المزدوجة من الزجاج، وعادةً تكون عازلة، والتي تعمل بمثابة جزء من الجدار الهيكلي التقليدي أو الجدار الستائري. في حين تكون الطبقة الإضافية مفردة الزجاج، يتم توقيعها إما أمام أو وراء طبقة الزجاج الرئيسية. وتساعد الواجهة المزدوجة المبنى على خلق فرصاً إضافية لتحقيق أقصى قدر من ضوء النهار الطبيعي بدون حرارة إضافية داخل المبنى، فضلاً عن تحسين أداء الطاقة داخل المبنى. وتوفر الواجهة المزدوجة، التهوية الطبيعية لفضاءات المبنى عن طريق توظيف مسار مدخل ومخرج للهواء في أي من مبادئ التهوية الطبيعية (التهوية المتقاطعة، والتهوية بتأثير المدخنة (Stack Effect)) (Kleiven, 2003). وتحقق الواجهات المزدوجة العديد من المزايا، حيث تكون بمثابة منطقة عازلة بين بيئة المبنى الداخلية والبيئة الخارجية المحيطة به، فضلاً عن الحد من فقدان الحرارة. إلى جانب ذلك، تساعد الواجهات المزدوجة على تحقيق التهوية الطبيعية للفضاء الواقع بين غلافي الواجهة، وتفعيل التأثيرات الحرارية المنفصلة على أفضل وجه، وذلك من خلال إستخلاص التهوية الطبيعية من المنطقة العازلة في المبنى عن طريق فتح النوافذ في الواجهة الداخلية. حينها يوفر تأثير المدخنة (Stack Effect)، التيارات الهوائية الحرارية في المباني العالية والذي يتحقق بصورة أكثر فاعلية، مقارنةً بالمباني الأقل إرتفاعاً. كما يساعد فتح النوافذ على الواجهة الداخلية على تقليل مشكلات الفروقات في ضغط الرياح حول المبنى، علاوةً على تقليل مشكلات الأمن والسلامة المحتملة الناجمة عن وجود نوافذ يمكن فتحها نحو الخارج (Kang and Lutz-Carillo, 2009).

7. الفناء الداخلي (Atrium): وهو عبارة عن فناء داخلي ذو سقف مزجج يتوسط المبنى، وتحيطه جميع مستويات وفضاءات المبنى الداخلية، وقد يكون أيضاً جزءاً من واجهة المبنى. ويقوم الفناء الداخلي المركزي بتوفير الإضاءة الطبيعية لفضاءات المبنى المطلة عليه، كما يمكن الإستفادة من الطفو الحراري وطاقة الرياح في الفناء الداخلي المركزي بوصفهما قوياً دافعة

لإحداث التهوية الطبيعية في المبنى، حيث يهرب الهواء الدافئ من الغرف المجاورة الى فضاء الفناء الداخلي المركزي العالي الإرتفاع وعندها يحدث تأثير المدخنة (Stack Effect)، ويتم إنشاء تيار هوائي مستمر (الشكل 9) (Macquoy, 2014). ومن أجل المحافظة على الفوائد الأصلية للفناء الداخلي المركزي، والتأكد من توفيره للتهوية، والإضاءة الطبيعية، لفضاءات المبنى الداخلية، وعدم إستهلاكه للطاقة، يجب مراعاة النقاط الآتية في تصميمه (Baker & Steemers, 2005):

- يجب مضاعفة مستويات ضوء النهار الداخل للفناء المركزي عبر سقفه المزجج، عن طريق إستخدام الإنهاءات العاكسة والترجيح الملائم، لتوفير الإضاءة الطبيعية للفضاءات المطلة على الفناء، وتقليل أو الحد من الحاجة للإنارة الصناعية.
- يجب أن يزود الفناء الداخلي المركزي، الهواء النقي الذي يوفر بدوره التهوية الطبيعية، لجميع فضاءات المبنى المطلة عليه.
- ينبغي توفير التظليل وإرتفاع معدلات التهوية الطبيعية في الفناء الداخلي المركزي صيفاً، لمنع إرتفاع درجات الحرارة فيه، والذي سيؤدي بالنتيجة الى رفع درجات حرارة الفضاءات المطلة عليه.

8. قنوات الهواء المُدمجة (أنابيب التهوية المُتضمنة Embedded Ducts): وهي القنوات الأفقية المُدمجة تحت سطح الأرض، حيث تكون معظم مساحتها السطحية على إتصال بسطح الأرض. وهذا يعطي لها إمكانية للإستفادة من الكتلة الحرارية في جدران القنوات والأرض المحيطة بها لأغراض توفير التبريد والتدفئة المُنفصلة، كما تُستخدم عادةً لتوفير الهواء الطبيعي لفضاءات المبنى، غير أن توزيع سرعة الهواء فيها لا يكون ثابتاً (الشكل 10).

في فصل الشتاء، عندما تكون درجات الحرارة منخفضة في البيئة الخارجية للمبنى، تساهم قنوات الهواء المُدمجة بتسخين الهواء والتهوية بسبب أن الأرض تكون نسبياً أكثر دفئاً (قانون حفظ الطاقة في باطن الأرض). من ثم، يتدفق الهواء الدافئ الى الأعلى إعتقاداً على: معدل تدفق الهواء خلال القناة، وعلى كمية الهواء المسحوبة. وعلى العكس يكون عليه الحال في فصل الصيف الحار، حيث توفر قنوات الهواء المُدمجة التبريد المناسب لفضاءات المبنى (Heiselberg, 2005).

بناءً على ما تقدم، فإن معظم المباني التي تعتمد التهوية الطبيعية وفق استراتيجيات التصميم المنفصل، تسعى الى الإستفادة من عناصر التهوية (أنفة الذكر) والمخصصة لتسخير القوى المحركة الطبيعية ودعم تدفق الهواء الطبيعي خلال المبنى. وعليه، فإن أي من عناصر التهوية الطبيعية المميزة في المبنى، ترتبط مع مبدأ أو أكثر من مبادئ التهوية الطبيعية. وسيتم توضيح ذلك في الجانب التطبيقي (العملي) من البحث عند تحليل أمثلة لمشاريع منتخبة وظفت استراتيجيات تصميمية منفصلة مختلفة لتحقيق التهوية الطبيعية في بيئاتها الداخلية، لبيان أهم تلك الاستراتيجيات التصميمية، ومن ثم تحليلها، بغرض إنتقاء المناسب منها للبيئة العمرانية العراقية.

1-6 تعزيز التهوية الطبيعية في الوحدة السكنية البغدادية التقليدية:

تُمثل التهوية الطبيعية أهم استراتيجيات المسكن التقليدي لتقليل العبء الحراري، والتخلص من الحرارة المخزونة في قشرة المبنى، لتوفير بيئة مريحة للسكان. فعلى الرغم من صغر النوافذ أو إنعدامها في الطابق الأرضي في واجهة المسكن البغدادي التقليدي المُطلة على الزقاق، طُورت العمارة التقليدية المحلية أساليباً مُبتكرة للحصول على التهوية الطبيعية المنفصلة. وتُعد ملاقف الهواء (أبراج الرياح أو البادكير أو البارجيل (Wind-Catcher)) الوسيلة الأهم لإصطياد الرياح وإدخالها الى فضاءات المسكن التقليدي المحلي. وعادةً ما تُوجّه فتحة الملقف الهوائي بإتجاه الرياح السائدة في أعالي الوحدة السكنية، سامحةً بتمرير الهواء البارد صيفاً، والخالي من الغبار والرمال اللذين تحملهما الرياح التي تهب على الأقاليم الحارة الجافة، ومنها العراق، ليتحرك الهواء البارد بإتجاه السرداب عن طريق مجرى هوائي (Shaft) مبني داخل الجدران السميكة للمسكن التقليدي، وتقوم البادكيرات بإستكمال فاعلية السرداب في الحصول على التيار الهوائي المطلوب. ويحصل التيار الهوائي عن طريق تكوين مناطق ضغط متباينة ما بين الداخل والخارج، فيدخل الهواء بعد تنقيته وترطيبه عبر فتحة البادكير، ومن ثم إخراجها عبر فتحات أخرى. وتكون في أوقات أخرى العملية عكسية، لا سيما في ساعات النهار عندما تزداد درجة حرارة سطح المسكن عن (33م) (ضغط واطئ)، حيث يتحرك الهواء عبر هذه الفتحات وخلال فضاءات المسكن بإتجاه أعالي البادكير. وقد تُرود فتحات البادكيرات والتي تكون عادةً دائرية أو منحنية، بمشبكات قابلة للسد والفتح عند الضرورة، فضلاً عن إستخدام جرات المياه المعلقة في أعلى المجرى الهوائي للبادكير لأغراض الترطيب وزيادة فاعلية التحرك الهوائي فيه (الشكل 11) (كمونة، 2015).

من الأمثلة على إستخدام البادكير بإسلوب معاصر، "برج الرياح أو البارجيل" الخاص بنظام التبريد في "معهد مصدر للعلوم والتكنولوجيا"، في مدينة مصدر - دولة الإمارات العربية المتحدة، وذلك عن طريق مجموعة من الحلول التكنولوجية المبتكرة لتوفير الهواء النقي والرطب. حيث ساعد إرتفاع البرج الذي بلغ (45 م) فوق المنصة، على إنقاط الرياح من المستوى العلوي وتوجيهها الى الساحة العامة الرئيسة في معهد مصدر للعلوم والتكنولوجيا، وذلك عن طريق تشغيل تسع فتحات تهوية (كوات) تم تركيبها في الجزء العلوي من الهيكل المعدني للبرج، وتُشغل بواسطة أجهزة إستشعار للكشف عن إتجاه الرياح، حيث تُفتح الكوات تلقائياً بإتجاه

الرياح السائدة لإلتقاط أكبر قدر منها، وتعلق في الإتجاهات الأخرى لتحويل طاقة الرياح الى أسفل البرج. بالنتيجة، ينساب الهواء نحو الأسفل عبر غشاء من مادة (Polytetrafluoroethylene). في حين تعمل مولدات للرداذ تم تثبيتها في قمة البارجيل، على إضافة تبريد للهواء، بغرض تقليل درجة حرارة الهواء عن طريق التبريد بواسطة التبخر. ويساعد هذا المزيج من التبريد التبخيري وتنشيط حركة الهواء على خفض درجات الحرارة عند مستوى الساحة الوسطية في معهد مصدر (الشكل 12) (Martin and et al, 2015).

