Journal of Al-Azhar University Engineering Sector

Vol. 19, No. 70, January 2024, 304 - 325

A COMPARATIVE ANALYTICAL STUDY OF NATURAL VENTILATION STRATEGIES WITH HYBRID VENTILATION SYSTEMS

Islam Ahmed Abodief, Mohamed Hassan, Hassan Elsayed Hassan

Architectural Department, Faculty of Engineering, Al-Azhar University, Cairo, Egypt.

***Correspondence:** Eslam.abodief2@gmail.com

Citation:

I.A. Abodief, M.H. Khalil and H.E Hassan" A Comparative Analytical Study of Natural Ventilation Strategies with Hybrid Ventilation Systems", Journal of Al-Azhar University Engineering Sector, vol. 19, pp. 304-325, 2024.

Received: 29 August 2023

Revised: 9 October 2023

Accepted: 20 October 2023

DOI: 10.21608/auej.2023.234207.1411

Copyright © 2024 by the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International Public License (CC BY-SA 4.0)

ABSTRACT

The research deals with the study of natural ventilation, its most important principles, how to achieve it, its strategies, and how it works with mechanical systems in what is known as “hybrid systems.” An analytical study was conducted for five buildings that rely heavily on hybrid ventilation to achieve user comfort through the application of natural and mechanical ventilation strategies. It works with mechanical ventilation, and the possibility of achieving typical air flow rates in internal spaces despite the different climates of these buildings, then making a comparison between these buildings in terms of (geographical location - natural ventilation strategies - hybrid systems used - design strategies used - temperatures - relative humidity). Then, the research concludes with the strengths and weaknesses of each building through studying (the horizontal layout - the outer shell - the Central voids (atrium) and the effect of both wind forces and buoyancy, then the degree of harmony of the BMS building management system, then examining the most important results and recommendations related to the subject of study.

KEYWORDS: Natural Ventilation, Cross-ventilation, hybrid systems, Stack-ventilation, Wing Walls.

دراسة تحليلية مقارنة لاستراتيجيات التهوية الطبيعية مع أنظمة التهوية الهجينة

إسلام أحمد أبوضيف، محمد حسن خليل ، حسن السيد حسن أبومحمود

قسم الهندسة المعمارية , كلية الهندسة , جامعة الازهر, القاهرة , مصر

*** البريد الألكتروني البحث الرئيسى:** Eslam.abodief2@gmail.com

1.الملخص:

يتناول البحث دراسة التهوية الطبيعية وأهم مبادئها وكيفية تحقيقها والإستراتيجيات الخاصة بها وكيفية عملها مع الأنظمة الميكانيكية فيما يعرف باسم "النظم الهجينة "حيث تم عمل دراسة تحليلية لخمسة من المباني التي تعتمد بشكل كبير علي التهوية الهجين في تحقيق راحة المستخدمين من خلال تطبيق إستراتيجيات التهوية الطبيعية وألية عملها مع التهوية الميكانيكية، وإمكانية الوصول لمعدلات تدفق الهواء النموذجية في الفراغات الداخلية رغم اختلاف مناخات هذه المباني ، ثم عمل مقارنة بين هذه المباني من حيث (الموقع الجغرافي – إستراتيجيات التهوية الطبيعية - النظم الهجينة المستخدمة – إستراتيجيات التصميم المستخدمة -درجات الحرارة – الرطوبة النسبية) ثم يخلص البحث الي نقاط القوة والضعف الخاصة بكل مبني من خلال دراسة (المسقط الأفقي – الغلاف الخارجي- الفراغات المركزية (الإتريوم) وتأثير كلا من قوى الرياح والطفو ثم مدي تناغم نظام إدارة المباني BMS، ثم الوقوف على أهم النتائج والتوصيات الخاصة بموضوع الدراسة.

الكلمات المفتاحية: التهوية الطبيعية، التهوية المتقاطعة، الأنظمة الهجينة، التهوية المتراكمة، جدران الأجنحة.

2. المقدمة:

يعتبر تقليل الاعتماد على التهوية "الميكانيكية" من خلال "إعادة إدخال" أنظمة التهوية الطبيعية في المباني هو محور هام وتجدر الإشارة إلى وجود عدد من المباني التي تستخدم أنظمة تهوية طبيعية مبتكرة خلال الجزء الأكبر من سنة التشغيل ، ومع ذلك فمن النادر للغاية أن يتمكن مبنى من الاعتماد بنسبة 100% على التهوية الطبيعية ويرجع ذلك لحد كبير إلى الآثار المترتبة على فشل هذا الأمر وهذه الحقيقة وحدها هي قوة دافعة قوية لتسليط الضوء عليها ، وأفضل حالة هي استخدام أنظمة "هجينة" للتهوية في المباني حيث تستخدم التهوية الطبيعية للفترات التي تسمح فيها الظروف الخارجية ، ولكن بعد ذلك تتولى الأنظمة الميكانيكية الكاملة المسؤولية عندما تكون الظروف الخارجية غير مثالية بسبب درجة الحرارة أو الرطوبة أو الضوضاء أو التلوث).

3. المشكلة البحثية وهدف البحث:

حيث أنه في ضوء التوجهات العالمية لتقليل استهلاك الطاقة، تتمثل المشكلة البحثية في توفير بيئة صحية متكاملة داخل المباني والاعتماد بشكل كبير على التهوية الطبيعية من خلال تكاملها مع النظم الميكانيكية والوصول إلى راحة المستخدمين.

4. أهداف البحث: الهدف الرئيسي للبحث هو "محاولة الحد من استخدام الطاقة باستخدام بدائل تصميمية وبيئية توفر الراحة الحرارية للمستخدمين في الفراغات من خلال استخدام النظم الهجينة للتهوية والاعتماد الأكبر على التهوية الطبيعية.

5.منهجية وفرضية البحث :

تعتمد منهجية البحث علي التعرف علي المشكلة البحثية وتحديد أبعادها ومحاولة إيجاد حلول لهذه المشكلة ضمن منهج علمي واضح من خلال **المنهج الاستقرائي** الذي يستقرأ الكتابات النظرية التي ترتبط بالمباني ذات التهوية الميكانيكية واستراتيجيات التهوية الطبيعية ومبادئها وكيفية تحقيقها ، ودراسة الغلاف الخارجي وتأثيره علي الفراغات الداخلية ، ثم **المنهج التحليلي** حيث يتم دراسة عدد من المباني التي تعتمد في تهويتها علي النظم الهجينة ودراسة أساليب واستراتيجيات التهوية الطبيعية والتهوية الميكانيكية وأليات العمل لكل منهما والأوقات التي تناسب كل نظام من هذه الأنظمة ومقدار الطاقة التي يمكن توفيرها من خلال عمل التهوية الطبيعية.

6. الفرضية العلمية للبحث:

تتمثل الفرضية العلمية للبحث في ضوء السعي لتقديم نظام عمل متكامل يجمع بين أنظمة التهوية الطبيعية والأنظمة الميكانيكية بما يعرف بالنظام الهجين واللازم لتحقيق جودة البيئة الداخلية بالمباني للحصول على تهوية صحية وتوفير الراحة الحرارية للمستخدمين بهدف الحد من استهلاك الطاقة وتقليل الأثر البيئي والاقتصادي الناتج على الاعتماد بشكل كامل على الأنظمة الميكانيكية طوال العام.

7.الكلمات الدلالية:

التهوية الطبيعية ـ التهوية المتقاطعة ـ تهوية المداخن – النظم الهجينة.

8. مبادئ التهوية الطبيعية في المباني:

- تلعب التهوية الطبيعية ثلاثة أدوار مهمة في المباني وهي:

- التهوية من أجل تحقيق جودة الهواء.

- التهوية من أجل تحقيق الراحة الحرارية.

- التهوية من أجل تبريد المبني. [2]

وتعتمد الآليات الفيزيائية للتهوية الطبيعية على اختلافات الضغط المتولدة عبر فتحات غلاف المبنى فيتم إنشاء اختلافات الضغط من خلال:

9. تأثير قوى الرياح:

تخلق الرياح توزيعًا للضغط حول المبنى، ويؤثر شكل المبنى واتجاه الرياح وسرعتها والمناطق المحيطة به على معامل الضغط كما أن متوسط فرق الضغط عبر غلاف المبنى يعتمد على متوسط سرعة الرياح عند ارتفاع المبنى في اتجاه الريح، وكثافة الهواء الداخلي كدالة للضغط الجوي ودرجة الحرارة والرطوبة. [2]

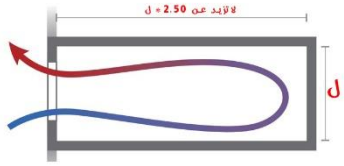
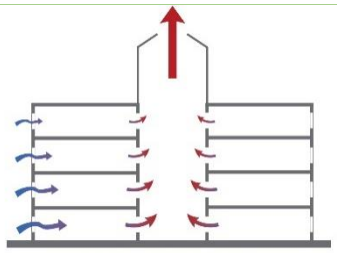
10. تأثير قوى (الطفو) المداخن:

تحدث التهوية بتأثير قوي الطفو بسبب اختلافات الكثافة الناتجة عن التغيرات في درجة الحرارة والارتفاع بين الداخل والخارج أو بين مناطق معينة داخل المبنى وتعتمد اختلافات الضغط الناتجة عن الطفو بشكل أساسي على ارتفاع المدخنة (فرق الارتفاع بين فتحات دخول وخروج الهواء) وفرق كثافة الهواء كدليل لدرجة الحرارة ومحتوى الرطوبة في الهواء. ولضمان تدفق الهواء إلى الداخل في حالة عدم وجود الرياح يجب أن تكون درجات الحرارة الخارجية أقل من درجات الحرارة الداخلية لتحقيق تهوية ناجمة عن الطفو. [2]

11. إستراتيجيات التهوية الطبيعية في المباني:

تشير "إستراتيجيات التهوية" إلى كيفية دخول الهواء إلى المبنى وكيفية خروجه منه ويمكن تصنيف الاستراتيجيات المختلفة المستخدمة لتهوية المباني إلى ثلاث فئات رئيسية كما يوضح **جدول (1)**.

جدول (1) إستراتيجيات التهوية الطبيعية في المباني/ Brager, G (2000) بتصرف الباحث

إستراتيجيات التهوية الطبيعية في المباني		
إستراتيجية 1	إستراتيجية 2	إستراتيجية 3
التهوية من جانب واحد Single-sided ventilation	التهوية المتقاطعة Cross-ventilation	تهوية المداخن Stack-ventilation
يمكن لهذه الاستراتيجية تهوية المساحة بشكل فعال إذا كان عمق الفراغ بحد أقصى 2.5 ضعف ارتفاعه	التهوية المتقاطعة الفعالة تشترط ألا يتجاوز عمق الغرفة خمسة أضعاف ارتفاعها ويساعد تأثير الطفو أيضًا في فعالية التهوية المتقاطعة عندما تواجه المساحات مساحة مفتوحة طويلة مثل فراغات الإتريوم.	والتي تتم عند دخول الهواء النقي إلى المبنى عند مستوى منخفض خروجه عند مستوى مرتفع بسبب حدوث فروق في درجة الحرارة والكثافة والضغط بين الداخل والخارج غالبًا ما تستخدم تهوية المداخن في المباني التي تحتوي على فراغات مركزية أو مدخنة أو جزء مرتفع
 قطاع يوضح إستراتيجية التهوية من جانب واحد	قطاع يوضح إستراتيجية التهوية المتقاطعة	 قطاع يوضح إستراتيجية تهوية المداخن

12. إستراتيجيات التهوية الهجين في المباني:

تقدم التهوية ذات الوضع المختلط أو "الهجين" استراتيجية مناسبة تستخدم مزيجا من التهوية الطبيعية والأنظمة الميكانيكية التي توفر شكلا من أشكال التبريد وتوزيع الهواء ، ويتم تصنيف المباني ذات الوضع المختلط بشكل عام على أساس استراتيجيات التشغيل الخاصة بها والتي توضح ما إذا كانت التهوية الطبيعية والتبريد الميكانيكي يعملان في نفس المساحات أو في أماكن مختلفة في المبنى وفي نفس الأوقات أو في أوقات مختلفة ، وغالبًا ما تشتمل المباني ذات الوضع المختلط على أنظمة إدارة مباني BMS (Building Management System) وهي كما يوضح **جدول (2)**.

جدول (2) إستراتيجيات التهوية الهجين/ Brager, G (2000) بتصرف الباحث

إستراتيجية 1	إستراتيجية 2	إستراتيجية 3		
contingency	zoned	Complementary		
استراتيجية وجود أحد النظامين الطبيعي أو الميكانيكي	استراتيجية تقسيم المناطق والفراغات	استراتيجية التبديل المكمل Complementary Alternate	استراتيجية التحويل المكمل Complementary Changeover	استراتيجية التزامن المكمل Complementary Concurrent
يتم تصميم المبني كمبنى مكيف مع توفير إمكانية التبديل إلى التهوية الطبيعية وعمل مساحات مخصصة لتركيب المعدات الميكانيكية في المستقبل.	يعمل التبريد الميكانيكي والتهوية الطبيعية في فراغات مختلفة من المبنى.	يتم تصميم المبنى مع إمكانية العمل في ظل أوضاع تهوية ميكانيكية وطبيعية في نفس المكان حيث يشتمل المبنى على تجهيزات ومعدات لكل من التكييف والتهوية الطبيعية ولكنها تعمل بشكل مستمر معا أو كل منهم على حده.	يتحول المبنى بين التبريد الميكانيكي والتهوية الطبيعية على أساس موسمي أو يومي، حسب الظروف الجوية الخارجية	يعمل التبريد الميكانيكي والتهوية الطبيعية في نفس المكان وفي نفس الوقت (على سبيل المثال، عندما يكمل نظام HVAC التهوية الطبيعية لزيادة راحة المستخدمين وزيادة كفاءة الطاقة إلى أقصى حد.

13. دراسة تحليلية لبعض حالات المباني التي تعتمد علي النظم الهيجينة في التهوية الخاصة بها:

بعد دراسة استرتيجيات كلا من التهوية الطبيعية والنظم الهجينة يتناول البحث دراسة تحليلية لحالات مباني تعتمد علي هذه الاستراتيجيات في نظم التهوية الخاصة بها وتم اختيار اشهر المباني التي تحتوي علي هذه الاستراتيجيات وهي :

1- مبني TORRE CUBE- غوادالاخارا- المكسيك تم بناءه عام 2005 م – ويعتمد على التهوية الطبيعية فقط (contingency).

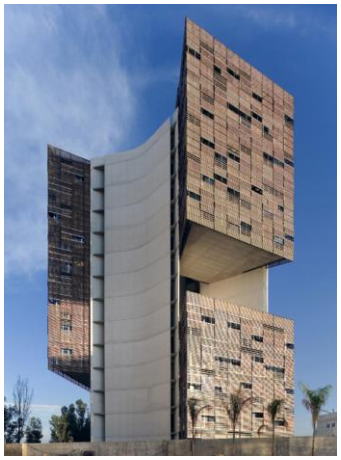
2- مبني Bligh Street- سيدني- أستراليا تم بناءه عام 2011 م – ويعتمد على التهوية الهجين باستراتيجية تقسيم المناطق والفراغات (zoned)، تهوية طبيعية باستراتيجية التهوية المتقاطعة لتهوية الإتريوم والممرات.

3- مبني Menara UMNO- بينانج – ماليزيا تم بناءه عام 1998 م- ويعتمد على التهوية الهجين باستراتيجية التبديل المكمل (Complementary Alternate) واستراتيجية التهوية المتقاطعة المدفوعة بالرياح.

4- مبني شركة RWE - أيسن – ألمانيا تم بناءه عام 1996 م- ويعتمد على التهوية الهجين باستراتيجية التحويل المكمل (Complementary Changeover) واستراتيجية التهوية من جانب واحد مدفوعة بالرياح.

5- مبني Manitoba Hydro Placeوينيبج- كندا تم بناءه عام 2008 م -ويعتمد على التهوية الهجين باستراتيجية التزامن المكمل (Complementary Concurrent) واستراتيجية التهوية المتقاطعة وقوي الطفو للمساحات الداخلية المتصلة

14. مبني TORRE CUBE- غوادالاخارا- المكسيك:



شكل (1) مبني TORRE CUBE-
غوادالاخارا- المكسيك- المصدر
www.google.com

يتكون البرج من ثلاثة أجنحة مكتبية على شكل قمع مغطاة بالخشب، مع عدد ثلاثة قلب خرساني تحتوي جميع مرافق الخدمة وعناصر الاتصال الرأسي داخل المبنى، وتختلف مساحات الأجنحة الثلاثة 105 - 125 - 175 م2. ويبلغ عمق المساحات المكتبية 12 م ومتوسط عرضها حوالي 12 م ويسمح النظام الإنشائي بالبلاطات الكابولية بتصميمات داخلية مفتوحة وخالية من الأعمدة داخل المساحات المكتبية ويقع مدخل المبنى على الجانب الشمالي الشرقي ، ويحتوي المدخل علي درج كبير يصعد إلى الطابق الثالث علي فراغ كبير شبيه بالساحة مفتوح من أعلي وهو عنصر مهم جدا للإضاءة والتهوية الطبيعية ، وفي بعض الطوابق يتم فتح بعض الفراغات المكتبية علي الفراغ المركزي مما يخلق حدائق مفتوحة تعمل على جلب الضوء الطبيعي والتهوية إلى الفراغ المركزي ، كما تستخدم كمنطقة للتجمعات في أوقات راحة الموظفين كما يوضح **شكل (2)** . [17]

1.14 إستراتيجية التهوية الطبيعية بمبني TORRE CUBE :

يسمح مناخ Guadalajara المعتدل والمناسب بالتهوية الطبيعية طوال العام دون الاعتماد على التهوية الميكانيكية في التدفئة أو التبريد، وتستخدم الواجهات الخارجية للأجنحة الثلاثة للمكاتب نوافذ زجاجية منزلقة ممتدة من الأرض حتى السقف كما يوضح **شكل (3)** تتكون الواجهة الخارجية الشفافة من أعمال وحدات خشبية مصنوعة من ألواح خشب الصنوبر الرقيقة والمعالجة على إطار معدني (brise-soleil) ، وتحمي المكاتب من الوهج واكتساب حرارة الشمس وتعمل كحماية من السقوط من النوافذ المنزلقة ذات الارتفاع الكامل بالإضافة إلى ذلك تعمل هذه الواجهة الخارجية كحاجز جزئي ضد التهوية التي تحركها الرياح في المكاتب ، مما يقلل من سرعة تدفق الهواء. ويمكن أن تنزلق الألواح الخشبية أفقيًا من قبل شاغلي المكتب مما يمنح درجة من المرونة لمقدار الظل ويتحكم في تدفق الهواء إلى المكاتب. [6]

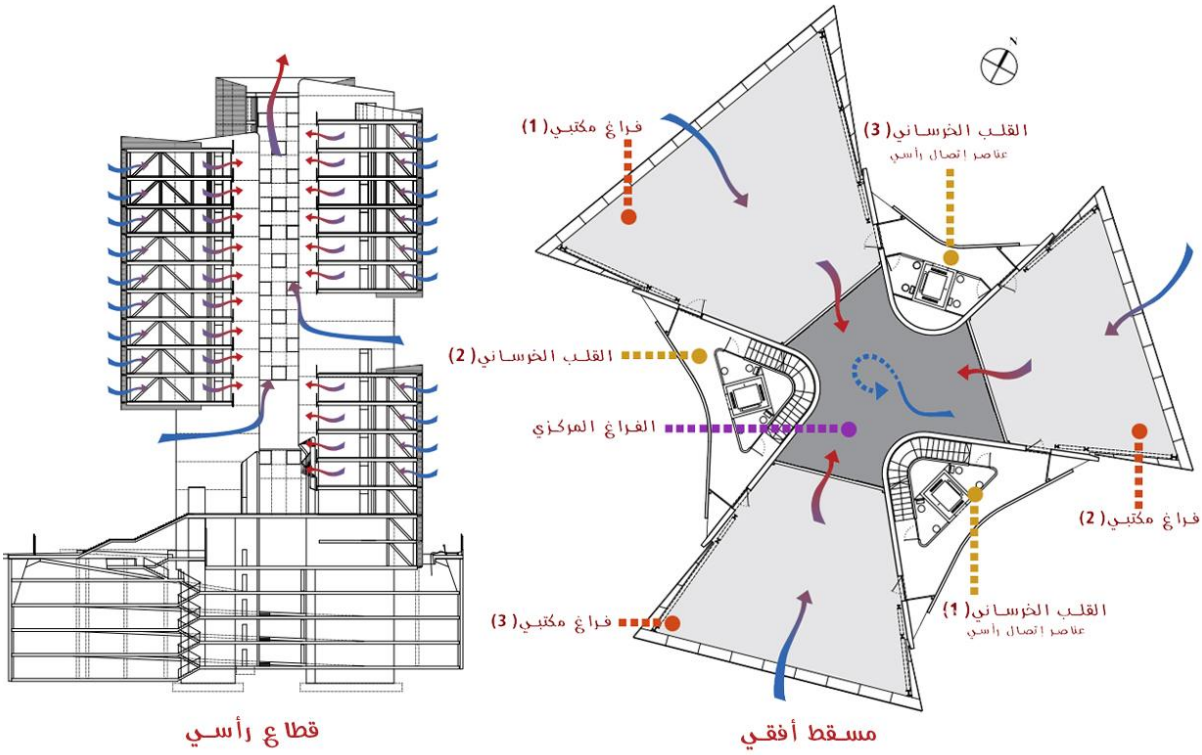
2.14 ألية عمل إستراتيجية التهوية الطبيعية بمبني TORRE CUBE :

استراتيجية التهوية في Torre Cube على تعرف علي أنها مزيج من التهوية المتقاطعة بمساعدة قوي الطفو بنظام المدخنة في الفراغ المركزي ، حيث يتم تحقيق التهوية المتقاطعة عن طريق سحب الهواء النقي إلى مساحة المكتب من خلال النوافذ المنزلقة من الواجهة ويتم خروجه إلى الفراغ المركزي من خلال أيضا النوافذ المنزلقة في الواجهة الداخلية ، ويوفر تأثير المدخنة في الفراغ الداخلي رفعًا إضافيًا من خلال الضغط السلبي الذي يسحب الهواء من المكاتب ليتم رفعه إلي الجزء العلوي من المبنى كما تساعد الحدائق الداخلية علي زيادة الضوء و الهواء في الفراغات الداخلية. [6]

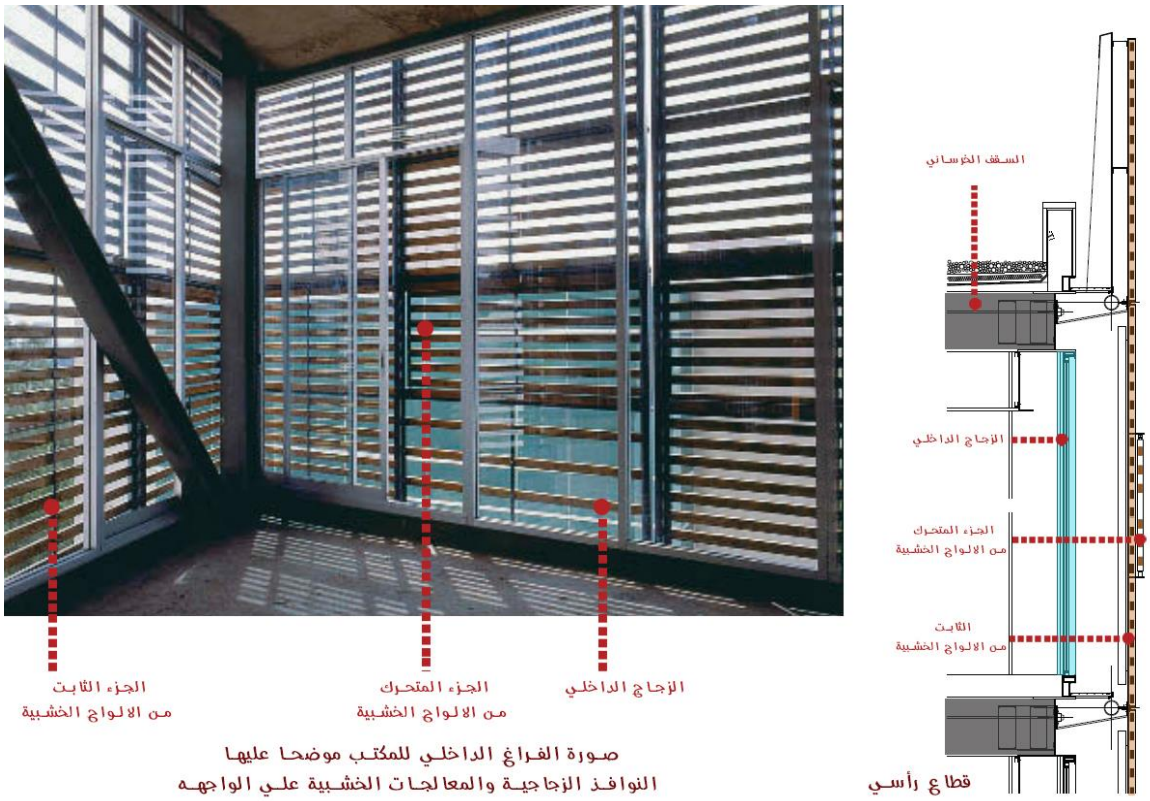
3.14 إستراتيجية عمل النظام الهجين بمبني TORRE CUBE :

يعتمد مبني Torre Cube كليًا على التهوية الطبيعية (وأجهزة التظليل الشمسي) لتبريد المبنى وبالتالي لا توجد تهوية ميكانيكية أو أنظمة مختلطة تعمل. وحتى خلال فصل الشتاء، يكون المناخ معتدلاً بدرجة كافية بحيث لا توجد حاجة للتدفئة وبالتالي لا يوجد نظام لإدارة المباني (BMS) حيث يقوم شاغلو المكاتب بتشغيل جميع النوافذ والشبكات الخشبية للواجهة يدويًا مما يتيح للمستخدمين التحكم المباشر في كمية الهواء وأشعة الشمس التي تدخل المساحات المكتبية. وبالرغم من هذا إلا أن التصميم يدمج مجاري الهواء(ductwork) في جميع المساحات المكتبية التي من شأنها أن تسمح للمستخدمين بتركيب وحدات تكييف الهواء لمساحاتهم

إلا أنه لم يتم تشغيل أي تهوية ميكانيكية حتى الآن. [1]



شكل (2) المسقط الأفقي والقطاع الرأسي موضح عليهم حركة الهواء داخل مبني TORRE CUBE-
تصرف من الباحث Galiano, L. F. (2005)



شكل (3) صورة فراغ مكتب داخلي وقطاع رأسي لواجهة مبني TORRE CUBE-
بتصرف من الباحث Galiano, L. F. (2005)

15. مبنى Bligh Street:

يهدف Bligh Street إلى تحقيق بيئة موفرة للطاقة مع إمكانية الوصول إلى ضوء النهار والتهوية ومرونة كبيرة في المساقط أفقية. حيث يقع المبنى في مكان بارز في منطقة الأعمال المركزية في سيدني، تم تصميم المسقط الأفقي على شكل بيضاوي كما يوضح **شكل (5)** ويمتد المحور الطويل للمسقط على طول الاتجاه الجنوبي الغربي والشمالي الشرقي مما يؤدي إلى رؤية جيدة على الميناء. يحتوي الطابق الأول علي عده عناصر خارجية مفتوحة مثل مقهى ومركز رعاية أطفال ومطعم وبار. كما تم عمل منطقة الخدمات علي الواجهة الجنوبي بجوار المباني المحيطة لزيادة المساحات المستغلة علي الغلاف الخارجي ، كما يوجد أيضا علي الواجهة الجنوبية الإتريوم مما يزيد ضوء النهار والهواء النقي ، ويحيط الإتريوم من الداخل مصاعد زجاجية وممرات وغرف اجتماعات وترسات ، أما بالنسبة للطوابق المكتبية فتم تصميمها بمسقط أفقي مفتوح مع إمكانية عمل مكاتب منفصلة على طول المحيط ، ويوجد حديقتان في البرج واحدة في الطابق 15 بجوار منطقة المصاعد والأخرى تقع على سطح الدور الأخير وتم حمايتها بدروة من زجاج الواجهة الخارجية بارتفاع 10 متر عن مستوي الدور الأخير كما يوضح **شكل (5)**. [24]

شكل (4) مبني Bligh Street – سيدني- أستراليا - المصدر www.google.com

1.15 إستراتيجية التهوية الطبيعية لمبنى Bligh Street :

يتم تهوية الفراغ المركزي (الإتريوم) للمبنى بشكل طبيعي ولكن مناطق العمل والمكاتب يتم تهويتها ميكانيكيًا بالكامل. ويتم توفير الهواء النقي الطبيعي من خلال فتحة في الطابق الأرضي **شكل (6)** وحديقة مفتوحة في الطابق الخامس عشر ويتم توزيعه على جميع الطوابق عن طريق تهوية المداخن (قوي الطفو) حيث يؤدي تأثير المدخنة إلى سحب الهواء من خلال الفتحات الموجودة في السقف الزجاجي للاتريوم فيتدفق الهواء النقي بشكل طبيعي إلى التراسات والممرات المحيطة به في كل طابق في الإتريوم بكامل الارتفاع 120 مترًا. وقد تم تصميم المبنى بطريقة تمكن المكاتب الموجودة على المحيط الخارجي من استخدام التهوية الطبيعية من جانب واحد إذا تم استبدال الألواح الزجاجية الداخلية بألواح قابلة للتشغيل. ولكن عمق المسقط الأفقي لا يسمح بالتهوية المتقاطعة ويتميز السطح الخارجي للمبنى بواجهة مزدوجة تتكون من طبقة عازلة مزدوجة الزجاج مع طلاء منخفض الانبعاث عالي الأداء وزجاج مصقول من الحديد المنخفض. يكون تجويف الواجهة البالغ 600 مم متواصلاً أفقيًا بطول الواجهة، ولكنه مقسم راسياً عند مستوى كل طابق. وتم تصميم الألواح الزجاجية الخارجية للواجهة مزدوجة الغلاف مع فتحات مثبتة على حافة كل أرضية كل طابق، مما يسمح للهواء النقي بالدخول إلى أسفل كل تجويف وعادم في الأعلى كما يوضح **شكل (7)**. [15]

2.15 ألية عمل إستراتيجية التهوية الطبيعية لمبنى Bligh Street :

تم تصميم فتحات التهوية على شكل أيروفويل (aerofoil-shaped louvers) باستخدام ديناميكيات السوائل الحسابية واختبارات نفق الرياح لضمان عدم تأثير سرعات الرياح العالية على الستائر الموجودة بالداخل وعدم دخول هواء العادم إلى التجويف أعلاه كما يوضح **شكل (8)** ويساعد تدفق الهواء داخل تجويف الواجهة في الحفاظ على متوسط درجة حرارة ثابتة في المبنى، مما يقلل الاعتماد على نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء ومع ذلك، لا يتم استخدام الواجهة المزدوجة لتهوية المبنى بشكل طبيعي وبالتالي فإن الواجهة الداخلية غير قابلة للتشغيل، وتستخدم فقط لحماية الستائر. [23]

3.15 إستراتيجية عمل النظام الهجين بمبنى Bligh Street :

يتم تهوية المبنى بنظام التهوية الهجين المخصصة (zoned) حيث يتم تهوية الفراغ المركزي والإتريوم والشرفات والممرات بشكل طبيعي طوال العام، وتم تكييف المساحات المكتبية في منطقتين باستخدام عوارض مبردة عالية الكفاءة في المحيط، ونظام حجم الهواء المتغير في الداخل. وتحتوي منطقة الفراغات المكتبية على وحدات مخصصة لمعالجة الهواء بحيث يمكن إغلاقها بشكل معزول إذا تم تعديلها لتعتمد على التهوية الطبيعية خلال فترات من العام. وتشتمل أرضية الإتريوم على تدفئة داخلية تستخدم الحرارة المهدرة من نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC) لتوفير دفء إضافي في الشتاء. [12]

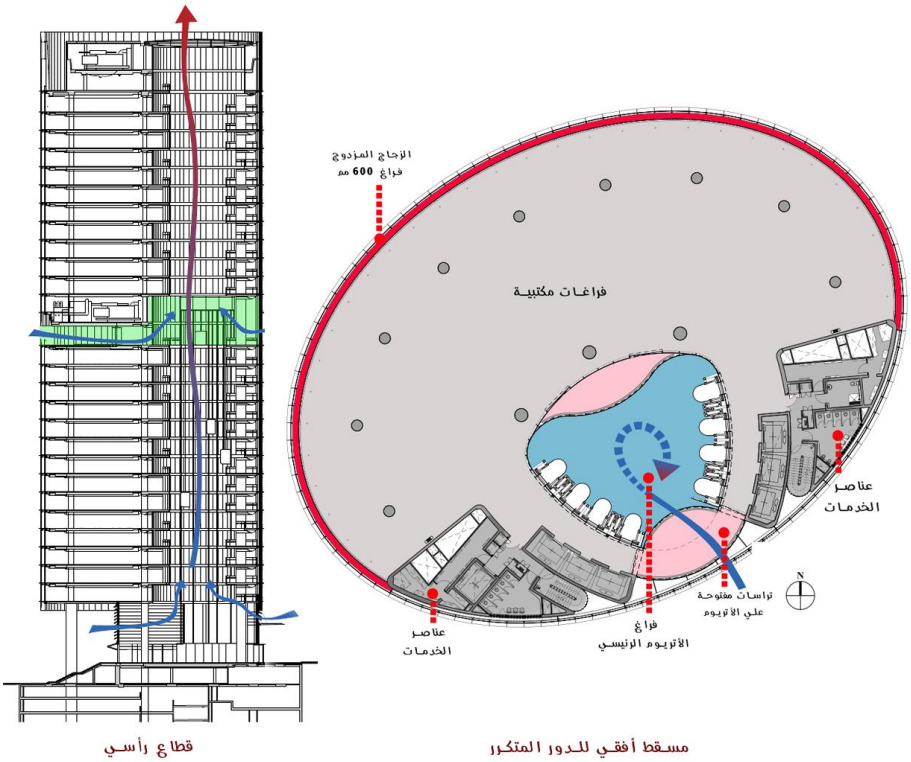
4.15 ألية عمل التهوية الميكانيكية مع التهوية الطبيعية بمبنى Bligh Street:

يتمتع نظام إدارة المبنى (BMS) بالتحكم الكامل في التهوية الطبيعية في الإتريوم ويرتبط بمحطات الطقس والعديد من أجهزة الاستشعار التي تقيس درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح وهطول الأمطار ومستويات الضوء. وإذا ارتفعت درجات الحرارة داخل الإتريوم عن درجات الحرارة الخارجية يتم فتح سقف الإتريوم. إذا كانت درجات الحرارة في الخارج مرتفعة فسيتم إغلاق السقف وتلطيف الإتريوم بواسطة الهواء العادم المكيف مسبقًا من المكاتب وحدها. وإذا كانت ظروف الرياح في الإتريوم عالية جدًا، أو كان هناك احتمال لسقوط أمطار بفعل الرياح، فسيتم إغلاق الفتحات. كما يتحكم نظام إدارة المباني أيضًا في تشغيل الستائر

في تجويف الواجهة المزدوجة باستخدام برامج تتبع الشمس وأجهزة استشعار الصور التي تمكن الستائر من الاستجابة لتغيرات زاوية الشمس ومستويات الضوء الخارجي. [12]

5.15 معدلات الأداء لمبنى Bligh Street:

حصل المبنى على تصنيف 6 نجوم لتصميم Green Star، ويقدر توفير الطاقة لأغراض التدفئة والتبريد في المبنى بحوالي 63% مقارنةً بمبنى مكتبي أسترالي نموذجي، ومع ذلك فإن أداء الطاقة الفعلي للمبنى هو نتيجة لمجموعة من الاستراتيجيات مع التهوية الطبيعية للاتريوم. وبالنظر إلى ظروف درجة الحرارة والرطوبة في سيدني ومن ثم تقييم تأثير الأحمال الحرارية الداخلية، تشير التقديرات إلى أن التهوية الطبيعية يمكن أن تكون مناسبة لحوالي 35-40 % من العام في المساحات المكتبية (بعد التعديل لتعتمد على التهوية الطبيعية) وهذا يمكن أن يقلل من اعتماد المبنى على تكييف الهواء وربما يؤدي إلى توفير إضافي في الطاقة. [14]



شكل (5) المسقط الأفقي والقطاع الرأسي لمبنى Bligh Street -(Meyer, U. (2008 بتصرف الباحث

شكل (6) صورة للمدخل يُظهر فتحات زجاجية قابلة للتشغيل لمبنى Bligh Street 1-(Meyer, U. (2008

شكل (7) صور توضح الاتريوم الداخلي والتراسات الداخلية لمبنى Bligh Street- www.google.com

شكل (8) فتحة دخول الهواء(أيروفويل) التي تسمح بدخول الهواء النقي إلى تجويف الغلاف المزدوج. لمبنى Bligh Street-(2008) Meyer, U.

16. مبني شركة RWE - ايسن – ألمانيا:

شكل (9) مبني شركة RWE
أيسن – ألمانيا
www.google.com

يتكون برج المقر الرئيسي لشركة RWE من ناحية الفكرة التصميمية من قاعدة وعمود، وتم وضع المرافق التي لا يمكن استيعابها بشكل مناسب في البرج النحيف (الكازينو والمطعم وقاعات المؤتمرات) في مبنى مجاور مكون من سبعة طوابق يعمل كبوابة إلى المدخل الرئيسي للبرج. ويحتوي البرج نفسه على مسقط أفقي دائري مع مركز خدمة ودوران في وسطه، ومساحات مكاتب تقع على طول محيطه كما يوضح **شكل (10)**. يتم فصل المصاعد في الغالب عن مساحة المكتب في شكل منفصل متصل بالجانب الجنوبي الشرقي من البرج، على الرغم من وجود دوران رأسي داخل المخطط الدائري في شمال وجنوب البرج. يتيح هذا الأسلوب أن تكون المساحة المركزية مفتوحة وخالية من العوائق مع وجود مساحات مكتبية على طول محيط المبنى، مما يساعد في وصول ضوء النهار والتهوية الطبيعية الي جميع الفراغات، كما توجد أرضية مزدوجة الارتفاع تحتوي على المعدات الميكانيكية في الطابق 19. [18]

1.16 إستراتيجية التهوية الطبيعية مبني شركة RWE :

يتميز البرج بواجهة مزدوجة الجلد تتكون من ألواح زجاجية خارجية (يبلغ عرضها حوالي 2.0 متر وارتفاعها 3.50، وتجويف هواء 500 مم بين الواجهة المزدوجة)، ونوافذ داخلية

ممتدة من الأرض حتى السقف مع ألواح زجاجية ثابتة ومنزلقة يمكن فتحها حتى 150 مم تقريبا بمقبض متعرج. لأغراض العزل الصوتي والتهوية، يتم تقسيم تجويف الهواء الوسيط عموديا في كل طابق بواسطة جهاز "فم السمكة" وأفقيا بلوحة زجاجية **شكل (11)**. وتم تصميم جهاز فم السمكة خصيصا لسحب الهواء النقي والعادم، والتحكم في نقل الصوت العمودي، بالإضافة الي الواجهة ذات الغلاف المزدوج، يشكل فم السمكة عنصرا أساسيا في استراتيجية التهوية الطبيعية للبرج. [18]

2.16 ألية عمل التهوية الطبيعية بمبني شركة RWE:

يوجد جزأين من أجهزة Fish Mouth الجزء الأول ينبعث الهواء في تجويف الواجهة بينما يقوم الجزء الآخر بإخراج الهواء المحمل بثاني أكسيد الكربون، وتحتوي كل وحدة من وحدات الواجهة على نوع واحد فقط من جهاز Fish Mouth الذي يوفر وحدة تنبعث منها هواء نقي ووحدة لخروج الهواء ، وتتبادل كل وحدة واجهة على طول الغلاف بالكامل مما يسمح حتى لأصغر فراغ مكتبي أن يكون به وحدتين علي الأقل كما يوضح **شكل (11)**.هذا التصميم المفصول بزعانف زجاجية عمودية ، يمنع الهواء القديم من الدخول مرة أخرى إلى تجويف الواجهة المجاور حيث يخرج الهواء النقي من التجويف دون تهوية المساحات المكتبية. كما أن هناك ميزة أخرى لـ Fish Mouth هي ضبط سرعة الهواء أثناء مروره عبر الجهاز مما يجعله أبطأ أو أسرع، تبعا لسرعة الرياح الخارجية ومعدلات التهوية المرغوبة نظرًا لزيادة سرعة الرياح عند الارتفاعات العالية، فيقوم جهاز Fish Mouth بتعديل ضغط الرياح عبر الغلاف من خلال حجمين للفتح. وتم عمل محاكاة CFD واختبارات نفق الرياح على نطاق واسع لتحسين التصميم والشكل وحجم الفتح لجهاز Fish Mouth. [5]