1-7 تبريد المبنى بواسطة استراتيجية التهوية ليلاً:

واحدة من حلول التهوية الطبيعية الهامة والتي تعمل على تبريد المبنى هي "التهوية ليلاً (Night-Time Ventilation)". وتُعد التهوية ليلاً، أكثر استراتيجيات من أساليب التهوية الأخرى، وفيها يتم استخدام كتلة المبنى لتخزين البرودة خلال النهار عن طريق سحب الأحمال الحرارية المتراكمة في ساعات النهار، لمنع الإرتفاع الكبير في درجات الحرارة، لا سيما في المناطق الحارة الجافة ومنها العراق. حيث تم إزالة هذه الحرارة أثناء الليل، عندما لا يتم استخدام الفضاءات، وذلك عن طريق حدوث زيادة كبيرة في معدل تدفق الهواء بواسطة برودة الجو ليلاً من خلال المبنى. ويرجع ذلك الى تأثير المدخنة (Stack Effect)، وسحب الحرارة من الهواء ليلاً نتيجة التبادل الحراري المرتبط بالتخزين في كتلة المبنى، حيث يتحقق معدل تدفق عالي للهواء (Macquoy, 2014). أثناء الليل، تكون درجات الحرارة في الهواء الطلق أقل من درجات الحرارة في الفضاءات الداخلية للمبنى. ونتيجة لذلك، من الممكن تهوية المبنى عن طريق السماح للهواء بالدخول لفضاءات المبنى وإزالة الحرارة المخزنة فيه والتي تم إمتصاصها وتخزينها خلال ساعات النهار. حركة الهواء هذه، تزيد من تبديد الحرارة من مواد البناء ومن ثم يُستنزف الهواء الأكثر دفئاً في درجات الحرارة المنخفضة للغلاف الجوي ويجري تشتيتها. وتستمر هذه العملية أثناء الليل. من ثم، فإن درجة حرارة الهواء في البيئات الداخلية للمبنى وكتلة المبنى تكون عند مستويات درجات حرارة أقل عندما تبدأ دورة درجة الحرارة بالزيادة مرة أخرى في اليوم التالي. ونتيجة لذلك، في الصباح، تكون فضاءات المبنى أكثر برودة، مما يعني أنه حتى في المباني المكيفة، يمكن للمرء أن يحقق وفورات كبيرة في الطاقة عن طريق خفض تشغيل النظم الميكانيكية للتهوية وتكييف الهواء. ويعتمد نجاح التهوية ليلاً على الفرق النسبي بين درجات حرارة الهواء في الفضاءات الداخلية للمبنى والهواء الطلق، وإنخفاض درجات الحرارة في الهواء الطلق مع إرتفاع فعالية التهوية ليلاً، فضلاً عن ضرورة تحقيق أفضل حركة تهوية ممكنة من الهواء الخارجي نحو الفضاءات الداخلية للمبنى. ومن الجدير بالذكر، يزداد الحمل الحراري من كتلة المبنى بزيادة السرعة النسبية لمرور الهواء فوق سطوحه المختلفة. وتزداد هذه العملية باستخدام المراوح السقفية، والتي ستزيد من حركة الهواء في الفضاءات الداخلية للمبنى. نتيجة لذلك، يرفع الحمل الحراري من معامل إنتقال الحرارة بين الأسطح المختلفة للمبنى والهواء المار عليها (Per Kvols, 2006). ويقل نهج تبريد المبنى بواسطة التهوية الطبيعية ليلاً بالأساس، من ذروة المكاسب الحرارية في أيام الصيف الحارة وكما موضح في (الشكل 13) (Macquoy, 2014).

إجمالاً، يمكن تحقيق الاستفادة المثلى من التهوية الطبيعية بوصفها استراتيجية للتبريد الطبيعي في الأبنية عن طريق تحقيق التوازن الأمثل بين قدرة التبريد، وأحمال التبريد والراحة الحرارية، وهذا يشمل (Per Kvols, 2006):
أولاً/ تخفيض الأحمال الحرارية الداخلية والخارجية عن طريق استخدام المعدات الكفوءة في استخدام الطاقة الحرارية والإضاءة، عن طريق الاستفادة المثلى من ضوء النهار الطبيعي، ووسائل التظليل الشمسي الفعالة، واستخدام استراتيجيات التبريد والتدفئة والتهوية المنفصلة. فضلاً عن إمكانية تقليل الطاقة المصروفة لعمل المراوح عن طريق تسخير القوى المحركة الطبيعية، وما الى ذلك.
ثانياً/ إستعمال الكتلة الحرارية للمبنى بمثابة منطقة عازلة للحرارة والتي تمتص وتخزن الحرارة خلال ساعات الإشغال داخل المبنى، وتقوم بإرجاع الحرارة الى الفضاء خلال الساعات غير المأهولة بالشاغلين مع تحقيق التهوية الطبيعية خلال الليل.

1-8 الجانب التطبيقي:

بغرض تحقيق هدف البحث، تم تدعيم الدراسة النظرية بجانب تطبيقي وذلك عن طريق تحليل مجموعة من الأمثلة لمشاريع وظفت استراتيجيات التهوية الطبيعية، بغرض تحقيق كفاءة استخدام الطاقة فيها، فضلاً عن الوصول الى مديات عالية من الراحة الحرارية لشاغلها.

المثال الأول/ جامعة قطر (Qatar University):

اسم المشروع : جامعة قطر (Qatar University).
نوع المشروع : تعليمي.

موقع المشروع : مشارف الدوحة - قطر .
مناخ الموقع : مناخ شبه إستوائي جاف، ومناخ صحراوي حار مع أمطار شحيحة.
المهندس المعماري للمشروع : كمال الكفراوي (Kamal El Kafrawi).
تأريخ إنجاز المشروع : إفتتاح المرحلة الأولى من المشروع والتي تضم المباني الأكاديمية في شباط من عام 1985م.

أولاً/ وصف المشروع:

تُعد جامعة قطر إحدى الجامعات الحكومية التي تقع على المشارف الشمالية للعاصمة الدوحة، وتقع في منطقة مناخية شبه إستوائية جافة، ومناخ صحراوي حار مع أمطار شحيحة جداً، حيث يمتاز صيفها بإرتفاع درجات الحرارة التي تصل الى (50م) مع فرق كبير بين درجات الحرارة القصوى والدنيا.

إجمالاً، يستند تصميم المباني الأكاديمية في جامعة قطر على شبكة مؤلفة من أشكال مثمثة (Octagon) بعرض (84 م) مع وجود أشكال مربعة على الجانبين ببعدها (35 م)، وتتجاور وتتصل الأشكال المثلثة مع المربعات لتشكيل النمط النموذجي لأبنية الجامعة. وترتبط كل وحدة صف دراسي مثمثة الشكل بإثنين على الأقل من "الفناءات الداخلية (Lobbies)"، ويمكن إستخدام إحدى هذه الفناءات إما كمداخل ومنطقة إنتقالية بين الفصول الدراسية أو تُستخدم بمثابة فضاء إضافي ولكنه معزول عن الفصول الدراسية. أما الفناء الثاني، فيُستخدم كمصدر لتوفير ضوء النهار الطبيعي ومكاناً لتجمع الطلبة (<http://archnet.org/sites/288>).

تمتاز الأبنية في جامعة قطر بكونها ذات طابع تراثي، تعكس التمسك بهوية العمارة العربية الإسلامية، فأول ما يظهر للعيان عند رؤية الجامعة هو ملاقف الهواء (البارجيلات) في أبنية الجامعة، وقد أدخلها المهندس المعماري للمشروع في تصميمه بإسلوب يحمل تفسيراً جديداً لشكل الملقف الهوائي، فضلاً عن وجود مزايها مستدامة بيئياً أخرى تمثلت بالمشربيات لتوفير الظل وتلطيف البيئة، لا سيما في فصل الصيف، مع وجود العديد من الساحات المفتوحة والمغطاة جزئياً، والمزروعة مع وجود النافورات فيها والتي تعمل على تقليل نسبة الحرارة في الجو، فضلاً عن ترطيبه (El-Shorbagy, 2010) و (<http://archnet.org/sites/288>).

ثانياً/ أهم استراتيجيات التهوية الطبيعية المستخدمة في المشروع:

تمثل جامعة قطر من الناحية الوظيفية، أوضح حالات لإستخدام أبراج الرياح، فيسبب موقع جامعة قطر في منطقة الخليج العربي، جاء التصميم لصالح التهوية الطبيعية، حيث يكمن أحد أهداف المشروع في تحقيق الحد الأدنى من إستهلاك الطاقة عن طريق توفير التهوية المنفصلة (الطبيعية) لمساندة أجهزة التهوية الفاعلة (الميكانيكية)، وذلك من أجل الحفاظ على البيئة الداخلية لأبنية الجامعة بصورة مريحة وصحية وجيدة التهوية، مع توفير مديات عالية من الراحة الحرارية لشاغليها، وتحقق ذلك عن طريق إنشاء البارجيلات (أبراج الرياح) فوق أبنية الجامعة، والتي تعمل بمثابة منظومة تدفع الهواء الطبيعي الى داخل أبنية الجامعة.

وقد إرتفعت أبراج الرياح فوق مباني الجامعة على هيئة وحدات مثمثة الشكل، وُجهت بشكل مهيمن من كل جانب من الجامعة، فضلاً عن إطلالتها على ساحات الجامعة التي تحيط هذه العناصر التقليدية الجميلة. ويعكس شكل الملقف روية الحاضر، فضلاً عن الإبقاء على وظيفته الأصلية بوصفه أداةً لتوليد تدفق الهواء الطبيعي في المبنى (الشكل 14).

من جهة أخرى، تم توقيع أبراج الرياح بمستويات مختلفة لإصطياد الرياح السائدة، وتضمن كل برج رياح أربعة جوانب مفتوحة، وقد تمت تغطية هذه الفتحات بمادة الجبس المتقنب (Perforated Gypsum) للسماح بالتهوية الطبيعية الدخول الى المبنى ومن ثم توفير الهواء البارد وتقليل الرطوبة داخل فضاءات أبنية الجامعة (El-Shorbagy, 2010).

ويوضح الجدول (1-1) استراتيجيات تعزيز التهوية الطبيعية المُستخدمة في المشروع.

الجدول (1-1): استراتيجيات تعزيز التهوية الطبيعية المُستخدمة في مباني جامعة قطر.

المصدر: تنظيم الباحثة إستناداً للمصدر (Per Kvols, 2006).

آلية عمل عناصر التهوية في المشروع	القوى الدافعة لإحداث التهوية الطبيعية في المشروع	إمداد المبنى بالتهوية الطبيعية وإستفادتها منه	مبدأ التهوية الطبيعية المقابل لها	عناصر التهوية الطبيعية المميزة في المشروع	استراتيجيات تعزيز التهوية الطبيعية المُستخدمة في المشروع
الاستخدام الأمثل لظروف الرياح في موقع المشروع. وبالنتيجة، زيادة القوى المحركة الطبيعية عن طريق إستخدام أبراج الرياح.	تعمل أبراج الرياح بالإستفادة من الطاقة الحركية للرياح.	إمداد المبنى بالتهوية الطبيعية.	التهوية المتقاطعة، والتهوية المدخنة (Stack Effect).	إستخدام أبراج الرياح (البارجيلات) في المشروع.	أولاً/ تخفيض الأحمال الحرارية الداخلية عن طريق إستخدام عناصر التهوية الطبيعية.

المثال الثاني/ مركز أبحاث تورينت (Torrent Research Center):

اسم المشروع	: مركز أبحاث تورينت (Torrent Research Center).
نوع المشروع	: تعليمي (مجمع مختبرات للأبحاث مع مرافق وبنى تحتية داعمة).
موقع المشروع	: أحمد آباد (Ahmedabad) - الهند.
مناخ الموقع	: مناخ حار شبه جاف.
المهندس المعماري للمشروع	: نيميش باتيل (Nimish Patel)، وپارول زاڤيري (Parul Zaveri).
تاريخ إنجاز المشروع	: 2000م.

أولاً/ وصف المشروع:

يقع مركز أبحاث تورينت (Torrent Research Center) التعليمي الذي يضم مجمع مختبرات للأبحاث مع مرافق وبنى تحتية داعمة لها، في مدينة أحمد آباد (Ahmedabad) - الهند، ذات المناخ الحار وشبه جاف. وقد صُمم هذا المجمع البالغة مساحته الإجمالية (19700 م²)، من قِبَل المهندسين المعماريين نيميش باتيل (Nimish Patel)، وپارول زاڤيري (Parul Zaveri)، إستجابةً للقلق المتزايد حول زيادة الإعتدال على الطاقة الناضبة، ويعد من المشاريع المميزة بوصفه نموذجاً فريداً للتصميم المستجيب للمناخ ونظام التحكم البيئي والأداء الحراري، والذي يدمج نظام التهوية الطبيعية والتبريد التبخيري المنفعل (Thomas and Baird, 2007). يهدف المبنى الى توفير الراحة للإنسان داخل فضاءاته على أساس التهوية المنفعله والتبريد التبخيري، لتحقيق إستخدام الحد الأدنى من الطاقة الكهربائية أو الأجهزة الميكانيكية. والنتيجة، أبراج تهوية هائلة والتي هي سمة مميزة للمشروع. حيث يستخدم هذا المبنى التبريد المنفعل بواسطة التيار المنخفض التبخيري للمكانت على نطاق واسع ويوضح أنه من الممكن تحقيق راحة الإنسان في المناطق الحارة الجافة دون إستخدام نظم التكييف العادية ودون المساس بتكلفة البناء (Kamal, 2012).

ثانياً/ أهم استراتيجيات التهوية الطبيعية المستخدمة في المشروع:

تمحورت فلسفة تصميم المشروع، من وجهة النظر البيئية، حول تحقيق الإستفادة القصوى من التهوية الطبيعية، وضوء النهار الطبيعي، والسيطرة على دخول الغبار للمبنى، فضلاً عن إستخدام المواد الطبيعية المتوفرة في البيئة المحلية للمشروع. من جهة أخرى، تم تحقيق السيطرة الكاملة على الكسب الحراري الشمسي بواسطة التصميم الحكيم للترجيح، فضلاً عن تظليل النوافذ من الخارج بواسطة كاسرات أفقية.

إجمالاً، تم إستخدام أنظمة التبريد التبخيري المنفعله بنجاح في مركز أبحاث تورينت (Torrent Research Center)، والتي تتكون من أبراج مع منصات موقعة في أعلى البرج. تقوم الأبراج بإصطياح الرياح لسحب الهواء داخلها، ومن ثم تبريده عن طريق تحويله الى رذاذ خفيف، حيث يتم توزيع المياه عن طريق الضغط في خط إمدادات المياه لإنتاج رذاذ خفيف (يطلق عليها اسم Microniser) في الجزء العلوي لمداخل كبيرة تقع فوق الممرات الوسطى لكل بناية مختبر، وذلك بغرض سحب الهواء للأبراج. حيث تم تطوير وتعزيز فكرة الممر المركزي مع فضاءات العمل على جانبيه، بغرض تحقيق التبريد التبخيري المنفعل. بالنتيجة، ينزل الهواء المبرد عن طريق الممر المركزي المفتوح للمشروع، ليتم إستخلاصه في أماكن العمل في كل طابق من المبنى كي تتم تهويتها وتبريدها. من ثم، تقوم الأبراج بإستفاد الهواء الساخن عند الحدود الخارجية لفضاءات العمل (من حول محيط المجمع) ليلاً (الشكل 15) (Thomas and Baird, 2007).

غالباً ما توصف هذه الأبراج بمثابة مداخن عكسية (Reverse Chimneys)، ففي الوقت الذي يرتفع فيه عمود الهواء الحار في المدخنة الشمسية، فإن عمود الهواء البارد يهبط للأسفل في هذه المداخن العكسية. ويعتمد معدل تدفق الهواء على كفاءة جهاز التبريد التبخيري، وإرتفاع البرج، والمقطع العرضي، وكذلك المقاومة ضد تدفق الهواء في جهاز التبريد أو البرج. وقد سُجلت درجات الحرارة داخل مركز أبحاث تورينت (Torrent Research Center) التعليمي بحدود (29 - 30) م° عندما كانت درجات الحرارة في خارج المبنى تتراوح ما بين (43 - 44) م°. وتحققت (6 - 9) تغييرات في التهوية الطبيعية في الساعة في طوابق مختلفة من المبنى (Kamal, 2012).

ويوضح الجدول (1-2) استراتيجيات تعزيز التهوية الطبيعية المُستخدمة في المشروع.

الجدول (1-2): استراتيجيات تعزيز التهوية الطبيعية المُستخدمة في مركز أبحاث تورينت (Torrent Research Center).

المصدر: تنظيم الباحثة.

آلية عمل عناصر التهوية في المشروع	القوى الدافعة لإحداث التهوية الطبيعية في المشروع	إمداد المبنى بالتهوية الطبيعية وإستفادها منه	مبدأ التهوية الطبيعية المقابل لها	عناصر التهوية الطبيعية المميزة في المشروع	استراتيجيات تعزيز التهوية الطبيعية المُستخدمة في المشروع
المسافة العمودية للمداخن العكسية،	تعمل المداخن	إمداد المبنى	التهوية المقاطعة،	تثبيت مداخن	أولاً/ تخفيض الأحمال

الحرارية الداخلية عن طريق إستخدام عناصر التهوية الطبيعية.	عكسية.	والتهوية المدخنة (Stack Effect).	بالتهدية الطبيعية وإستفادها منه.	العكسية بالإستفادة من الطفو الحراري.	تعمل على زيادة تأثير الطفو الحراري، ومن ثم زيادة معدلات التهوية الطبيعية داخل المشروع.
---	--------	-----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	--

المثال الثالث/ مركز إيستغيت (Eastgate Centre):

- اسم المشروع : مركز إيستغيت (Eastgate Centre).
- نوع المشروع : متعدد الإستخدامات (مركز تسوق ومبنى إداري).
- موقع المشروع : هراري (Harare) - زيمبابوي (Zimbabwe).
- مناخ الموقع : مناخ شبه إستوائي.
- المهندس المعماري للمشروع : مايك بيرس (Mick Pearce).
- تأريخ إنجاز المشروع : 1996م.

أولاً/ وصف المشروع:

يقع مركز إيستغيت (Eastgate Centre) في مركز مدينة هراري (Harare) - زيمبابوي (Zimbabwe) ذات المناخ شبه الإستوائي، ويضم المبنى مركزاً للتسوق بمساحة (5600 م²) ومكاتب إدارية بمساحة (26000 م²) وموقفاً يتسع لـ (450 سيارة). والمبنى مُصمَّم من قِبَل المهندس المعماري مايك بيرس (Mick Pearce) بإسلوب تم تهويته وتبريده بوسائل طبيعية تماماً (منفصلة). مخطط المبنى ضلعه الطويل باتجاه (شرق - غرب) لتحقيق أقل إنفتاح نحو الشمس في الواجهتين الشرقية والغربية، ويتألف المبنى من تسعة طوابق، يضم الطابقين (الأرضي والأول) مركز التسوق وموقف السيارات واللذان تعلوهم برجين من المكاتب الإدارية (التي تطل على الفناء الداخلي المركزي للمبنى) ويتألف كل برج من سبعة طوابق. أما الفناء الداخلي المركزي، وهو يرتفع بتسعة طوابق من أرضية مركز التسوق الى مظلة سقف المبنى الزجاجية. كما يضم المبنى مجموعة من المداخل الشمسية والتي تقوم بدفع حركة الهواء ليلاً ونهاراً خلال المبنى (Johnston, 2000).

وتضمن تصميم المبنى العديد من مزايا التصميم البيئي المستدام، منها: توفير التهوية الطبيعية لتبريد فضاءات المبنى لتجنب الإفراط في إستخدام الطاقة من مكيفات الهواء الميكانيكية، وتحقيق التوازن بين الإستفادة القصوى من ضوء النهار الطبيعي لإضاءة فضاءات المبنى مع عزل المبنى عن الحرارة المفرطة والمرافقة عادةً للمناطق الإستوائية وشبه الإستوائية من العالم، فضلاً عن غيرها من الحلول المستدامة بيئياً (UNEP, 2011)، و (Johnston, 2000).

ثانياً/ أهم استراتيجيات التهوية الطبيعية المستخدمة في المشروع:

يُعد مركز إيستغيت (Eastgate Centre) عبارة عن مبنى مستدام بيئياً في التصميم والذي حقق حلول التهوية الطبيعية بإمتياز، حيث عمل مهندس المشروع على محاكاة الطبيعة من خلال دراسة العمليات الطبيعية وتكييفها لحل مشكلات الإنسان، وعكسها في تصميم المبنى بإسلوب يحقق التهوية الطبيعية بشكل فعال للغاية، مستوحياً ذلك من أبنية السكان الزيمبابويين الأصليين ومن تلال التبريد الذاتي للنمل الأبيض في أفريقيا. المبنى تم إنشائه بشكل كبير من الخرسانة، حيث لا يحتاج الى مكيفات هواء ولا تدفئة، مما يعني أن إحتياجه من الطاقة أقل من (10%) مقارنة بالمباني التقليدية المماثلة له بالحجم (UNEP, 2011).