3.16 إستراتيجية عمل النظام الهجين بمبني شركة RWE:

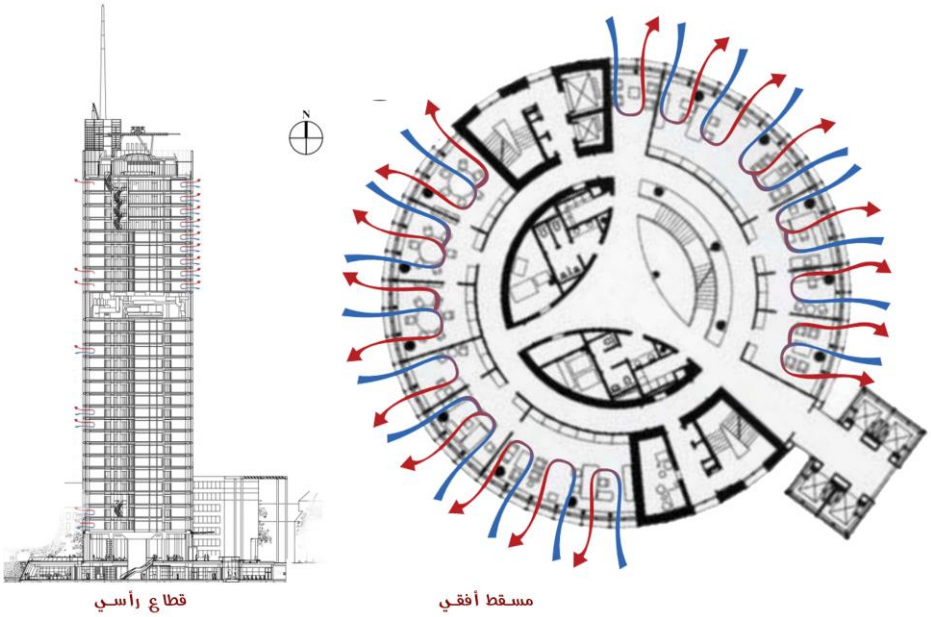
يحتوي المبنى على نظام (Complementary Changeover) حيث يقوم بالتبديل بين التهوية الميكانيكية والطبيعية على أساس موسمي أو يومي، وتم تطوير النظام حيث يمكن للمبنى من الاستفادة من التهوية الطبيعية لمدة (70%-80%) من السنة [3]، فبدلاً من النظام الميكانيكي التقليدي المستخدم للتدفئة والتبريد، يتكون نظام المسخن من أنابيب المياه الموجودة على حافة البلاطة الخرسانية ومتصلة في قطاعات السقف الداخلي. فخلال الموسم البارد، يتدفق الماء البارد بحد أقصى (16-18) درجة مئوية عبر الأنابيب في الفراغ الذي تم فيه فتح نافذة، ويقوم نظام إدارة المبنى (BMS) تلقائيًا بإيقاف عناصر التبريد في السقف لمكافحة التكثيف، وعندما يتعذر فتح النوافذ للتهوية الطبيعية، يتم إغلاق المبنى وتنشيط التهوية الميكانيكية وفي هذ السيناريو يتم توفير الهواء (بمعدل تهوية لا يقل عن 2.5 تغير في الساعة) ويعاد من القنوات في ممر الدوران في وسط المبنى. [5]

4.16 ألية عمل التهوية الميكانيكة مع التهوية الطبيعية بمبني شركة RWE:

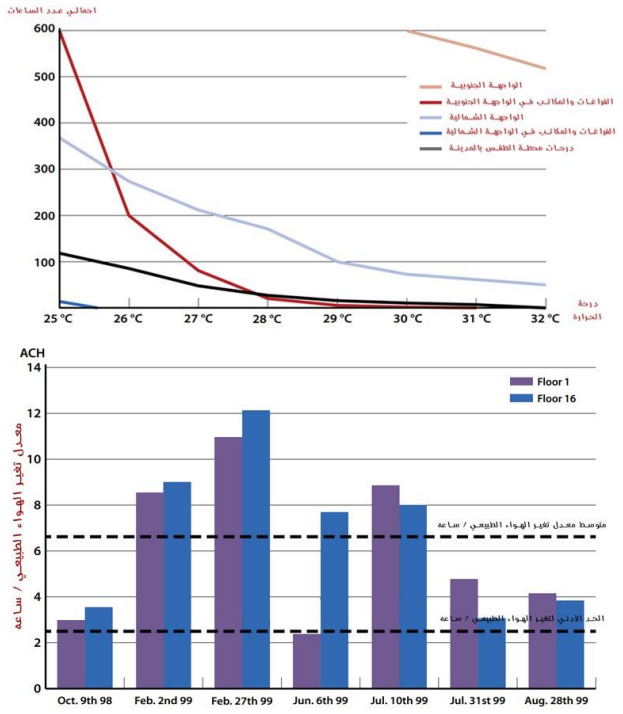
يتم تنظيم بيئة المبنى بشكل متواصل من خلال نظام إدارة المباني (BMS)، الذي يتلقى المعلومات من أجهزة الاستشعار الموجودة في كل غرفة وعلى السطح الخارجي للمبنى فيقوم نظام إدارة المباني (BMS) بضبط حركة الستائر ، والتحكم في فتحات التهوية، وتنشيط نظام التهوية الميكانيكية إذا لزم الأمر. وفي الظروف القاسية مثل (سرعة الرياح 7 م / ث) لأقل من الطابق 16 و (سرعة الرياح 10 م / ث) لأكثر من هذا الارتفاع يغلق نظام إدارة المباني تلقائيًا فتحات التهوية الموجودة على الغلاف الخارجي وينشط نظام التهوية الميكانيكية. ويتمتع مستخدمي برج المقر الرئيسي لشركة RWE بمستوى عالي من التحكم في بيئتهم حيث يحتوي كل مكتب على ما لا يقل عن نافذتين انزلاقيتين يمكن التحكم فيها مباشرة من قبل المستخدمين، وتسمح لوحة التحكم بجوار كل باب بتعديل نظام إدارة المباني عن طريق ضبط درجة الحرارة في الفراغ الخاص به (حتى اختلاف ثلاث درجات عن باقي المبنى). [5]

5.16 معدلات الأداء وإستهلاك الطاقة بمبني شركة RWE:

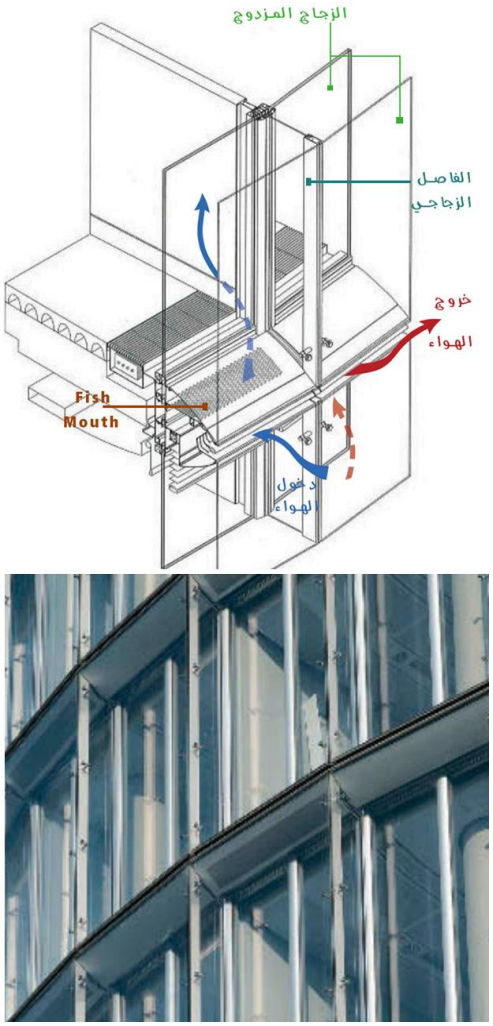
أجريت دراسات ما بعد الإشغال خلال الفترة (1998م - 2000م) بتسجيل درجات حرارة الغرفة فيما يتعلق بدرجات الحرارة الخارجية والواجهة وكذلك معدلات تغير الهواء، وأظهرت كما يوضح **شكل (12)** أن درجات حرارة الغرفة النموذجية لم تتجاوز 28 درجة مئوية خلال شهر مايو عند استخدام التهوية الطبيعية دون استخدام التهوية الميكانيكية. وبدراسة قياس معدل تغير الهواء الطبيعي لكل ساعة لمكتب في الطابق الأول والطابق السادس عشر بلغ متوسط تأثير غاز التتبع الناتج عن معدل تغير الهواء الطبيعي في الساعة في حدود 6.0 ACH (Air change per hour) وهو أعلى بكثير من الحد الأدنى المصمم وهو 2.50 ACH كما يوضح **شكل (12)**. [17]



شكل (10) المسقط الأفقي والقطاع الرأسي لتوضح حركة الهواء داخل المبني
المصدر: بتصرف الباحث Pepchinski, M-RWE 1997 م



شكل (12) نتائج قياس درجات الحرارة بين الواجهات الخارجية والفراغات الداخلية، نتائج قياس معدل تغير الهواء داخل أحد الفراغات في الطابق 1 والطابق 16 – pasquay (2004)



شكل (11) شكل يوضح الواجهة الخارجية للمبني ويظهر بها جهاز التهوية الطبيعية (fish mouth
بتصرف الباحث Evans, B. (1997)

17. مبني Menara UMNO- بينانج - ماليزيا:

شكل (13) مبنى Menara UMNO-
بينانج – ماليزيا
www.google.com

يتكون المبنى من عدد 14 طابقا من المساحات المكتبية ، فوق بوديوم من عدد 7 طوابق والمبنى مستطيل الشكل تقريبًا مع منحنى لطيف على طول الركن الجنوبي الغربي من البرج ، ويتم توجيه المحور الطويل للمبنى على طول الاتجاه الشمالي الشرقي - الجنوبي الغربي ، بما يتماشى مع اتجاهي الرياح السائدة، ويقع مركز الخدمة (الذي يحتوي على المصاعد والسلالم والحمامات) على طول الواجهة الجنوبية الشرقية للمبنى مما يشكل جدارًا يحجب المكاتب عن الشمس ويسمح لمناطق الخدمات باستقبال الضوء والتهوية الطبيعية وبالتالي تقليل الطاقة اللازمة لتشغيل هذه المساحات أما باقي مساحة كل طابق في البرج مخصصة للمكاتب ذات المسقط الأفقي المفتوح ومساحة اجتماعية للمستخدمين كما يوضح **شكل (14)**. [19]

1.17 إستراتيجية التهوية الطبيعية لمبني Menara UMNO :

يحتاج مناخ ماليزيا الدافئ والرطب استخدام مكيفات الهواء في معظم مباني المكاتب ومع ذلك فإن معدلات أسعار الإيجار الضعيفة في بينانغ وقت إنشاء مبني Menara UMNO لم تساعد على تركيب نظام تكييف مركزي بسبب عدم جدواه الاقتصادية، ونتيجة لذلك تم تصميم البرج بإمكانية تركيب مكيف هواء فردي منفصل من قبل المستأجرين مع تهوية طبيعية كنظام احتياطي في حالة انقطاع التيار الكهربائي. ولكن قبل مرحلة البناء تم تصميم نظام تكييف مركزي وتركيبه لاحقًا نظرًا لأن نظام التهوية الطبيعية الأصلي قد تم تصميمه في وقت مبكر من عملية التصميم ، فيمكن تهوية جميع طوابق المكاتب بشكل طبيعي إذا كانت الظروف الجوية الخارجية مناسبة إلا أنه لا يتم تهوية سوى ردهات المصاعد بشكل طبيعي حاليًا نظرًا لقيود الموقع واتجاه المبنى .وتم تطوير سلسلة من "حوائط الجناح"Wing Wall " لتعظيم الاستفادة من الرياح السائدة وهي عبارة عن جدار قصير يمتد عموديًا إلى أعلى المبنى من أجل التقاط نطاق أوسع من اتجاهات الرياح وزيادة معدل تدفق الهواء إلى الداخل كما يوضح **شكل (14)** ، وعلى الرغم من تصنيف برج UMNO في البناء المنخفض إلا أنه كان أول مبنى مكاتب شاهق يستخدم نظام Wing Wall لغرض التهوية الطبيعية. [10]

2.17 ألية عمل إستراتيجية التهوية الطبيعية بمبني Menara UMNO:

تم تطوير (Wing Walls) لتحقيق أقصى استفادة من الرياح السائدة من خلال التقاط مجموعة واسعة من اتجاهات الرياح وزيادة معدل تدفق الهواء إلى الداخل وتعتمد بشكل أساسي على القوى التي تحركها الرياح لتوجيه الهواء عبر كل طابق علي حده).ويتم استخدام التهوية المتقاطعة ذات المعدل العالي لتغيير الهواء في خلق تهوية مريحة ويزيد "حائط الجناح" (Wingwalls) الضغط على الواجهة المقابلة للرياح فتزداد معدلات تدفق الهواء إلى الداخل فيدخل الهواء النقي إلى المبنى من خلال النوافذ الموجودة بين حوائط الجناح ويخرج الهواء العادم من خلال النوافذ الأخرى الموجودة علي طول محيط المبني. وعندما تكون الرياح السائدة بزاوية مائلة لمدخل النافذة لا يمكن الاعتماد علي استراتيجية التهوية المتقاطعة فقط والضغط السالب الناتج علي الجانب المواجه للرياح من المبنى فقط فتخلق Wing Walls ضغطًا إيجابيًا على الجانب المواجه للرياح من المبنى اللازم لسحب الهواء النقي إلى المساحات المكتبية .وتمتد جدران الجناح الرأسية إلى الارتفاع الكامل للمبنى وتبرز من الارتفاعات الشمالية الشرقية والجنوبية والجنوبية الغربية كما يوضح **شكل (15)** وتقع الفتحات الرئيسية على المرتفعات الجنوبية الغربية والشمالية الشرقية ، مما يؤدي إلى تهوية متقاطعة في اتجاه الرياح السائدة حتى لو تم تقسيم المساحات المكتبية تظل هذه الفراغات جيدة التهوية. وتزيد التهوية الطبيعية من معدل تغيير الهواء مما يحقق ظروفًا مريحة من خلال حركة الهواء حول المستخدمين مباشرة، ومن أهم طرق تحسين راحة المستخدمين من خلال التهوية الطبيعية بما يسمي بالتبريد النفسي وهو شكل من أشكال التبريد السلبي منخفض الطاقة من خلال تأثير فسيولوجي مباشر على المستخدمين حيث تجعلهم سرعات الهواء الداخلية العالية يشعرون بالبرودة وبالتالي يستغل المبنى التهوية الطبيعية الناتجة عن الرياح ليس فقط لغرض إزاحة الهواء وإمداد الهواء النقي، ولكن أيضًا لظروف الراحة الداخلية. [19]

3.17 إستراتيجية عمل النظام الهجين بمبني Menara UMNO:

تم تصميم Menara UMNO في الأصل على شكل بناء يتم تهويته بشكل طبيعي لمدة تصل إلى 100 في المائة من العام مع توفير مبادئ لتركيب وحدات تكييف الهواء الفردية، بعد ذلك تم تركيب نظام تكييف مركزي أثناء البناء ويعمل البرج بنظام (Complementary -Alternate) حيث يسمح هذا النظام للمستخدمين بالتحكم والاختيار بين أوضاع التهوية الطبيعية أو التهوية الميكانيكية مما يمكنهم من العمل في أي من الوضعين.

ففي كل طابق تقوم وحدات مناولة الهواء (AHUs) الموجودة في غرف الماكينات على طول الواجهة الشمالية الشرقية بسحب

الهواء النقي من خلال فتحات السحب على الواجهة إلى وحدات معالجة الهواء الموجودة بسعة تبريد تبلغ 100 كيلو وات وهي متصلة من خلال رافع مشترك بثلاثة أبراج تبريد على السطح، كما تعمل مجاري الهواء الموجودة في السقف المعلق على توفير الهواء النقي للمكاتب بينما تسمح فتحات التهوية وفراغات السقف للهواء بالعودة إلى وحدات معالجة الهواء. [9]

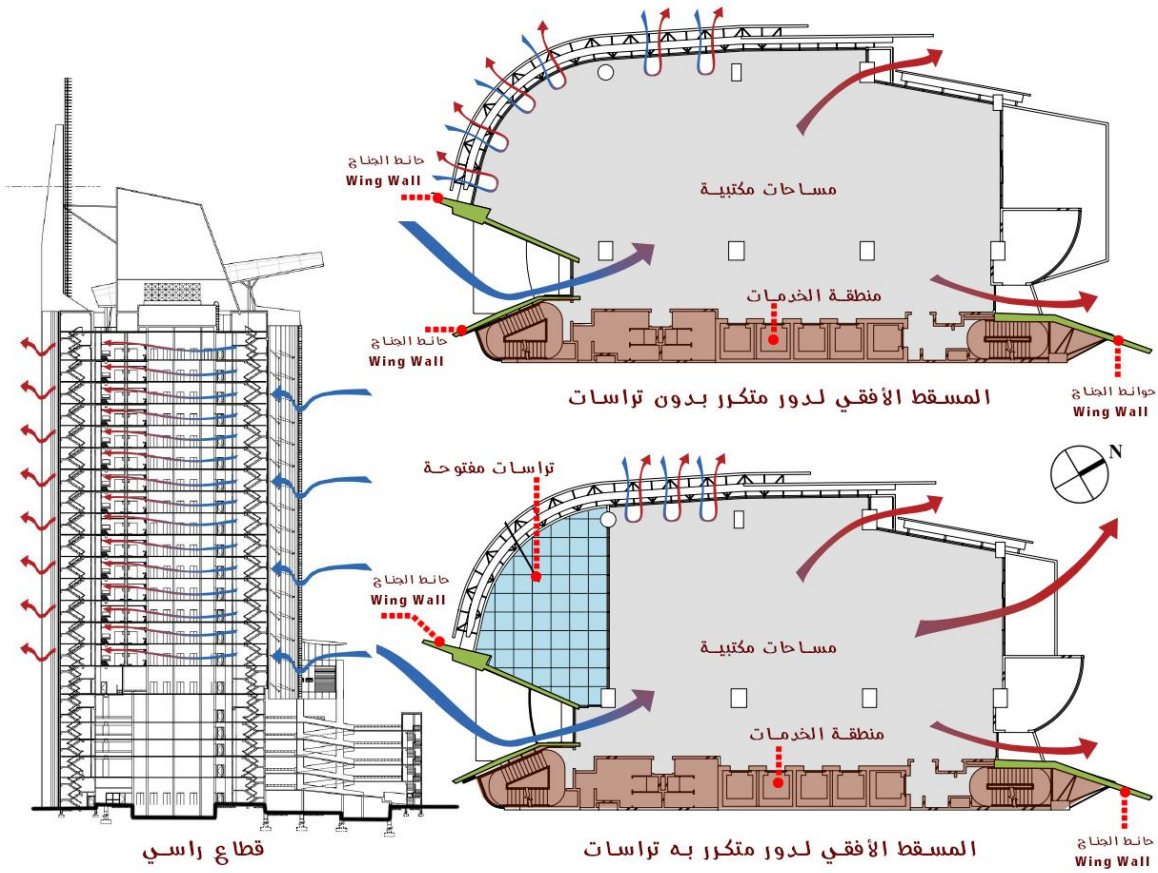
4.17 ألية عمل التهوية الميكانيكية مع التهوية الطبيعية بمبني Menara UMNO :

لا يحتوي المبنى على نظام مركزي لإدارة المباني (BMS) للتحكم في تشغيل النوافذ أو كمية تدفق الهواء إلى الداخل، ومع ذلك فإن الأنظمة النشطة والسالبة في المبنى لها ضوابط مستقلة يمكن تشغيلها من قبل المستخدمين، حيث يتم التحكم بوحدات AHU على أساس كل طابق على حدة بدلاً من كونها مركزية، وبالنسبة لنظام التهوية الطبيعية يمكن للمستخدمين الوصول إلى النوافذ التي يمكن فتحها في معظم مساحات العمل فيكون للمستخدمين الحرية في استخدام التهوية الطبيعية يدويًا أو استخدام نظام التحكم الآلي لتكييف الهواء. [9]

5.17 معدلات الأداء وإستهلاك الطاقة لمبني Menara UMNO :

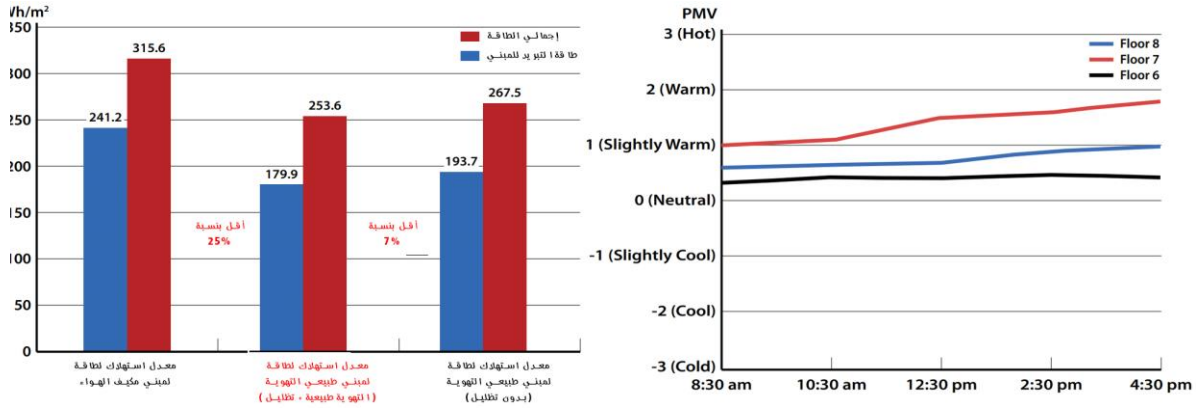
تم إجراء عمليات محاكاة CFD خلال مرحلة التصميم لاختبار فعالية استراتيجيات التهوية الطبيعية المختلفة وتوصلت إلى أن التهوية المريحة لا يمكن أن تتحقق فقط على أساس التهوية التي يسببها الطفو فقط بسبب الارتفاعات المنخفضة بين كل طابق ، ثم قامت دراسات CFD بفحص فعالية Wing Walls والأداء الحراري للمبنى في تقليل درجات الحرارة الداخلية وتم محاكاة تدفق الرياح حول المبنى باستخدام نموذج تدفق الهواء DFS-AIR للحصول على قيم ضغوط السطح عند فتح كل نافذة وباب وكانت أدوات التحكم في الاختبار عبارة عن رياح جنوبية غربية سائدة بسرعة 2.5 م / ث على ارتفاع 10 أمتار من مستوى الأرض وأكدت النتائج زيادة الضغط في Wing Walls .كما تم استخدام دراسات CFD أيضًا في تحديد معدلات تغيير الهواء الداخلي ، حيث تعتبر تغييرات الهواء بمقدار [1-2] ACH في الساعة كافية لتوفير احتياجات التهوية بالنسبة للكثافة النموذجية في مبنى المكاتب إلا أنه قد تكون هناك حاجة لزيادة مقدار تغير الهواء إلي ACH(5) لتقليل الاكتساب الحراري ، وتم حساب معدلات الهواء لسرعات رياح مختلفة: (رياح بسرعه 1.0 متر / ثانية)- (رياح بسرعه 2.5 متر / ثانية)- (رياح بسرعه 5.0متر / ثانية) واستخدم في الاختبار درجة حرارة هواء خارجية نموذجية تبلغ 30 درجة مئوية مع مكاسب حرارة داخلية يفترض أن تكون 35 واط / م^2 ونتج عن الاختبار مجموعة من تغيرات الهواء في الساعة من 1 إلى 33.8 مما يحتاج إلي استخدام فتحات قابلة للتعديل يمكن إغلاقها خاصة في اتجاه الريح. يعتبر اكتساب الحرارة الشمسية مصدر قلق كبير لتصميم المباني في المناخات الاستوائية مثل ماليزيا فتم عمل دراسة توضح تأثير التظليل على إجمالي حمل الطاقة التبريد حيث يمثل انخفاضًا بنسبة (7 %) من حمل الطاقة إذا لم يستخدم المبنى أجهزة التظليل فيما يؤدي الجمع بين التهوية الطبيعية والتظليل إلى انخفاض بنسبة (25%) مقارنة بأي مبنى نموذجي مكيف الهواء في ماليزيا كما يوضح شكل (16). [8]

كما تم إجراء تحليل ما بعد الإشغال في عام 1998 م والذي يقيس الراحة الحرارية باستخدام متوسط صوت فانجر المتوقع (PMV) حيث يتم دراسة أربعة متغيرات فيزيائية (درجة حرارة الهواء وسرعة الهواء ومتوسط درجة الحرارة المشعة والرطوبة النسبية) ومتغيرين شخصيين (عزل الملابس ومستوى النشاط) في مؤشر يتنبأ بالراحة الحرارية على مقياس من سبع نقاط ، حيث يمثل صفر محايدًا (ليس ساخنًا ولا باردًا) ، ويمثل (+3) الشعور بالحرارة ، ويمثل (-3) الشعور بالبرودة وكشفت الدراسة أن شاغلي الطوابق 6 و 7 و 8 يميلون إلى الشعور بالدفء قليلاً، بمتوسط درجات PMV 0.9 كما يوضح **شكل (16)**.[18] كما تم إجراء دراسة أخرى بعد الإشغال في يوليو 2004 م بعمل استبيان تم توزيعه على الشاغلين من أجل تسجيل المواصفات البيئية لفراغات العمل وتناول المسح التهوية الطبيعية للهواء والراحة الحرارية ورضا بيئة العمل ، وكشفت الدراسة (أن التهوية الطبيعية كانت لها استجابة إيجابية بنسبة 83٪ من أجل الراحة الحرارية في الفراغات المكتبية واستجابة إيجابية بنسبة 57% عن جودة درجة الحرارة في أماكن الخدمة ، وردهات المصاعد ، ودورات المياه.). [7]



شكل (14) المساقط الأفقية والقطاع الرأسي لمبني Menara UMNO –
(Powell, R - 1999)بتصرف الباحث

شكل (15) حائط الجناح والواجهة الجنوب شرقية التي يقع خلفها الخدمات لمبني Menara UMNO –
(Powell, R - 1999)بتصرف الباحث



شكل (16) قياس الراحة الحرارية واستهلاك الطاقة في مبنى Menara UMNO –
(Jahnkassim, P. S.-2006)

18. مبنى Manitoba Hydro Place:

شكل (17) مبنى
-Manitoba Hydro Place
المصدر www.google.com

تتكون كتلة Manitoba Hydro Place من جناحين متقاربين من 18 طابقًا يفصل بينهما نواة خدمة ، يرتكزان على منصة من ثلاثة طوابق ، وتواجه الكتلتان المكتبيتان الخاليتان من الأعمدة الغرب والشمال الشرقي ، ويقع كور الخدمة بين الشمال والجنوب ، يتم تنظيم مساحات المكاتب الخاصة مثل مكاتب العمل ومناطق الاجتماعات المغلقة بالزجاج حول الإتريوم ، وتم تصميم شكل وكتلة المبنى طبقا للتوجه الشمسي وظروف الرياح السائدة والظروف المناخية الأخرى التي تتميز بها مدينة وينيبج ، فتم تصميم مخطط المبنى بتكوين "A" ، مفتوحًا لتشكيل اتريوم جنوبي لالتقاط أشعة الشمس الشتوية للتدفئة والرياح الجنوبية للتهوية الطبيعية ويتقارب الجناحان عند الطرف الشمالي ويتميز بمدخنة شمسية بارتفاع 115 مترًا تعمل بشكل مستمر من مستوى الأرضي إلى أعلي من سقف الدور الأخير كما يوضح **شكل (18)**. [25]

1.18إستراتيجية التهوية الطبيعية لمبنى Manitoba Hydro Place:

يعد توجيه المبنى من الاستراتيجيات الرئيسية لتهوية المبنى بشكل طبيعي مع فتح المسقط الأفقي من اتجاه الجنوب حيث الرياح السائدة فتستفيد ثلاثة طوابق استفادة كاملة من ضوء الشمس والرياح الجنوبية السائدة، فخلال فصل الصيف يمكن توفير تهوية طبيعية تكميلية من خلال الواجهات الغربية والشمالية الشرقية التي تقوم بالتهوية المتقاطعة عن طريق سحب الهواء من الواجهة الجنوبية من خلال شرائط مدخل الهواء المغطاة في كل حديقة سماء والتي يتم توزيعها بعد ذلك على المكاتب عبر قاعات مفتوحة تحت الأرضية. ويعمل تأثير قوي الطفو داخل المدخنة الشمسية الشمالية على سحب الهواء النقي عبر أرضيات المكاتب لخروجه عموديًا من الإتريوم الشمالي الي خارج المبنى كما يوضح **شكل (19)**. ويتم ترطيب الهواء الداخل بخاصية مائية تتدفق من السقف إلى الأرض كما يوضح **شكل (20)**. وخلال فصل الشتاء، يتم إغلاق المخمدات داخل المدخنة وتسحب المراوح الهواء الدافئ العادم لاستعادة الحرارة للحدائق الشتوية الجنوبية. كما يتم سحب الهواء البارد إلى الإتريوم الجنوبي من خلال وحدات معالجة الهواء ويتم تسخينه مسبقًا بواسطة وحدات اكتساب الحرارة الشمسية الموجودة في الإتريوم الجنوبي. [11]

2.18 ألية عمل إستراتيجية التهوية الطبيعية بمبنى Manitoba Hydro Place:

تساعد الواجهة الغربية والشمالية الشرقية ذات الغلاف المزدوج بدخول هواء نقي إضافي إلى المساحات المكتبية عندما تسمح درجات الحرارة الخارجية. حيث تتكون الواجهتان من جدار مزدوج من الزجاج (طبقة خارجية مزدوجة الزجاج وطبقة داخلية بزجاج واحد) مع تجويف 1.3 متر يحتوي على ستائر آلية قابلة للتشغيل. وألواح الزجاج الخارجية مزودة بمحركات مؤتمتة ومتصلة بنظام إدارة المباني يتم فتحها تلقائيًا عندما تكون درجة حرارة الهواء الخارجي أكبر من 5 درجات مئوية ولا تتجاوز سرعات الرياح 20م/ ث. ويتم إغلاقها تلقائيًا عندما تكون درجات الحرارة أقل من صفر درجة مئوية لتجنب التكثيف على الحوائط.

وتوجد النوافذ التي يتم تشغيلها يدويًا على الواجهة الداخلية ويتم التحكم فيها بالكامل من قبل المستخدمين حيث تكون على ارتفاع طاولات المكتب (80 سم تقريبا) للحفاظ على وصول الهواء الي مستوى المستخدم. وعندما ينتقل الهواء النقي أفقيًا عبر المساحات المكتبية ترتفع درجة حرارته فيتم سحبه نحو الإتريوم الشمالي من خلال الفتحات الموجودة بالقرب من السقف كما يوضح **شكل (21)**. يتكون الإتريوم الشمالي من حدائق سماوية مكونة من ثلاثة طوابق **شكل (21)**. يتم سحب الهواء العادم الي هذا الفراغ ويخرج إلى المدخنة الشمسية من خلال مخمدات تهوية في الجزء العلوي من كل اتريوم. [11]

وتحافظ المخمدات الموجودة في المدخنة الشمسية على فرق ضغط ثابت من المكاتب إلى المدخنة عند كل مستوى لضمان أخذ كمية متساوية من هواء العادم من كل طابق (على سبيل المثال، تكون المخمدات مغلقة أكثر في المستويات السفلية حيث يكون تأثير المداخن أقوى). ولضمان تأثير المداخن الفعال خلال ليالي الصيف الباردة أو الأيام الملبدة بالغيوم، تمتص الأنابيب المملوءة بالرمال المثبتة خلف الزجاج أعلى المدخنة وتخزن الحرارة الشمسية، مما يؤدي إلى ارتفاع الهواء. وعلى عكس مبنى المكاتب التقليدي في أمريكا الشمالية، حيث يتم إعادة تدوير ما يقرب من 80 بالمائة من الهواء المزود و20 بالمائة فقط من الهواء النقي، يوفر Manitoba Hydro Place 100 بالمائة من الهواء النقي كل يوم طوال العام.، بغض النظر عن درجات الحرارة الخارجية بسبب نظام استرداد الحرارة عالي الكفاءة. [16]

3.18 إستراتيجية عمل النظام الهجين بمبنى Manitoba Hydro Place:

يعمل المبنى كمبنى تكميلي متزامن. حيث يعمل النظام الميكانيكي خلال فصلي الشتاء والصيف لتوفير التدفئة والتبريد الإضافيين مع إيقاف تشغيل غالبية الأنظمة الميكانيكية فخلال أشهر الشتاء الباردة، يقوم نظام استعادة الحرارة باستخراج الحرارة من الهواء العادم في المدخنة الشمسية لتسخين الهواء البارد الوارد في الإتريوم الجنوبي. إذا كانت هناك حاجة إلى تدفئة أو تبريد إضافي، يتم التهوية من خلال المروحة الموجودة في نظام الأرضية المرتفعة. وتوفر الأسقف المشعة التدفئة أو التبريد حسب الموسم وتمتد إلى تجويف الغلاف المزدوج لضمان عدم انخفاض درجات الحرارة عن 3 درجات مئوية. يمكن للنظام أن يعمل في وضع التبريد الحر عندما يتم استخدام الماء البارد من حقل الطاقة الحرارية الأرضية مباشرة ولا تكون هناك حاجة إلى تشغيل المضخة الحرارية القابلة للعكس. [23]

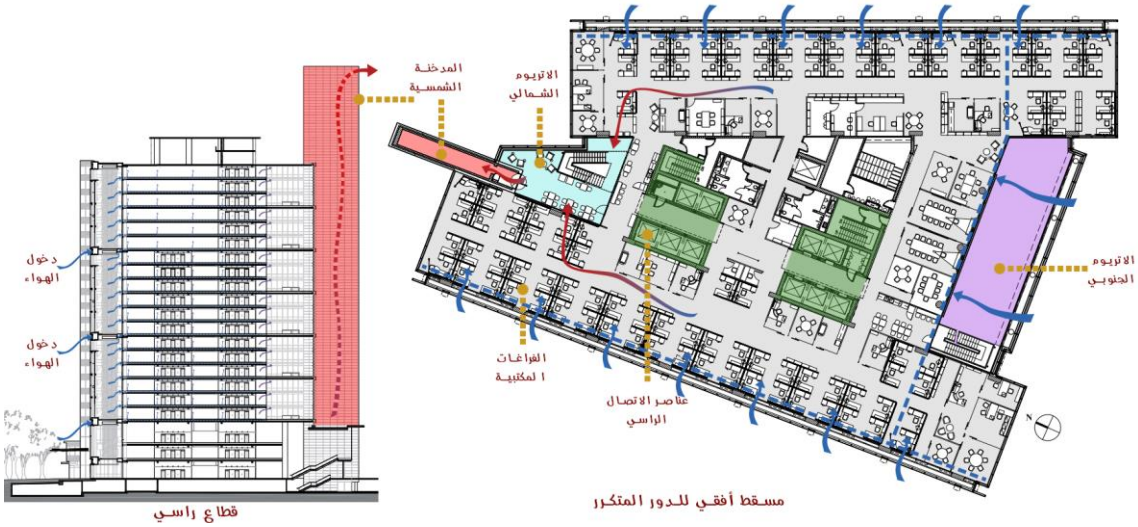
4.18 ألية عمل التهوية الميكانيكية مع التهوية الطبيعية بمبنى Manitoba Hydro Place

يعد نظام إدارة المباني (BMS) في Manitoba Hydro Place فريدًا من نوعه نظرًا للعدد الهائل من نقاط المراقبة. ومع وجود أكثر من 25000 نقطة مراقبة ومحطتي طقس محليتين في الموقع، يمكن مراقبة أداء المبنى بتفاصيل دقيقة. يتحكم نظام BMS تلقائيًا في تشغيل النوافذ وفتحات التهوية وأجهزة التظليل ودرجة الحرارة والتهوية والأسقف المشعة. على سبيل المثال، عندما تتراكم الحرارة في تجويف الواجهة ذات الجلد المزدوج، يقوم نظام إدارة المباني تلقائيًا بإسقاط الظلال لتقليل اكتساب الحرارة الشمسية بشكل أكبر ويفتح نوافذ الجلد الخارجي لتنفيس تجويف الواجهة. وعلى العكس من ذلك، تتيح واجهة الكمبيوتر المخصصة للموظفين التحكم/تجاوز جوانب الإضاءة والتظليل الشمسي. ومن خلال الاستفادة من تكنولوجيا المعلومات لمراقبة المبنى والتحكم فيه، مع تمكين المستخدم الفردي من التحكم في بيئته المباشرة، يتم إنشاء بيئة عمل أكثر استجابة وإنتاجية. [23]

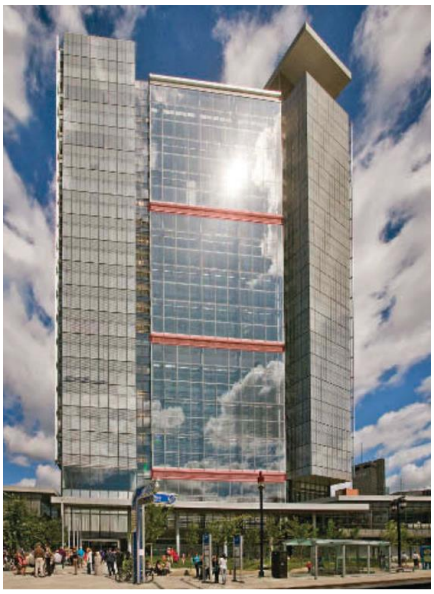
5.18 معدلات الأداء لمبنى Manitoba Hydro Place:

تطلبت شركة Manitoba Hydro Place عملية تشغيل واسعة النطاق لضمان تلبية المبنى لأهداف كفاءة الطاقة وراحة المستخدمين. وأعقبت مرحلة التشغيل هذه مرحلة التحسين، حيث تمت دراسة أنظمة البناء وتعديلها لتحقيق أقصى قدر من الراحة والاستدامة. فتم تطوير خطة قياس وتحقق لمعايير IPMVP (البروتوكول الدولي لقياس الأداء والتحقق منه) بواسطة مهندسو إدارة طاقة المبنى. ستستخدم هذه الخطة البيانات التي تم جمعها بواسطة BMS لتطوير نموذج البناء المبني. وسيتم استخدام هذه الأدوات من قبل فريق استشاري للطاقة للتأكد من أن Manitoba Hydro Place سوف تلبي أو تتجاوز أهداف الطاقة الخاصة بها. فمنذ عام 2011م قام المبنى بتقليل أحمال التدفئة بشكل كبير والتي تم قياسها عند 29 كيلووات ساعة/م2 مقارنة باي مبني نموذجي في هذا المناخ يتطلب ما بين 250 إلى 300 كيلووات في الساعة/م2 للتدفئة. ويرجع هذا الانخفاض الكبير إلى اكتساب الحرارة الشمسية السلبية، والكتلة الحرارية التي تسمح بإغلاق نظام التدفئة ليلاً وعطلة نهاية الأسبوع، بالإضافة إلى غلاف المبنى الفعال. ومن المتوقع أن يصل استخدام الطاقة للتدفئة إلى الهدف المحدد عند 15.2 كيلووات في الساعة/م2. ومن خلال الجمع بين الزجاج عالي الجودة، وتركيبات الإضاءة المتقدمة تم توفير أحمال الإضاءة الحالية بنسبة 56 بالمائة، ومن المتوقع أن يصل توفير الطاقة في إضاءة المكاتب إلى 65 بالمائة. يعمل برج المكاتب النموذجي في كندا بنطاق استهلاك سنوي للطاقة يتراوح بين 400-550 كيلووات ساعة/م2. يستخدم مبنى Manitoba Hydro Place 495 كيلووات في الساعة/م2. على مدى العقد الماضي، تم تخفيض ذلك إلى 325 كيلووات في الساعة/م2 بسبب المبادرات المستندة إلى قانون الطاقة الوطني النموذجي للمباني (MNECB) استهلاكًا سنويًا للطاقة يبلغ 260 كيلووات في الساعة/م2. تُظهر أنماط الاستهلاك الحالية في شركة Manitoba Hydro Place