يضم المبنى مجموعة من المداخل الشمسية المميزة للمشروع (48 مدخنة شمسية) مثبتة على أعلى سطح المبنى، والتي تقوم بإلتقاط الهواء الساخن وسحبه من فضاءات المكاتب في المشروع ومن ثم خروجه من هياكل المداخل الى خارج المبنى لتعزيز التهوية الطبيعية في فضاءات المبنى ليلاً ونهاراً. كما يضم المبنى فناءً داخلياً مركزياً تتم تهويته بشكل طبيعي، حيث يعزز من تأثير المدخنة (Stack Effect) لتحقيق حركة تهوية طبيعية في وسط المبنى. فضلاً عن وجود حلول أخرى داعمة كالكاسرات الشمسية وغيرها لتحقيق التهوية الطبيعية الفعالة في المبنى. وتعد هذه نفس المبادئ الأساس لتحقيق آلية التبريد المنفعل التي يستخدمها النمل الأبيض، والذي يحافظ على الأجزاء الداخلية من التلال بدرجة حرارة ثابتة عن طريق بناء المداخل التي تقوم بالتفيس عن طريق الجزء العلوي والجانبين (Johnston, 2000)، و (UNEP, 2011) (الشكل 16).

ويوضح الجدول (1-3) استراتيجيات تعزيز التهوية الطبيعية المستخدمة في المشروع.

الجدول (1-3): استراتيجيات تعزيز التهوية الطبيعية المستخدمة في مركز إيستغيت (Eastgate Centre).

المصدر: تنظيم الباحثة.

آلية عمل عناصر التهوية في المشروع	القوى الدافعة لإحداث التهوية الطبيعية في المشروع	إمداد المبنى بالتهوية الطبيعية وإستفادها منه	مبدأ التهوية الطبيعية المقابل لها	عناصر التهوية الطبيعية المميزة في المشروع	استراتيجيات تعزيز التهوية الطبيعية المستخدمة في المشروع
تم زيادة القوى المحركة الطبيعية	تعمل المداخل	إستفاد الهواء	التهوية المتقاطعة،	تثبيت 48 مدخنة	أولاً/ تخفيض الأحمال

الحرارية الداخلية عن طريق إستخدام عناصر التهوية الطبيعية.	شمسية في شمسية المبنى.	والتهووية بتأثير المدخنة (Stack Effect).	من المبنى.	الشمسية بواسطة الطفو الحراري.	عن طريق المسافة الكبيرة والعمودية للمداخن الشمسية. وبالنتيجة، زيادة تأثير الطفو الحراري، ومن ثم زيادة معدلات التهوية الطبيعية داخل المشروع.
ثانياً/ تخفيض الأحمال الحرارية الداخلية عن طريق إستخدام عناصر التهوية الطبيعية.	يحتوي المبنى على فناء داخلي مركزي.	التهوية المتقاطعة، والتهوية بتأثير المدخنة (Stack Effect)، والتهوية من جانب واحد.	إمداد المبنى بالتهوية الطبيعية وإستفادها منه.	يعمل الفناء الداخلي المركزي بالإستفادة من الطفو الحراري والطاقة الحركية للرياح.	تم زيادة القوى المحركة الطبيعية عن طريق إستخدام حجم كبير للفناء الداخلي المركزي. وبالنتيجة، زيادة معدلات تدفق الهواء داخل المشروع.

المثال الرابع/ مركز جنزايم (Genzyme Center):

- اسم المشروع : مركز جنزايم (Genzyme Center).
 نوع المشروع : مبنى إداري.
 موقع المشروع : كامبريدج (Cambridge) – ماساشوسيتس (Massachusetts) في الولايات المتحدة الأمريكية.
 مناخ الموقع : مناخ قاري رطب، مع صيف حار وشتاء بارد ثلجي.
 المهندس المعماري للمشروع : (Lyme Properties)، و (House & Robertson Architects)، و (Behnisch & Partner).
 تاريخ إنجاز المشروع : عام 2003 م.

أولاً/ وصف المشروع:

يُعد مركز جنزايم (Genzyme Center) الإداري الواقع في كامبريدج (Cambridge) – الولايات المتحدة الأمريكية، ذات المناخ القاري، المقر الرئيس لشركة التكنولوجيا الحيوية وهو مبنى مستدام بيئياً، أنشئ عام 2003م، وشاركت ثلاث شركات معمارية مختلفة في تصميمه، هي: لايم العقارية (Lyme Properties)، والمعماريون هاوس وروبرتسون (House & Robertson)، وبينيش وشركاه (Behnisch & Partner). تبلغ مساحة المبنى (32000 م²)، ويتألف من (12 طابقاً)، تم إنجازه في عام 2003. وهو أكبر مبنى في الولايات المتحدة الأمريكية حاصل على شهادة لييد البلاطينية (LEED Platinum) عام 2006 (Yudelson, 2007). يضم المبنى مجموعة من المزايا المستدامة بيئياً، منها: جودة البيئة الداخلية في المبنى، ووفرة ضوء النهار الطبيعي، فضلاً عن إشمال المبنى على منظومة كفاءة في إستخدام الطاقة، وتكنولوجيا حفظ المياه، وكفاءة إستخدام المواد. كما تميز غلاف المبنى بكونه عالي الأداء، ومنظومة الترجيح فيه مؤلفة من الستائر الجدارية عالية الأداء أيضاً (Olmstead and Neely, 2005).

ثانياً/ أهم استراتيجيات التهوية الطبيعية المستخدمة في المشروع:

ضم مبنى جنزايم (Genzyme) مجموعة من الاستراتيجيات التصميمية المنفصلة لتعزيز التهوية الطبيعية في فضاءاته الداخلية، وذلك عن طريق إستخدام: الواجهة المزدوجة، والفناء الداخلي المركزي المسقف، مما حقق جودة عالية في البيئة الداخلية للمبنى. وفيما يخص الواجهة المزدوجة، يُعد غلاف مبنى جنزايم (Genzyme) عالي الأداء، حيث أن أكثر من (32%) من الغلاف الخارجي للمبنى (أي ما يعادل ثلث الغلاف الخارجي للمبنى) عبارة عن واجهة مزدوجة التهوية مفضولة فضائياً بحوالي (1,25 م)، والتي تقوم بخلق منطقة عازلة حرارياً بين المبنى والبيئة الخارجية المحيطة به. في الصيف، يتم تهوية هذا الفضاء ومن ثم تهوية فضاءات المبنى الأخرى. بينما في الشتاء، يتم إلتقاط الحرارة في هذا الفضاء لحفظ المبنى دافئاً (Yudelson, 2007). كما ساعد تصميم الواجهة المزدوجة، المبنى في المحافظة على ظروفه الحرارية، وتقليل كسب الطاقة الشمسية فيه طوال العام تقريباً وذلك عن طريق إحتباس الحرارة التي تشع من المبنى ومنع حرارة الشمس من الدخول إليه. أما بالنسبة للفناء الداخلي المركزي، فقد ضم المبنى فناء داخلي مركزي فُتحت عليه جميع مستويات المبنى بفضاءاتها الداخلية. ويعمل هذا الفناء الداخلي بمثابة قناة ضخمة تساعد على توفير التهوية، والتبريد، والإضاءة الطبيعية، لفضاءات المبنى. ويتم تبريد وتهوية المبنى بشكل طبيعي عن طريق تأثير المدخنة (Stack Effect) من الحرارة المرتفعة خلال الفناء الداخلي المركزي ومن ثم خروجها من المبنى، وذلك بإرتفاع الهواء الدافئ بشكل طبيعي عن طريق تأثير المدخنة، لغاية إستفادته عن طريق الجزء العلوي من الفناء الداخلي المركزي. ومما يعزز هذه العملية بشكل كبير هو حجم الفناء الداخلي المركزي الكبير، فضلاً عن النوافذ التي ترفع من تدفق الهواء الطبيعي وتقلل من الطلب على نظام التكييف الميكانيكي. من ثم، المحافظة على صحة شاغلي المبنى عن طريق توفير مديات عالية من الراحة الحرارية لهم، وبالنتيجة رفع إنتاجيتهم (الشكل 17) (Olmstead and Neely, 2005).
 ويوضح الجدول (1-4) استراتيجيات تعزيز التهوية الطبيعية المستخدمة في المشروع.
 الجدول (1-4): استراتيجيات تعزيز التهوية الطبيعية المستخدمة في مبنى جنزايم (Genzyme) الإداري.

المصدر: تنظيم الباحثة.

آلية عمل عناصر التهوية في المشروع	القوى الدافعة لإحداث التهوية الطبيعية في المشروع	إمداد المبنى بالتهوية الطبيعية وإستفادها منه	مبدأ التهوية الطبيعية المقابل لها	عناصر التهوية الطبيعية المميزة في المشروع	ستراتيجيات تعزيز التهوية الطبيعية المؤظفة في المشروع
تُفعل الواجهة المزدوجة التأثيرات الحرارية المنفصلة، بإستخلاص التهوية الطبيعية من المنطقة العازلة في الواجهة عن طريق فتح النوافذ في الواجهة الداخلية. حينها يوفر تأثير المدخنة التيارات الهوائية داخل المشروع بالإستفادة من الطاقة الحركية للرياح.	تعمل الواجهة المزدوجة بالإستفادة من الطاقة الحركية للرياح.	إمداد المبنى بالتهوية الطبيعية وإستفادها منه.	التهوية المتقاطعة، والتهوية بتأثير المدخنة (Stack Effect).	توظيف الواجهة المزدوجة في المبنى.	أولاً/ تخفيض الأحمال الحرارية الداخلية عن طريق إستخدام عناصر التهوية الطبيعية.
تم زيادة القوى المحركة الطبيعية عن طريق إستخدام حجم كبير للفناء الداخلي المركزي. وبالنتيجة، زيادة معدلات تدفق الهواء داخل المشروع.	يعمل الفناء الداخلي المركزي بالإستفادة من الطفو الحراري والطاقة الحركية للرياح.	إمداد المبنى بالتهوية الطبيعية وإستفادها منه.	التهوية المتقاطعة، والتهوية بتأثير المدخنة (Stack Effect)، والتهوية من جانب واحد.	يحتوي المبنى على فناء داخلي مركزي.	ثانياً/ تخفيض الأحمال الحرارية الداخلية عن طريق إستخدام عناصر التهوية الطبيعية.

المثال الخامس/ مكتبة "لانچيستر فريديك (Frederick Lanchester)":

اسم المشروع	: مكتبة لانچيستر فريديك (Frederick Lanchester).
نوع المشروع	: مبنى تعليمي.
موقع المشروع	: كوفينترى (Coventry) - إنكلترا.
مناخ الموقع	: مناخ بحري.
المهندس المعماري للمشروع	: المهندسون المعماريون شورت وشركاه (Short and Associates Architects).
تأريخ إنجاز المشروع	: عام 2002 م.

أولاً/ وصف المشروع:

تقع مكتبة لانچيستر فريديك (Frederick Lanchester) في جامعة كوفينترى (Coventry University) في مدينة كوفينترى (Coventry) - إنكلترا، والمصممة من قِبل المهندسون المعماريون شورت وشركاه (Short and Associates Architects). وتبلغ مساحة المكتبة (9103 م²)، وتضم (4 طوابق وسرداب). وتُعد المكتبة من المباني الكفوءة في إستخدام الطاقة، ومثالاً ممتازاً على التهوية الطبيعية، حيث إعتد التصميم كلياً على التهوية الطبيعية وللطوابق الأربعة الرئيسة للمكتبة (بسبب المكاسب الحرارية العالية لطابق السرداب لساعات طويلة، تطلب نظم تكييف الهواء الميكانيكية) (Lomas, 2007).