إجمالي استخدام متوقع للطاقة يبلغ 88 كيلووات في الساعة/م2. ويتجاوز توفير الطاقة هذا بنسبة 66 بالمائة نسبة توفير الطاقة المستهدفة البالغة 60 بالمائة في كود (MNECB) [20]

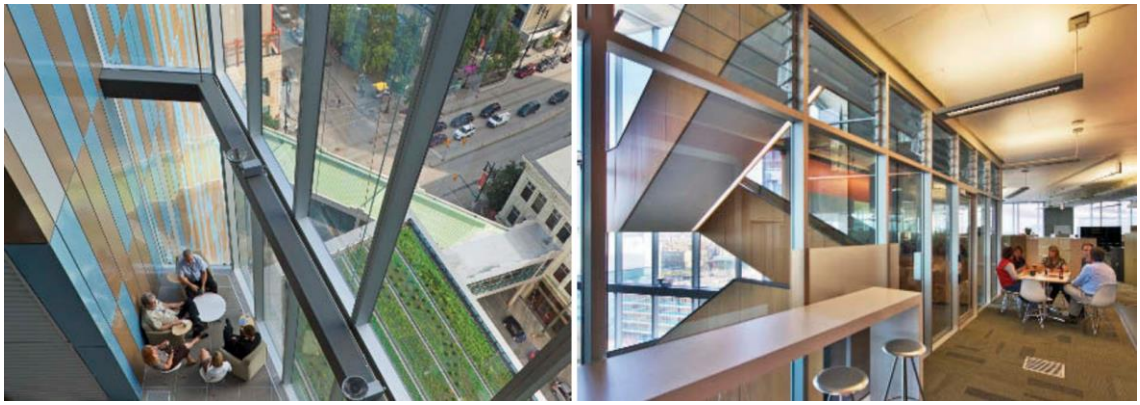


شكل (18) المسقط الأفقي والقطاع الراسي موضحا عليه طريقة دخول وخروج الهواء لمبنىManitoba Hydro Place -المصدر Wood, A. (2010).



شكل (19) شبكات سحب الهواء في الواجهة الجنوبية مبنى Manitoba Hydro Place – www.google.com

شكل (20) الاتريوم الجنوبي يوضح خاصية الماء لمبنىManitoba Hydro Place – المصدر Kuwabara, B. (2009)



شكل (21) فتحات التهوية في الفواصل الزجاجية في الاتريوم الشمالي/ من حدائق سماوية مكونة من ثلاثة طوابق في الاتريوم الشمالي لمبنىManitoba Hydro Place – المصدر Kuwabara, B. (2009)

جدول (3) دراسة مقارنة بين بعض المباني حول تأثير التهوية الطبيعية علي بعض المباني العالمية

الرقم	مبني 1	مبني 2	مبني 3	مبني 4	مبني 5
المبني	 مبني TORRE -CUBE غوادالاخارا- المكسيك	 مبني Bligh -Street- سيدني- أستراليا	 مبني Menara -UMNO بينانج - ماليزيا	 مقر شركة RWE أيسن – ألمانيا	 مبني Manitoba -Hydro Place وينيبيج- كندا
سنة الإنجاز	2005 م	2011 م	1998م	1996م	2008 م
الارتفاع	60 متر	139 متر	94 متر	127 متر	115 متر
المصمم المعماري	Carme Pinós Desplat	Ingenhoven & Architectus	Ken Yeang	Ingenhoven Architects	KPMB Architects
النظام الإنشائي	(ثلاثة قلوب -بلاطات كابولي) الخرسانة المسلحة	(أعمدة - بلاطات) الخرسانة المسلحة	(أعمدة وحوائط - بلاطات) الخرسانة المسلحة	(قلب خرساني -أعمدة على المحيط الخارجي) الخرسانة المسلحة	حوائط خرسانية مسلحة في القلب وفراغ المدخنة +أعمدة
وظيفة المبني	إداري				
عدد الطوابق	17 طابق	30 طابق	21 طابق	31 طابق	22 طابق
مواد البناء	خرسانة مسلحة				
نوع التهوية في المبني	تهوية طبيعية فقط	تهوية هجين zoned	تهوية هجين Complementary-Alternate	تهوية هجين Complementary Changeover	تهوية هجين Complementary-Concurrent
إستراتيجيات التهوية الطبيعية	التهوية المتقاطعة + المداخن	التهوية المتقاطعة والمداخن (في الإتريوم والممرات)	تهوية متقاطعة مدفوعة بالرياح	تهوية من جانب واحد – مدفوعة بالرياح	التهوية المتقاطعة والمداخن (المساحات الداخلية المتصلة)
نسبة استخدام التهوية الطبيعية	%100	100% (في الإتريوم والممرات)	تقريبا 100 %	%75	35 %
إستراتيجية التصميم	اتريوم مركزي + مساحات مكتبية على شكل قمع (Funnel-shaped)	واجهه مزدوجة الغلاف 600 مم	"Walls Wing" التي تلتقط مجموعة واسعة من اتجاها ت الرياح	واجهات خارجية زجاج مزدوج جهاز "فم السمكة" الذي يضبط سرعة دخول الهواء	واجهات مزدوجة الغلاف
تصنيف المناخ	معتدل	استوائي / معتدل	استوائي	معتدل	مناخ بارد
اتجاه الرياح السائدة / سرعة الرياح	الغرب 4.8 متر / ثانية	الشمال الشرقي 3.8 متر/ ثانية	الجنوب الغربي 2.6 متر / ثانية	الغرب والجنوب الغربي 2.7 متر/ ثانية	الجنوب 4.7 متر / ثانية
درجة الحرارة صيفا-شتاءا	32 /25درجة مئوية	26 /17درجة مئوية	31/32 درجة مئوية	5/22 درجة مئوية	10/25 درجة مئوية
متوسط الرطوبة النسبية	52 % صيفا – 60 % شتاء	66% صيفا – 62 % شتاء	79 % صيفا – 73 % شتاء	73% صيفا – 83 % شتاء	69 % صيفا – 77 % شتاء

1		مبني TORRE CUBE- غوادالاخارا- المكسيك	
الرقم		**نقاط** القوة	نقاط الضعف
1	تصميم المسقط الأفقي	ساعد تصميم المسقط الأفقي بزيادة اتصال المساحات المكتبية بالبيئة الخارجية بشكل فعال حيث يواجه كل فراغ مكتبي الخارج من ثلاثة جوانب وهو أمر مفيد لحركة وسهولة التهوية الطبيعية.	يؤدي التصميم الهيكلي للمبني واعتماده على ثلاثة نوى هيكلية (core) إلى زيادة وتكرار بعض الخدمات مما يؤثر على كفاءة استخدام المساحات الداخلية.
		وضع الخدمات في مراكز هيكلية متوازنة سمح بوجود مساحات مكتبية مفتوحة تساعد على تدفق الهواء الطبيعي للتهوية.	
2	**تصميم الغلاف الخارجي**	يوفر الزجاج الخارجي الشفافة كلاً من الحماية من أشعة الشمس وتقليل سرعة الرياح مما يجعل التهوية الطبيعية خيارًا أكثر قابلية للتطبيق.	المعالجات الخشبية في الواجهة تساعد على التهوية الطبيعية إلا أنها على مستوي مقاومة الرياح والصيانة قد تكون ليست الحل الأمثل خاصة في المناخات المختلفة.
			يؤدي التحكم المباشر في النوافذ إلى تهوية تفضيلية لبعض شاغلي المكاتب عن غيرهم فقد يختار موظفو المكاتب الأقرب إلى الواجهة الخارجية إغلاق النوافذ مما يقلل من معدلات التهوية لشاغليها البعيدين عن النوافذ.
3	**الفراغات المركزية وحدائق السماء (الإتريوم)**	تسمح الحدائق المكونة من ثلاثة طوابق بتدوير أكبر للهواء كما تعمل كفراغ تجمع للموظفين في أوقات الفراغ.	لم يتم استغلال الأسقف الخرسانية والسعة الحرارية لها في المساعدة على التبريد الليلي في بعض الأوقات.
		تساعد المساحات المكتبية على شكل مروحة على توجيه الهواء إلى الفراغ المركزي وتحسين كفاءة التهوية المتبادلة بين فتحتي النافذة.	
4	**تأثير قوي الطفو**	يساعد تأثير المدخنة في الفراغ المركزي على زيادة تأثير التهوية المتقاطعة في الفراغات المكتبية ويقلل من الاعتماد على التهوية التي تسببها الرياح حيث يساعد الفراغ الداخلي في سحب الهواء من محيط فراغات المكاتب الثلاثة بغض النظر عن اتجاه الرياح السائد.	لا يوجد تأثير سلبي لقوى الطفو
5	**تأثير قوي الرياح**	لا يوجد تأثير إضافي لقوى الرياح	إذا كانت قوي الرياح هي القوة السائدة تكون التهوية في جناح المكتب الذي يواجه الرياح أفضل من الأجنحة الأخرى.
6	**نظام BMS**	لا يوجد نظام BMS	

2		مبني **Bligh Street 1**- سيدني- أستراليا	
الرقم		**نقاط** القوة	نقاط الضعف
1	تصميم المسقط الأفقي	يقلل الشكل البيضاوي من اضطراب الرياح والتيارات الهوائية مما يحسن البيئة على مستوى الشارع.	كان من الممكن استخدام قلب المبنى (core) كعازل للطاقة الشمسية ولكن الرغبة في تحقيق أقصى قدر من الرؤية حال بين ذلك.
2	**تصميم الغلاف الخارجي**	يتم استخدام الغلاف الخارجي بشكل فعال لحماية النوافذ من الرياح المباشرة، مما يسمح ببناء زجاجي بالكامل وشفاف مع انتقال عالي للضوء المرئي مما يخفف من اكتساب الحرارة.	استخدام النوافذ الثابتة الغير قابلة للتشغيل على واجهة مزدوجة الغلاف للمساحات المكتبية يمثل فرصة ضائعة للتهوية الطبيعية للمساحة بأكملها.
			لا يتم استخدام الواجهة المزدوجة لتهوية المبنى بشكل طبيعي وبالتالي فإن الواجهة الداخلية غير قابلة للتشغيل، وتستخدم فقط لحماية الستائر
3	**الفراغات المركزية وحدائق السماء (الإتريوم)**	يتم استغلال الفراغ المركزي (الإتريوم) كمساحة مضاءة نهارًا وجيدة التهوية بشكل طبيعي مما يقلل من متطلبات الكهرباء واستهلاك طاقة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC).	لا يوجد نقاط ضعف تؤثر على التهوية الطبيعية

3	**الفراغات المركزية وحدائق السماء (الإتريوم)**	يشكل الفراغ المركزي (الإتريوم) المركز الاجتماعي للمبنى وتوفر التراسات التي تطل عليه مساحات استراحة ذات تهوية طبيعية وتخلق فرصًا للتفاعل الاجتماعي	
4	**تأثير قوي الطفو**	يؤدي تأثير المدخنة إلى سحب الهواء من خلال الفتحات الموجودة في السقف الزجاجي للاتريوم فيتدفق الهواء النقي بشكل طبيعي إلى التراسات والممرات المحيطة به في كل طابق في الاتريوم بكامل الارتفاع 120 مترًا	
5	**تأثير قوي الرياح**	تعمل فتحات التهوية ذات الشكل الانسيابي على توجيه الرياح إلى التجويف دون الإضرار بالنوافذ.	
6	**نظام BMS**	يتمتع نظام إدارة المبنى (BMS) بالتحكم الكامل في التهوية الطبيعية في الاتريوم ويرتبط بمحطات الطقس والعديد من أجهزة الاستشعار التي تقيس درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح وهطول الأمطار ومستويات الضوء.	
		يتحكم نظام إدارة المباني في تشغيل الستائر في تجويف الواجهة المزدوجة باستخدام برامج تتبع الشمس وأجهزة استشعار الصور التي تمكن الستائر من الاستجابة لتغيرات زاوية الشمس ومستويات الضوء الخارجي	
3	مبني Menara UMNO- بينانج - ماليزيا		
الرقم		نقاط القوة	نقاط الضعف
1	تصميم المسقط الأفقي	يتيح موقع قلب الخدمة على الواجهة الشرقية أن تكون بمثابة حاجز شمسي على المحور الواسع للمبنى	لا يوجد تأثير سلبي لتصميم المسقط الأفقي
		يسمح توجيه جدران الجناح على طول محاور الرياح السائدة بتدفق الهواء إلى الداخل	
2	تصميم الغلاف الخارجي	لا يوجد تأثير واضح للغلاف الخارجي على التهوية الطبيعية	
3	**الفراغات المركزية**	لا يوجد فراغ مركزي في المبني	
4	**تأثير قوي الطفو**	لا يوجد تأثير واضح لقوى الطفو	سرعات الرياح المنخفضة بالإضافة الي السقف المنخفض تجعل تأثير قوي الطفو وحدها غير كافية لتوفير تبريد مريح
5	**تأثير قوي الرياح**	جدار الجناح عنصرًا هاما في التصميم حيث يقوم بتوجيه الهواء إلى الداخل بمعدل سرعات أعلى وبالتالي تحقيق تهوية مريحة (متوسط سرعات الرياح منخفضة نسبيًا في بينانج (2.6 م / ث)	من نتائج عمليات محاكاة CFD أظهرت أن معدلات تدفق الهواء مع تأثير المدخنة حوالي 1 ACH ومع وجود سرعات رياح مختلفة معدلات تدفق الهواء (6-28) ACHوهذا الفرق يقلل من فرصة الاعتماد على التهوية الطبيعية عندما يكون الهدف الأول راحة المستخدمين
6	**نظام BMS**	غياب نظام BMS وتحكمه في النوافذ قد يسبب مشاكل في تحقيق معدلات تدفق الهواء المطلوبة	
4	مقر شركة RWE أيسن – ألمانيا		
الرقم		نقاط القوة	نقاط الضعف
1	تصميم المسقط الأفقي	ساعد شكل المبنى الدائري والغلاف الخارجي في تقليل اكتساب وفقد الحرارة.	يتسبب الشكل الدائري للمبنى في أن تتمتع فتحات Fish Mouth التي تكون في مواجهه الرياح بأعلى معدلات تغير هواء التهوية الطبيعية في حين أن الفتحات التي تقع بزاوية 90 درجة على اتجاه الرياح قد تشهد معدلات أقل في معدلات الهواء.
		عمل الشكل الأسطواني الديناميكي للبرج على تدفق الرياح حول الواجهة وتقليل أحمال الرياح على الغلاف الخارجي مما سهل التهوية الطبيعية داخل المبنى.	تؤثر وحدات جهاز Fish Mouth وأماكنها على المرونة الداخلية في تصميم وترتيب الفراغ.