ثانياً/ أهم استراتيجيات التهوية الطبيعية المستخدمة في المشروع:

تتم تهوية الطوابق الأربعة للمشروع عن طريق تزويد الفناء الداخلي المفتوح على خمسة طوابق (أربع طوابق أساس وسرداب) بالهواء النقي، فضلاً عن وجود سلسلة من الآبار الضوئية (والمشابهة للمداخن الشمسية) والتي تم تجميعها على طول محيط المبنى. يدخل الهواء النقي الى المبنى عن طريق الدورة الكاملة بين الطابق الأول والسرداب الذي يخدم الآبار الضوئية الرباعية الشكل للمشروع، والموقعة بشكل بئر ضوئي مركزي، فضلاً عن مجموعة آبار ضوئية لكل ركن من أركان المبنى، والتي تعمل على توفير أحسن توزيع للهواء النقي والإضاءة النهارية الطبيعية عبر مخططات الطوابق العميقة للمبنى. حيث تعمل الحرارة المكتسبة بواسطة شاغلي المبنى وأجهزة الكمبيوتر على تسخين الهواء داخل فضاءات المبنى، وإنشاء قوة الطفو الحراري التي بدورها تسبب إرتفاع الهواء الساخن الى الأعلى، وتراكمه في الطبقة الواقعة تحت السقف بحدود (3,9 م). حينها سيتولد تأثير المدخنة (Stack Effect) على إرتفاع (1,8 - 20,0) م على المحيط الخارجي للآبار الضوئية في المشروع ليتم تهويتها، من ثم تقوم بدورها بتوجيه الهواء الساخن الى خارج المبنى (الشكل 18).

في فصل الشتاء، يتم رفع درجة حرارة الهواء الداخل للمبنى بواسطة ملفات التسخين المسبق (Pre-Heating Coils) التي تقع أفقياً عبر قاعدة بمساحة (6 م²) مجهزة في أعلى الآبار الضوئية، والتي تدفع الهواء الساخن عند النقاط التي تُدخل الهواء على كل طابق. بينما في فصل الصيف الحار، فيتم توفير التهوية بواسطة استراتيجيات المنفصلة. كما تُستخدم التهوية ليلاً لتبريد الكتلة الحرارية للمبنى والمُعَرَّضة للحرارة العالية، بحيث يمكنها إستيعاب الحرارة خلال الساعات الدافئة من اليوم التالي.

تتم تهوية الطابق العلوي عن طريق وجود أربع مداخن شمسية منفصلة للتهوية، والتي أُضيفت للمبنى لحل مشكلة الجريان العكسي للهواء المُستنفذ من البئر الضوئي المركزي والتي تم تحديدها بواسطة المحاكاة الحاسوبية خلال مرحلة تصميم المبنى. من جهة أخرى، يجري الحد من المكاسب الحرارية الشمسية في المشروع، عن طريق تثبيت ستائر أفقية متحركة على رأس الآبار الضوئية، مع توقيع النوافذ والبروزات ونتوءات التظليل المعدنية بعناية، للمساعدة على الحد من مخاطر ارتفاع درجات الحرارة، فضلاً عن تحسين فعالية منظومة التهوية الطبيعية في المبنى (Krausse and et al., 2007).

ويوضح الجدول (5-1) استراتيجيات تعزيز التهوية الطبيعية المُستخدمة في المشروع.

الجدول (5-1): استراتيجيات تعزيز التهوية الطبيعية المُستخدمة في مكتبة لانچيستر فريديك (Frederick Lanchester).

المصدر: تنظيم الباحثة.

آلية عمل عناصر التهوية في المشروع	القوى الدافعة لإحداث التهوية الطبيعية في المشروع	إمداد المبنى بالتهوية الطبيعية وإستفادها منه	مبدأ التهوية الطبيعية المقابل لها	عناصر التهوية الطبيعية المميزة في المشروع	استراتيجيات تعزيز التهوية الطبيعية المُوظفة في المشروع
توظيف الكتلة الحرارية للمبنى لتخزين البرودة عن طريق سحب الأحمال الحرارية المتراكمة في النهار بالإستفادة من تأثير الطفو الحراري، لمنع الإرتفاع الكبير في درجات الحرارة.	تعمل كتلة المبنى بالإستفادة من تأثير الطفو الحراري.	إمداد المبنى بالتهوية الطبيعية وإستفادها منه.	التهوية بتأثير المدخنة، وإكتساب الحرارة من الهواء ليلاً نتيجة التبادل الحراري المرتبط بالتخزين في كتلة المبنى.	تبريد الكتلة الحرارية للمبنى والمُعَرَّضة للحرارة العالية عن طريق التهوية ليلاً.	أولاً/ استراتيجيات التهوية ليلاً بإستخدام الكتلة الحرارية للمبنى.
تم زيادة القوى المحركة الطبيعية عن طريق المسافة الكبيرة والعمودية للمداخن الشمسية. وبالنتيجة، زيادة تأثير الطفو الحراري، ومن ثم زيادة معدلات التهوية الطبيعية داخل المشروع.	تعمل المداخن الشمسية بالإستفادة من تأثير الطفو الحراري.	إستفاد الهواء من المبنى.	التهوية المتقاطعة، والتهوية بتأثير المدخنة (Stack Effect).	تثبيت أربع مداخن شمسية في المبنى.	ثانياً/ تخفيض الأحمال الحرارية الداخلية عن طريق إستخدام عناصر التهوية الطبيعية.
تم زيادة القوى المحركة الطبيعية عن طريق المسافة الكبيرة والعمودية للآبار الضوئية. وبالنتيجة، زيادة تأثير الطفو الحراري، ومن ثم زيادة معدلات التهوية الطبيعية داخل المشروع.	تعمل الآبار الضوئية بالإستفادة من تأثير الطفو الحراري.	إمداد المبنى بالتهوية الطبيعية وإستفادها منه.	التهوية المتقاطعة، والتهوية بتأثير المدخنة (Stack Effect).	تثبيت الآبار الضوئية المشابهة في عملها للمداخن الشمسية.	ثالثاً/ تخفيض الأحمال الحرارية الداخلية عن طريق إستخدام عناصر التهوية الطبيعية.
تم زيادة القوى المحركة الطبيعية عن طريق إستخدام حجم كبير للفناء الداخلي المركزي. وبالنتيجة، زيادة معدلات تدفق الهواء داخل المشروع.	يعمل الفناء الداخلي المركزي بالإستفادة من الطفو الحراري والطاقة الحركية للرياح.	إمداد المبنى بالتهوية الطبيعية وإستفادها منه.	التهوية المتقاطعة، والتهوية بتأثير المدخنة، والتهوية من جانب واحد.	يحتوي المبنى على فناء داخلي مركزي.	رابعاً/ تخفيض الأحمال الحرارية الداخلية عن طريق إستخدام عناصر التهوية الطبيعية.

9-1 إستنتاجات الجانب التطبيقي (العملي):

- بعد مقارنة العناصر المميزة للتهوية الطبيعية، هناك ضرورة لوجود الفناء الداخلي المركزي في الأبنية العامة متعددة الطوابق للإستفادة من تفعيل "تأثير المدخنة (Stack Effect)" داخل المبنى وتعزيز التهوية الطبيعية فيه، وأهمية إنشاء الفناء الداخلي المركزي في الأبنية العامة في البيئة العمرانية العراقية (وكما هو الحال في مركز إستيكت (Eastgate Centre)، ومبنى جنزاي (Genzyme)، ومكتبة لانچيستر فريديك (Frederick Lanchester)، لا سيما إن الأبنية العامة تمتاز بكثرة العاملين والمراجعين فيها، وبالنتيجة زيادة كميات غاز (CO₂) في تلك الأبنية.
- أهمية توظيف أبراج الرياح (البادجيريات) بإسلوب معاصر في الأبنية، لا سيما في البيئة العمرانية العراقية، وكما هو الحال في برج الرياح (البارجيل) الموجود في مدينة مصدر والذي وظّف الاستراتيجيات التصميمية المنفصلة والفاعلة، لزيادة فاعليته في التهوية. أو توظيف أبراج الرياح بإسلوب منفصل وكما هو الحال في أبراج الرياح الموجودة في أبنية جامعة قطر، وأبراج الرياح في مركز أبحاث تورينت (Torrent Research Center).
- أهمية تطبيق الواجهات المزدوجة في البيئة العمرانية العراقية ذات المناخ الحار الجاف (وكما هو الحال في مبنى جنزاي (Genzyme))، لما لها من أهمية في تحقيق التهوية الطبيعية للمبنى عن طريق توفيرها منطقة عازلة حرارية عن البيئة الخارجية، فضلاً عن أهميتها في الحد من المكاسب الحرارية وأحمال تكيف الهواء داخل المبنى.

- ضرورة تبنيّ الاستراتيجيات التصميمية المختلفة للتهوية الطبيعية (ودمج أكثر من عنصر تهوية في المبنى وكما هو الحال في الأمثلة السابقة) في البيئة العمرانية العراقية ذات المناخ الحار الجاف وبما يتلائم معها (توظيف الواجهات المزدوجة، والفناء المركزي، وأبراج الرياح)، وعدم الإكتفاء بوجود النوافذ والفتحات فقط، بمثابة حل للتهوية الطبيعية، لأن هذه الاستراتيجيات التصميمية تساعد على تطيف المناخ الموضعي وتقليل التلوث، مع المحافظة على صحة الإنسان ورفع إنتاجيته، لا سيما بعد ما أصاب البيئة الطبيعية العراقية من ملوثات ناجمة عن الحروب التي مرّ بها.
- أهمية تطبيق استراتيجيات التصميم المنفعل للتهوية الطبيعية في البيئة العمرانية العراقية لترشيد إستهلاك الطاقة وأخذها بعين الإعتبار منذ المراحل التصميمية الأولى، لا سيما أن مشكلة العراق تكمن في كثرة إستخدامه للطاقة الكهربائية بشكل أساس، وبالأخص لأغراض التبريد والتهوية. وحيث أن أجهزة التبريد معظمها عالية الإستهلاك للطاقة الكهربائية، توجب وجود الاستراتيجيات التصميمية المنفعل للتهوية الطبيعية في الأبنية لمساعدة أجهزة التكييف والتهوية الميكانيكية عن طريق تقليل مدد تشغيلها، وبالنتيجة ترشيد إستهلاك الطاقة الناضبة.
- إمكانية تطبيق الاستراتيجيات التصميمية المنفعل للتهوية الطبيعية في الأبنية في سياقات متنوعة بتوظيف أكثر من أسلوب في التصميم، عن طريق التكامل بين عناصر التهوية الطبيعية المميزة.

10-1 الإستنتاجات العامة:

- تُعدّ التهوية الطبيعية من أهم استراتيجيات تحسين جودة الهواء في البيئات الداخلية للمبنى، والحدّ من الأثر البيئي السلبي للمبنى، فضلاً عن فاعليتها في تحسين المناخ الموضعي لفضاءات المبنى الداخلية.
- يساعد توظيف استراتيجيات التصميم المنفعل للتهوية الطبيعية في الأبنية، على توفير بيئة صحية خالية من الملوثات بزيادة كمية الهواء الصحي فيها، وتقليل نسب غاز (CO₂)، مع تحقيق مديات عالية من السيطرة الحرارية على البيئات الداخلية للمبنى، فضلاً عن توازن المبنى مع البيئة المحيطة. بالنتيجة، تعزيز صحة شاغلي تلك الأبنية ورفع قابليتهم الإنتاجية.
- ضرورة تعزيز التهوية الطبيعية داخل الأبنية عن طريق توظيف طرق وأساليب التصميم المنفعل نظراً لما تمتلكه من أثر فعال وقدرة عالية في تقليل الطاقة المصروفة لأغراض التهوية والتبريد في الأبنية، فضلاً عن كفاءتها الكبيرة في تحقيق مديات عالية من الراحة الحرارية لشاغلي تلك الأبنية.
- أهمية تفعيل عناصر التهوية الطبيعية المميزة في تصاميم الأبنية في الوقت الحاضر، ودمجها مع الطرق الميكانيكية في التهوية والتبريد، لا سيما في مناخ العراق الحار الجاف وما يتمتع به من طول فصل الصيف، وذلك بغرض تقليل الطلب على الوسائل الفاعلة في التهوية والتبريد، وبالنتيجة التقليل من الطلب على الطاقة وإستنزافها.
- ينبغي تحقيق المتطلبات التصميمية للتهوية الطبيعية في المراحل التصميمية الأولى لكونها ضرورةً مُلحةً، نظراً لما تُوفّره من كفاءة مثلى في أداء البيئات الداخلية للمبنى.
- تُعدّ درجات الحرارة في البيئة الخارجية المحيطة بالمبنى، والرطوبة، وسرعة الرياح، من العوامل المُحدّدة لنجاح تطبيق تقنيات التهوية الطبيعية في أي مبنى.
- تسعى الاستراتيجيات التصميمية المنفعل لتوفير التهوية الطبيعية في الأبنية الى تحقيق إحدى مفاهيم التصميم البيئي المستدام. بالإمكان رؤية قنوات الهواء المُدمجة مع أبراج الرياح (البادغيرات) في الأبنية التقليدية في المناطق الحارة الجافة، لا سيما في العراق، حيث يبرّد الهواء في هذه القنوات ويُدفع للأسفل نحو السرداب ومنه الى بقية فضاءات المبنى.
- يُسهّم وجود فتحات نوافذ صغيرة بمستوى عالي في فضاء المبنى، وأخرى كبيرة بمستوى الشاغلين، على تعزيز مفعول المدخنة (Stack Effect) وتفعيل حركة التهوية الطبيعية من خارج المبنى الى داخله وبالعكس (عن طريق فرق الكثافات بارتفاع الهواء الدافئ القليل الكثافة الى الأعلى وحلول الهواء البارد مكانه)، لا سيما في حال كان إرتفاع الفضاء عالياً، وكان المبنى يطل على باحة مزروعة وتضم مسطحاً مائياً أو نافورة لترطيب الهواء فيها وتقليل درجة حرارته.
- يُعدّ تأثير المدخنة (Stack Effect)، أحد وسائل التصميم البيئي المستدام الذي يساعد على رفع كفاءة الإستخدام الطاقوي داخل المبنى ويأسلوب منفعل عن طريق توفير التهوية الملائمة لفضاءات المبنى، فضلاً عن التبريد في الأشهر المعتدلة من السنة.
- أهمية وجود الفناء الداخلي المركزي (Atrium) في الأبنية العامة متعددة الطوابق والذي تفتح عليه جميع طوابق المبنى بفضاءاته الداخلية، لأن الفناء الداخلي يساعد على تفعيل "تأثير المدخنة (Stack Effect)" داخل المبنى وتعزيز التهوية الطبيعية فيه، لا سيما إذا ضم سقف الفناء، كوات تُفتح وتُغلق آلياً (أوتوماتيكياً).
- يتعين الإستفادة من الكتلة الحرارية للمبنى (الجدران والسقوف والأرضيات والنوافذ)، نظراً لما تمتلكه من دور أساس في جمع وتخزين وتوزيع الحرارة داخل فضاءاته، ومن ثم تعزيز فقدان الحرارة صيفاً والكسب الحراري شتاءً، لا سيما المناطق الحارة الجافة ومنها العراق، ويأسلوب منفعل يساعد على تقليل الإستهلاك العالي للطاقة الكهربائية.

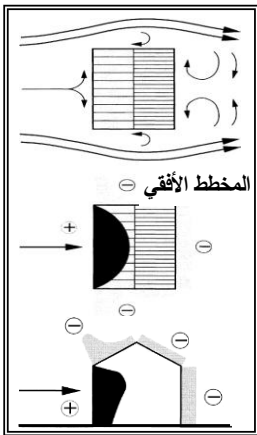
- يعمل تأثير المدخنة (Stack Effect) على إزالة الحرارة المختزنة في مواد البناء الى البيئة الخارجية المحيطة به.
- الاستفادة من استراتيجيات التصميم المنفعل للتهوية الطبيعية في الأبنية، لاسيما في الأوقات المعتدلة من السنة في مناخ العراق الحار الجاف، حيث الإنخفاض في درجات الحرارة مع قلة الأتربة والعواصف.
- إيلاء موضوع التهوية الطبيعية أهمية أكبر في تصاميم الأبنية في البيئة العراقية بشكل عام، والاستفادة من الحلول التي قدمتها العمارة العراقية التقليدية وتوظيفها بإسلوب معاصر.

المصادر:

- كمونة، غادة محمد إسماعيل عبد الرزاق، كانون الثاني 2015. منظومات العمارة الخضراء في التصميم البيئي المستدام، أطروحة دكتوراه مقدمة الى قسم هندسة العمارة - كلية الهندسة/ جامعة بغداد، بغداد - العراق، (ص 118، 120، 121، 122، 161-162، 165-166).
- Baker, Nick & Steemers, Koen, 2005. *Energy & Environment in Architecture: A Technical Design Guide*, E & FN Spon, Taylor & Francis Group, London – UK, pp. 55, 56, 66.
 - Bauer, Michael & et al., 2010. *Green Building - Guidebook for Sustainable Architecture*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Stuttgart – Germany, pp. 43, 44.
 - Bin Ahmad, Mohd Hamdan and et al., 2006. *Towards Development of Tropical Solar Architecture: The Use of Solar Chimney as Stack Induced Ventilation Strategy*, Faculty of Built Environment, University Technology Malaysia, Research Management Centre, Malaysia, pp. 16, 22, 23, 144.
 - Building and Construction Authority, 2010. *Building Planning and Massing*, Green Building Platinum Series, Centre for Sustainable Buildings and Construction, Singapore, pp.24,25,58, 60,63, 74.
 - El-Shorbagy, Abdel-Moniem, June 2010. *Design with Nature: Windcatcher as a Paradigm of Natural Ventilation Device in Buildings*, International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS Vol. 10, No. 03, P. 23.
 - Geetha, N. B. and Velraj, R., 2012. *Passive Cooling Methods for Energy Efficient Buildings with and without Thermal Energy Storage – A Review*, Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research, Volume (issues) 29 (2): 913-946, India, pp. 926, 931.
 - Heiselberg, P., 2005. *Building Integrated Ventilation Systems – Modelling and Design Challenges*, Hybrid Ventilation Centre, Alaborg University, Denmark, pp. 2, 4.
 - Johnston, Lindsay, 2000. *Environmentally Sustainable Design*, AntHill, a Case Study on the Environmental Performance of a Development in Africa Reveals a Green Agenda for International Appropriation, pp. 82-83. Available at: http://www.rivertime.org/lindsay/ar_articles/ar_74.pdf
 - Kamal, Mohammad Arif, September 2012. *An Overview of Passive Cooling Techniques in Buildings: Design Concepts and Architectural Interventions*, Acta Technica Napocensis: Civil Engineering & Architecture, Vol. 55, No. 1, India, pp. 85, 90, 93.
 - Kang, Bhujon and Lutz-Carillo, Sky, 2009. *Indirect /Passive Air-Flow Systems*, Center for Sustainable Development, School of Architecture –University of Texas, Tustin – USA, pp. 9, 11.
 - Kleiven, Tommy, March 2003. *Natural Ventilation in Buildings: Architectural Concepts, Consequences & Possibilities*, Thesis Requirements for the Degree of Doctor of Engineering at Norwegian University of Science & Technology – Faculty of Architecture and Fine Art, Department of Architectural Design, Norway, pp. 28, 30, 31, 53-54, 56, 59, 64.
 - Krausse, Birgit and et al., 2007. *Environmental Performance of a Naturally Ventilated City Centre Library*, Institute of Energy and Sustainable Development, De Montfort University, UK, pp. 2-3.
 - Lomas, Kevin J., 2007. *Architectural Design of an Advanced Naturally Ventilated Building Form*, Science Direct: Energy and Buildings 39, UK, P. 179.
 - Macquoy, Bart, January 2014. *Natural Ventilation Based Bioclimatic Redevelopment*, Building Transformation and Improvement into an Integrated Energy Efficient

Multifunctional Design, Delft University of Technology, Department of Architecture, Netherlands, pp. 2, 3, 5, 6, 7.