2	تصميم الغلاف الخارجي	تعمل الواجهة ذات الغلاف المزدوج على تعديل ضغط الرياح وسرعتها على النوافذ الداخلية مما يعزز احتمالات تحقيق التهوية الطبيعية خاصة في الطوابق العليا حيث تكون سرعة الرياح عالية.	تتأثر المناطق البعيدة عن مدخل الهواء بتهوية أقل عن الأخرى الموجودة على الواجهة
		تغير حجم فتحات السحب والخروج لأجهزة Fish Mouth داخل الواجهة المزدوجة استجابة لزيادة سرعات الرياح في الارتفاعات العالية وفقًا لمعاملات الضغط المختلفة التي تحدث على غلاف المبنى.	
		يمنع شكل وتكوين جهاز Fish Mouth دخول المطر إلى المبنى، ويحد من انتقال الصوت عبر فراغ الغلاف المزدوج.	
3	**الفراغات المركزية**	لا يوجد فراغ مركزي في المبني	
4	**تأثير قوي الطفو**	لا توجد قوى طفو تؤثر على المبني	
5	**تأثير قوي الرياح**	لا يوجد تأثير واضح لقوي الرياح للاعتماد على جهاز Fish Mouth	زيادة سرعة الرياح عند الارتفاعات العالية
6	**نظام BMS**	يقوم نظام إدارة المباني المركزي بتنظيم بيئة المبنى بشكل متواصل من خلال تلقى المعلومات من أجهزة الاستشعار الموجودة في كل غرفة وعلى السطح الخارجي للمبنى فيقوم نظام إدارة المباني (BMS) بضبط حركة الستائر، والتحكم في فتحات التهوية، وتنشيط نظام التهوية الميكانيكية إذا لزم الأمر.	قد يحدث تبريد للفراغات الداخلية خلال فترات معينة من العام أكثر من اللازم حيث لا يمكن التحكم في التهوية الليلية بواسطة نظام إدارة المباني المركزي (BMS).
5		مبنى Manitoba Hydro Place - وينيبيغ- كندا	
الرقم		نقاط القوة	نقاط الضعف
1	تصميم المسقط الأفقي	يستجيب اتجاه المبنى وتكوينه بشكل كبير للظروف المناخية المحلية في وينيبيغ ويتكامل جيدًا مع استراتيجيات التصميم السلبي للبرج.	في المستقبل إذا تم بناء مبنى شاهق جنوب الموقع قد يؤثر على حدائق السماء ويكون لها تأثير سلبي على أداء استراتيجية التهوية الطبيعية.
		وضع المكاتب المفتوحة في المسقط الأفقي بالقرب من محيط المبنى ووضع مساحات الاجتماعات الخاصة ومناطق الخدمة باتجاه المركز يكمل استراتيجية التهوية الطبيعية ويحسنها.	
2	تصميم الغلاف الخارجي	يؤدي تجزئة الإتريوم للجنوبي إلى تقليل مخاطر فروق الضغط الكبيرة في أعلى وأسفل يقلل من خطر تلقي الطوابق العليا هواء أكثر دفئًا.	هناك خطر محتمل من أن تسد الثلوج مداخل سحب الهواء على الواجهة أثناء الظروف الجوية شديدة البرودة..
3	**الفراغات المركزية**	يعد استخدام الإتريوم في الجنوب أو الحدائق الشتوية لتسخين الهواء النقي القادم مثاليًا للتهوية الطبيعية في المناخات الباردة.	----------
		يؤدي استخدام الإتريوم وحدائق السماء إلى تلطيف الهواء النقي الوارد للتهوية الطبيعية، وتخفيف تيارات الهواء غير المرغوب فيها.	----------
4	**تأثير قوي الطفو**	يعمل زيادة ارتفاع المدخنة الشمسية عن ارتفاع الدور الأخير الي زيادة تأثيرها والتأكد من تهوية الطوابق العليا للأبراج	----------
		ملء الجزء العلوي من المدخنة الشمسية بمادة ذات قدرة حرارية عالية، مثل الرمل، يحافظ على تأثير المدخنة خلال ليالي الصيف الباردة ويعزز فعالية التهوية الليلية.	لا يوجد تأثير سلبي على التهوية الطبيعية
		تعمل المدخنة الشمسية الموجودة في الطرف الشمالي من المبنى على تحفيز تدفق الهواء عبر المساحات المكتبية وتحسين كفاءة التهوية الطبيعية عندما تكون الرياح الجنوبية السائدة ضعيفة.	
5	**تأثير قوي الرياح**	تم تصميم المبنى للاستفادة من الرياح الجنوبية السائدة والحرارة الشمسية لتدفئة الهواء البارد القادم.	

6	**نظام BMS**	بدون أنظمة التحكم في التظليل والتهوية، قد يتعرض الإتريوم الجنوبي لارتفاع درجة الحرارة وبالتالي ارتفاع درجة حرارة الهواء المطلوب للتهوية الطبيعية.	

جدول (4) نقاط القوة والضعف للمباني محل الدراسة /الباحث

النتائج:

1- تقلل المباني التي تستخدم الأنظمة الهجينة في التهوية من استهلاك الطاقة ولكنها لا تلغيها.
2- يؤثر وجود نظام "**BMS**" على ألية تشغيل المباني التي تستخدم أنظمة هجينة وإمكانية التبديل بين التهوية الطبيعية والميكانيكية.
3- المناخ العام للمدينة يؤثر بشكل كبير على استخدام التهوية الطبيعية ونسبة الاعتماد عليها خلال السنة.
4- يزداد تأثير التهوية الطبيعية عندما تعمل كلا من قوي الرياح وقوي الطفو معا.
5- توجيه المبني وفتحات التهوية نحو الاتجاه السائد للرياح خاصة عندما تكون إستراتيجية التهوية الطبيعية هي التهوية المتقاطعة.
6- يؤثر تصميم المسقط الأفقي والشكل الخارجي للمبني على أداء التهوية الطبيعية خاصة التهوية المتقاطعة.
7- يجب تغيير حجم فتحات التهوية الخارجية لتخفيف ضغط الرياح على الواجهات.
8- وجود الفراغات المركزية (الإتريوم) يساعد في التهوية الطبيعية حيث يعمل كمدخنة خارجية لخروج الهواء العادم.
9- يجب النظر بعناية عند اختيار الغلاف المزدوج أو أجهزة التظليل حيث انه إذا تم وضعها بشكل غير صحيح قد تعرض المبني لارتفاع درجات الحرارة الداخلية خاصة في المناخات الحارة.
10- يجب وضع عناصر الاتصال والخدمة في أماكن لا تعيق حركة الهواء.
11- وجود عناصر معمارية مثل " **wall wings**"تحفز من تدفق الهواء إلي داخل المبني وتعمل على تجميع الرياح من جميع الاتجاهات.
12- ثقافة وطبيعية مكان العمل والموجودين به قد يكون لها تأثير كبير في قرار التحويل بين التهوية الطبيعية والتهوية الميكانيكية.
13- يساعد وجود الحدائق المفتوحة في المباني علي زيادة معدلات التهوية الطبيعية وزيادة العلاقات الاجتماعية للمستخدمين.
14- الاستفادة من التبريد الليلي وتقليل اكتساب الحرارة يحسن من أداء التهوية الطبيعية خاصة في المناخات الباردة أو المعتدلة.
15- مع وجود التهوية الطبيعية قد يكون لدخول الغبار تأثير سلبي على المستخدمين خاصة أصحاب أمراض الصدر بالإضافة إلى صعوبة التنظيف.

التوصيات:

1- على المعماريين ضرورة عمل محاكاة (CFD)واختبار نفق الرياح بعد الانتهاء من تصميم المبني للتنبؤ بأنماط تدفق الهواء وسرعته ودرجات الحرارة الداخلية وتوزيعها لتقييم مدي ملائة استراتيجيات التهوية الطبيعية للمبني.
2- مراعاة استخدام معايير الراحة الحرارية الخاصة بكل نوع من المباني لتحديد الفترات التي يمكن خلالها الاعتماد على التهوية الطبيعية لتهوية المباني في المناخات التي تسمح بهذا الأمر مثل المناخ المعتدل وبعض المناطق في المناخ الحار.
3- على المعماريين الاهتمام بدمج الإضاءة الطبيعية جنبا إلى جنب مع التهوية الطبيعية لتقليل أحمال الإضاءة الصناعية والأحمال الحرارية في الفراغات حتى يكون للتهوية الطبيعية التأثير الأكبر لراحة المستخدمين.
4- على المعماريين دراسة تأثير المداخن كإستراتيجية للتهوية الطبيعية وعلاقتها بأهداف السلامة من الحريق مع مهندسي مكافحة الحريق وكيفية عملها.
5-على المعماريين تركيز الاهتمام بمواد التشطيب الخارجية والموصلات الحرارية المختلفة وقدرات تخزين الحرارة التي يمكنها امتصاص الحرارة أثناء النهار وإطلاقها أثناء الليل.
6- علي المطورين والمعماريين دراسة التكلفة المالية لتنفيذ إستراتيجيات التهوية الطبيعية وتكلفة الصيانة الخاصة بها مقارنة بالتهوية الميكانيكية.

المراجع:

Arriola Clemenz, S. & Pérez-Torres, A. (2006). Torre Cube, Puerta de Hierro, Guadalajara, Mexico. On Diseño, vol. 47, no. 9.
Brager, G.S. (2000). A standard for natural ventilation. ASHRAE Journal, vol. 42, no.10, 21-28.

Briegleb, T. (2000). High-Rise RWE AG Essen. Essen.
Chodikoff, I. (2006). Award of excellence:Manitoba Hydro head office. Canadian Architect, vol. 51, no. 12.
Evans, B. (1997). Through the glass cylinder. Architect's Journal, vol. 205, no. 19.
Galiano, L. F. (2005). Torre Cube, Guadalajara- Mexico. AV Monografias, vol. 115.
Ismail, L. H. & Sibley, M. (2006). Bioclimatic performance of high-rise office buildings: a case study in Penang," in Compagnon, C. Fribourg, Switzerland: Imprimerie St-Paul.
Jahnkassim, P. S. & Ip, K. (2006). "Energy and occupant impacts of bioclimatic high-rises ina tropical climate. London: James and James.
Jankassim, P. S. (2004). The bioclimatic skyscraper: a critical analysis of the theories and designs of Ken Yeang. PhD thesis- University of Brighton.
Jones, P. J. & Yeang, K. (22–24 September -1999). The use of the wind wing-wall as a device for low-energy passive comfort cooling in a high-rise tower in the warm mid tropics. PLEA 16th International Conference. Brisbane-Australia.
Kuwabara, B. (2009). Manitoba Hydro Place: integrated design process exemplar. Quebec: Laval University.
Lehmann, S. & Ingenhoven, C. (2009). The future is green: a conversation between two German architects in Sydney. Journal of Green Building, vol. 4, no. 3.
Linn, C. (March/April 2010). Cold comfort. Green Source.
Linn,C. (2011). Architectus and Ingenhoven Architects. Architect, vol. 100, no,11.
Meyer, U. (2008). Double-skin deep: designing environmentally sustainable architecture often depending on the façade. World Architecture (China), vol. 214.
Moe, K. (2008). Integrated Design in Contemporary Architecture. Princeton: Architectural Press: Princeton**.**
Pasquay, T. (2004). Natural ventilation in high rise buildings with double façades, saving or waste of energy. Energy and Buildings, vol. 36.
Pepchinski, M. (1997). RWE AG Hochhaus . Architectural Record, vol. 185 .
Powell, R. (1999). Rethinking the Skyscraper: The Complete Architecture of Ken Yeang. London: Thames and Hudson.
Sampson, P. (2010). Climate-controlled. Canadian Architect, vol. 55, no. 1.
Schittich, C. (ed.). (2007). Torre Cube inGuadalajara, Mexico. Detail, vol. 47, no. 9.
Seguin, B. (2011). Facade technology. Architecture Australia, vol. 100, no. 3.
Slavic, D. (2008). IBS Award 2008. XIA International Magazine, vol. 8, no. 2.
Vivian, P. (2008). Space: next-generation workspace. Architecture Australia, vol. 97, no. 3.
Wood, A. (2010). Best Tall Buildings 2009:CTBUH International Award Winning Projects. New York: Routledge.