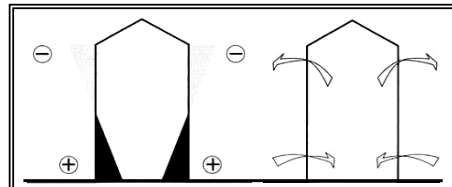
- Martin, Miguel and et al, April 2015. *An Experimental Network for Urban Heat Island Analysis in a Green District of the Middle-East*, ICUC9 - 9th International Conference on Urban Climate Jointly with 12th Symposium on the Urban Environment, The Cooperative Agreement between the Masdar Institute of Science and Technology, Abu Dhabi-UAE and the Massachusetts Institute of Technology, Cambridge – USA, P. 2.
- Olmstead, Dara and Neely, Dona, 2005. *Genzyme Center*, A Case Study of Sustainable Building Strategies, Tufts Climate Initiative & Tufts University Department of Urban and Environmental Policy and Planning, Commissioned by the Massachusetts Technology Collaborative, USA, pp. 3, 9, 11, 14.
- Per Kvols, Heiselberg, 2006. *Design of Natural and Hybrid Ventilation*, Aalborg University, Department of Civil Engineering–Indoor Environmental Engineering, DCE Lecture No.005, Denmark, pp. 19, 22-23, 24, 27, 32.
- Szokolay, Steven V., 2004. *Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design*, Architectural Press, An imprint of Elsevier Science, UK, pp. 14, 16.
- Thomas, Leena and Baird, George, 2007. *Post-Occupancy Evaluation of Passive Downdraft Evaporative Cooling and Air-Conditioned Buildings at Torrent Research Centre, Ahmedabad – India*, University of Technology, Sydney – Australia, pp. 1, 2, 3, 4.
- UNEP, February 2011. *Building for the Future*, A United Nations Showcase in Nairobi, United Nations Environment Programme, Nairobi – Kenya, pp. 36, 37.
- Yudelson, Jerry, June 2007. *Green Building A to Z: Understanding the Language of Green Building*, New Society Publishers, Canada, pp. 40, 48, 101, 132, 139.
- ARCHNET, *Qatar University*, Architect's Record of Qatar University. Time of Visiting the Website at 8: 17 pm, 19 February 2016. Available at: <http://archnet.org/sites/288>



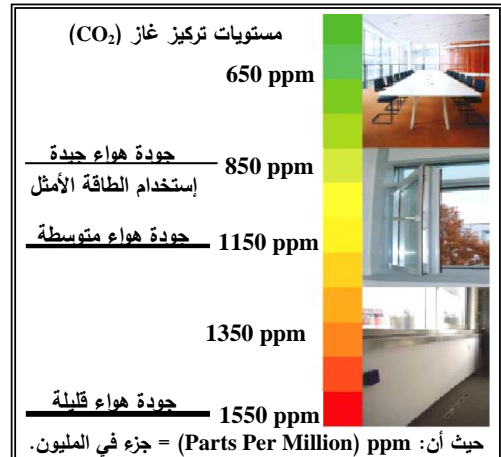
الشكل (3): توزيع الضغط



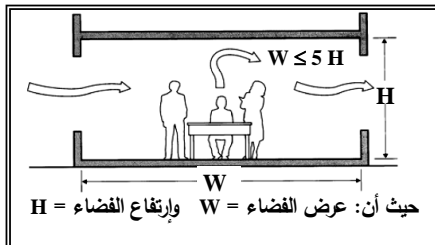
الشكل (2): شاشات رصد غاز (CO₂).
المصدر: (كمونة، 2015)



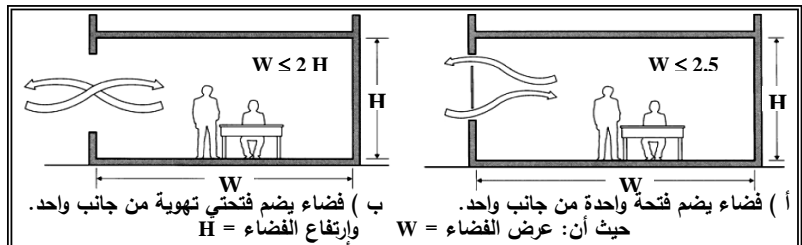
الشكل (4): الطفو الحراري في المبنى.
المصدر: (Kleiven, 2003).



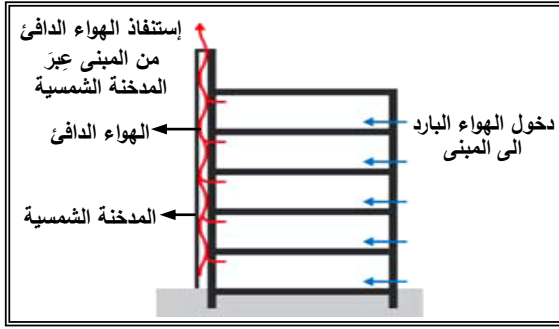
الشكل (1): مستويات تركيز (CO₂) في الفضاءات المغلقة.
المصدر: (Bauer and et al, 2010).



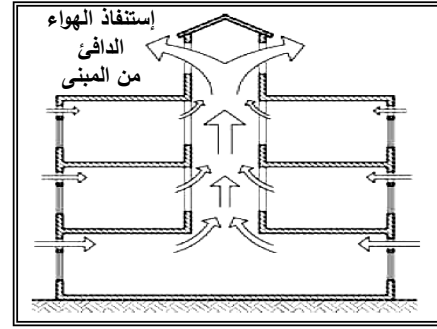
الشكل (6): التهوية الطبيعية المتقاطعة داخل فضاء.
المصدر: (Per Kvols, 2006).



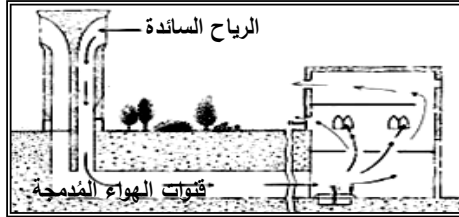
الشكل (5): التهوية الطبيعية في جانب واحد من الفضاء.
المصدر: (Per Kvols, 2006).



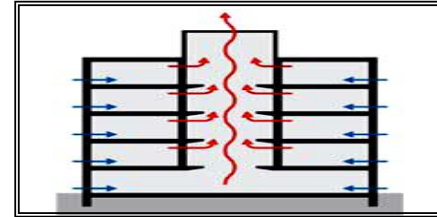
الشكل (8): آلية عمل المدخنة الشمسية.
المصدر: (Macquoy, 2014).



الشكل (7): التهوية الطبيعية بتأثير المدخنة (Stack Effect).
المصدر: (Per Kvols, 2006).



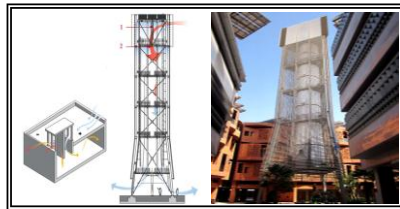
الشكل (10): قنوات التهوية المدمجة والمرتبطة مع أبراج الرياح.
المصدر: (Kleiven, 2003).



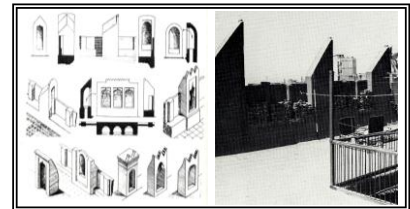
الشكل (9): التهوية الطبيعية بالفناء الداخلي المركزي.
المصدر: (Macquoy, 2014).



الشكل (13): استراتيجية التهوية ليلاً في المبنى.
المصدر: (Macquoy, 2014).



الشكل (12): برج الرياح في مدينة مصدر.
المصدر: (Martin and et al, 2015).



المصدر: (كمونة، 2015).



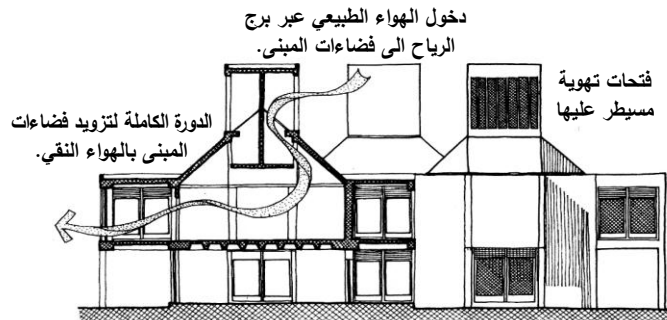
منظور جوي للمشروع ذو التصميم الشبكي المؤلف من أشكال ممتدة.



منظور جوي لجامعة قطر.



منظور خارجي لأبراج الرياح في مباني جامعة قطر.



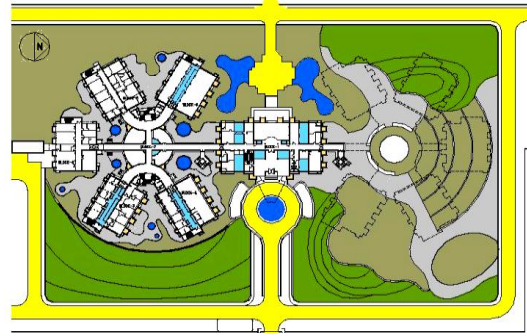
مقطع طولي في أحد أبنية الجامعة يوضح آلية دخول الهواء الطبيعي لفضاءات المبنى عبر برج الرياح وإستفاده من الفتحات الموجودة في فضاءات المبنى.

الشكل (14): الاستراتيجيات التصميمية للتهوية الطبيعية الموظفة في أبنية جامعة قطر.

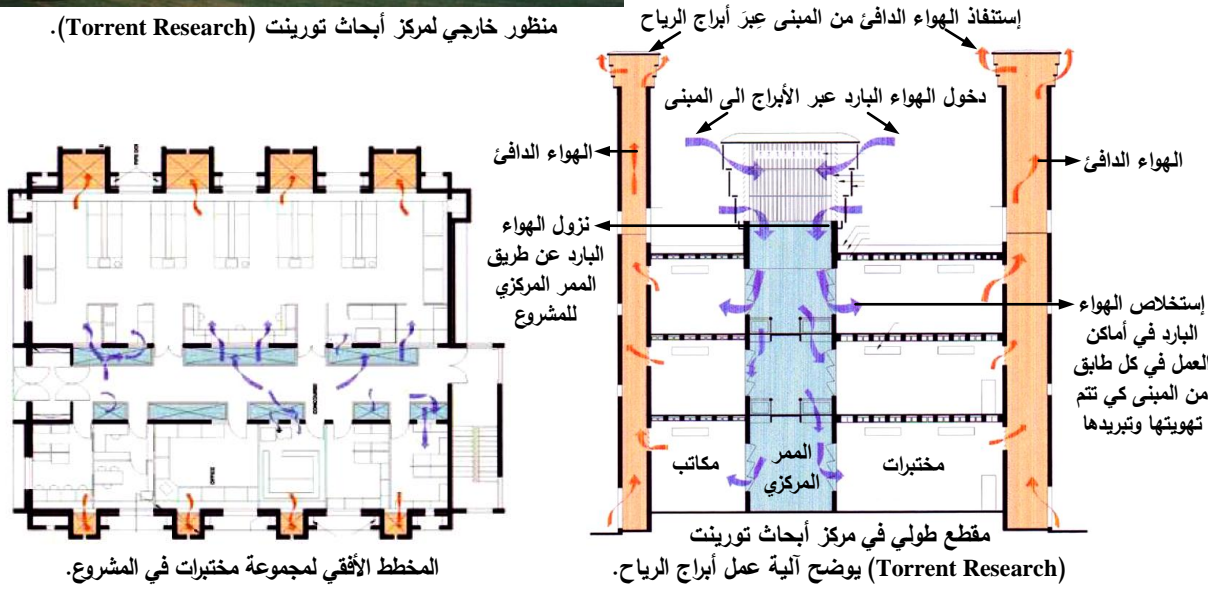
المصدر: تنظيم الباحثة إستناداً للمصدرين (El-Shorbagy, 2010) و (<http://archnet.org/sites/288>).



منظور خارجي لمركز أبحاث تورينت (Torrent Research).



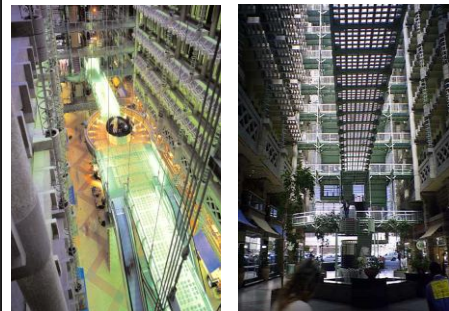
مخطط الموقع لمركز أبحاث تورينت (Torrent Research).



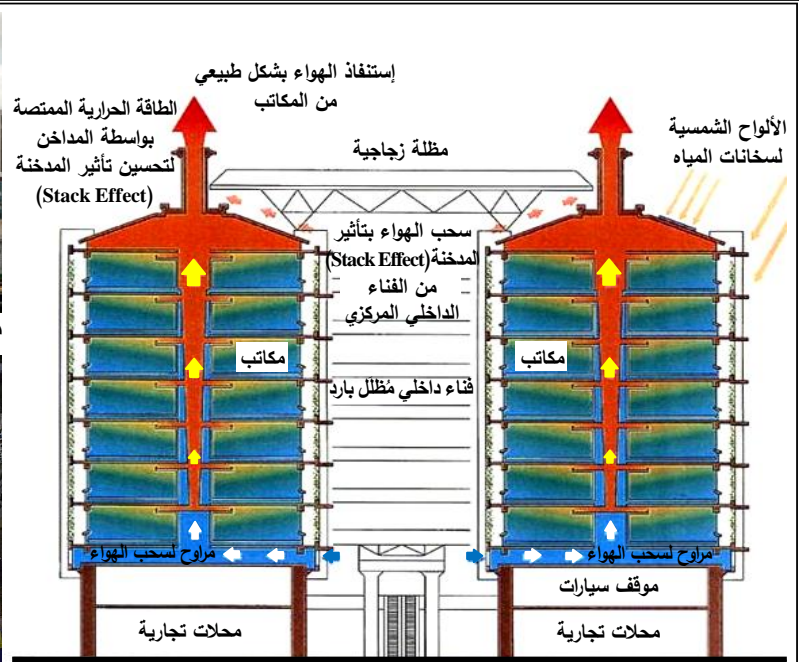
الشكل (15): الاستراتيجيات التصميمية للتهوية الطبيعية الموظفة في مركز أبحاث تورينت (Torrent Research Center). المصدر: تنظيم الباحثة إستناداً للمصدر (Thomas and Baird, 2007).



منظور خارجي لمركز إيستغيت (Eastgate Centre).

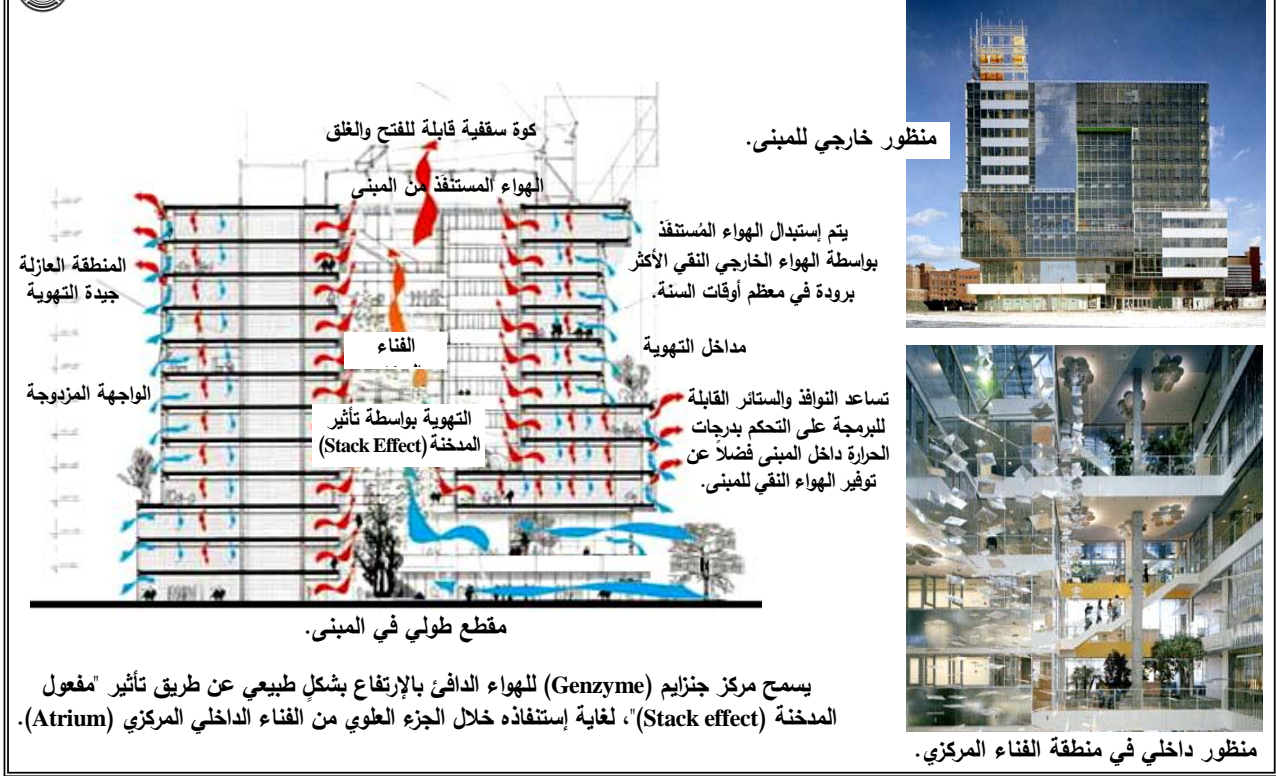


مناظير في الفناء الداخلي المركزي للمبنى.

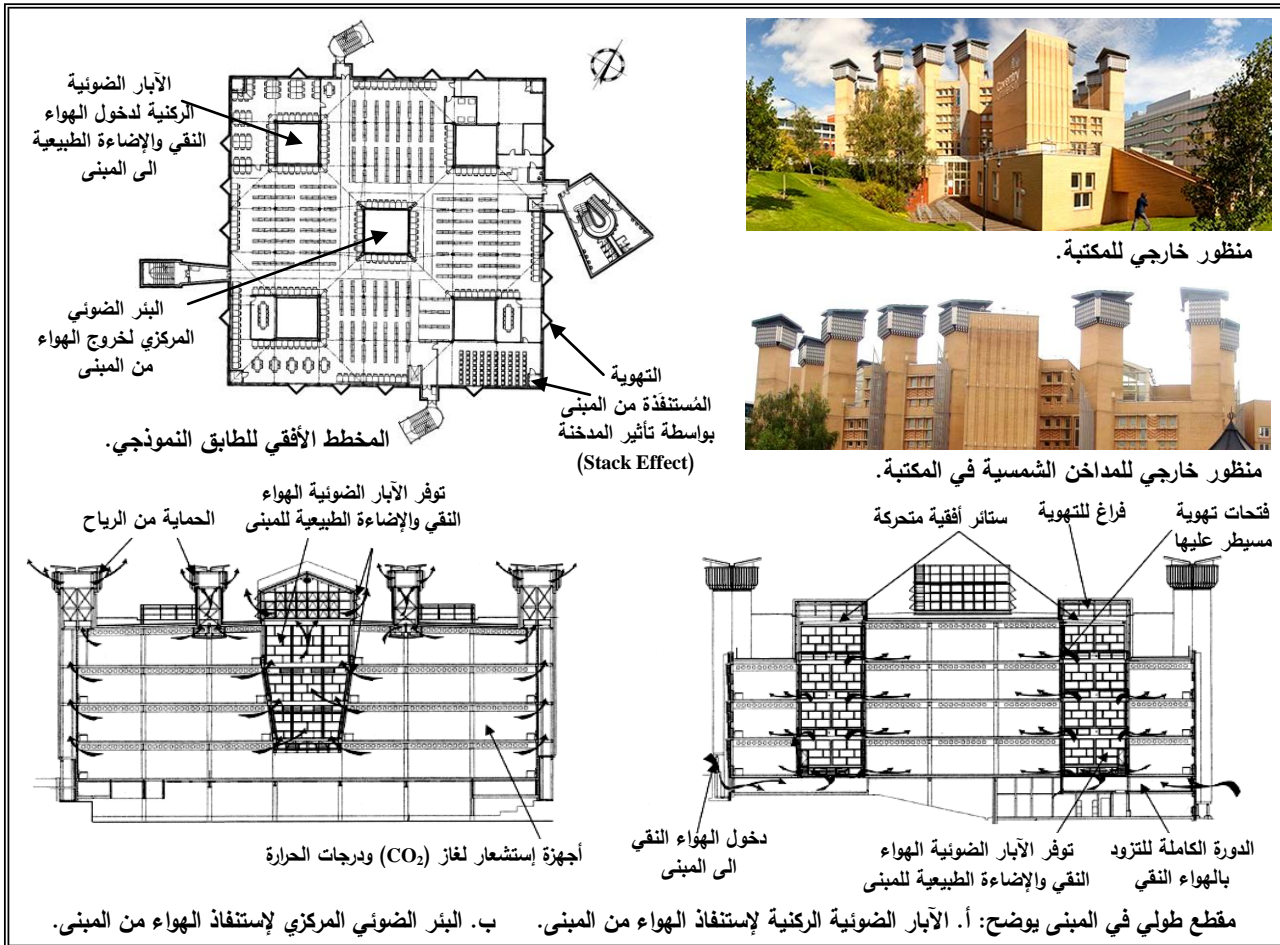


مقطع في المبنى.

الشكل (16): الاستراتيجيات التصميمية للتهوية الطبيعية الموظفة في مركز إيستغيت (Eastgate Centre). المصدر: تنظيم الباحثة إستناداً للمصدرين (Johnston, 2000, P. 81)، (UNEP, 2011, P. 36).



الشكل (17): الاستراتيجيات التصميمية للتهوية الطبيعية الموظفة في مركز جنزيم (Genzyme) الإداري.
المصدر: تنظيم الباحثة إستناداً للمصدر (Olmstead and Neely, 2005).



الشكل (18): الاستراتيجيات التصميمية للتهوية الطبيعية الموظفة مكتبة لانچيستر فريدريك (Frederick Lanchester).
المصدر: تنظيم الباحثة إستناداً للمصدر (Krause and et al., 2007).