كلية الهندسة بشبرا
FACULTY OF ENGINEERING AT SHOUBRA
ERJ
PRINT ISSN 3009-6049
ONLINE ISSN 3009-6022

ENGINEERING RESEARCH JOURNAL (ERJ)
Volume (52),Issue (4)
October 2023, pp:179-186
https://erjsh.journals.ekb.eg

رصد تطور مفردات العمارة التقليدية المسئولة عن التهوية الطبيعية لتحقيق الراحة الحرارية فى العمارة المعاصرة

Monitoring the development of traditional architecture vocabulary responsible for natural ventilation to achieve thermal comfort in contemporary architecture

راندة سليمان محمود [1,*] ، طارق سعد الحناوى [1] ، أحمد عبد الرسول [1]

[1] Architectural department, Faculty of Engineering at Shoubra, Benha University.
** Corresponding author*

E-mail address: r.soliman26194@feng.bu.edu.eg, tarek.alhenawy@feng.bu.edu.eg , ahmed.rasol@feng.bu.edu.eg

ملخص البحث: تتناول الدراسة سبل توفير الراحه الحراريه فى المبانى المعاصرة بالمناخ الحار الجاف، بإستخدام الطرق السالبه (التي لا تعتمد على إستهلاك الطاقه)، وذلك من خلال دراسة العناصر المحققة للراحة الحرارية من خلال توفير التهوية الطبيعية. يهدف البحث لدراسة كيفية عمل منظومة التهوية بالعمارة التقليدية، بالإعتماد على أسس التهوية الطبيعية الجيدة، بإستخدام عناصر العمارة التقليدية وهى الفناء والشخشيخه والملقف و المشربية. وقد إشتملت الدراسة رصد التطور لكل عنصر من عناصر نظم التهوية التقليدية، للوقوف على مدى إمكانية و كيفية الإستخدام الأمثل لهم فى العصر الحالى، فقد أثبتت النماذج المعاصرة إندماج جميع هذة العناصر تقريبا (بخلاف تطور الملقف على المستوى الرأسى) ومرونتها فى التكيف مع كل ما يقدمة التطور التكنولوجى من مواد الإنشاء والنظم والتقنيات الحديثة وكذلك إتجاهات العمارة المعاصرة، بما يتوافق مع تطور نمط البناء أيضا على المستويين الأفقى والرأسى بهدف توفيركفاءة الراحة الحرارية من خلال التهوية الطبيعية بأقل قدر من إستهلاك الطاقة، ليتسنى تطبيقة بشكل واسع بما يحقق الحفاظ على الهوية والوظيفة البيئة و حفظ الطاقة.

الكلمات الدالة: الفناء ; الملقف ; الشخشيخة ; المشربية.

1- المقدمة:

يعتبر توفير الراحة الحرارية في المباني المعاصرة بالمناخ الحار الجاف تحديًا كبيرًا، حيث يتسبب فى زيادة إستهلاك الطاقة المرتبطة بتكييف الهواء.

وقد حققت العمارة التقليدية كفاءة كبيرة فى التعامل مع المناخ الحار، فقد عملت على الحفاظ على التوازن الطبيعي بين الإنسان والبيئة المحيطة، بالإعتماد على إستراتيجيات التصميم السلبي للتعامل الأمثل مع المناخ، حيث أثبتت كفاءة عالية في توفير الراحة الحرارية بالفراغات الداخلية بالمبنى دون الحاجه لإستهلاك الطاقه من خلال عدد من العناصر بالمبنى، والتى تسمح بالتهوية الطبيعية مثل الملقف و الفناء والشخشيخه وأساليب معالجة الفتحات.

حيث ساعدت على توفير قدر كبير من الراحة الحرارية بالمناخ الحار الجاف؛ بخلاف ما وجدت علية العمارة المعاصرة من توفير الراحة الحرارية بالإعتماد على الأنظمة الميكانيكية المعتمدة على إستهلاك الطاقة الكهربية، حيث يستهلك قطاع المباني 40 % من إجمالى إستهلاك الطاقة.

ومن هنا يحاول البحث دراسة إمكانية تطور كل عنصر من هذة العناصر والوقوف على مدى إمكانية إعادة إستخدامة فى العمارة المعاصرة.

1-1 المشكلة البحثية وهدف البحث:

تتلخص مشكله البحث في تزايد إستهلاك الطاقه الكهربائية في قطاع المباني والإعتماد على النظم الميكانيكية بهدف توفير الراحة الحرارية فى الفراغ الداخلى.

وتكمن المشكله في غياب إستخدام عناصر العمارة التقليدية القائمة على توفير التهوية الطبيعية بالطرق السالبة "لإستهلاك الطاقة" فى العمارة المعاصرة، مثل الملقف والفناء والشخشيخة والمشربية، نظراً لتغير نمط البناء من النمط الأفقى إلى النمط الرأسى.

لذا يهدف البحث إلى دراسة إمكانية إحياء إستخدام عناصر العمارة التقليدية لتناسب العصر الحالي مع متغييرات المواد والتقنيات والنظم الحديثة، وبعد تغيير نمط البناء إلى البناء الرأسي.

كما يهدف البحث إلى تحقيق ترشيد إستهلاك الطاقة من خلال توفير الراحة الحرارية عن طريق تتبع تطور عناصر العمارة التقليدية المسؤلة عن توفير التهوية الطبيعية الجيدة بالطرق السالبة مثل: (الفناء والملقف والشخشيخة والمشربية).

2-1 فرضية البحث :

يفترض البحث إمكانية ترشيد الطاقة و توفير التهوية الطبيعية فى المبانى المعاصرة من خلال

تطور عناصر العمارة التقليدية ومرونتها فى الإندماج مع التطور المعاصر للتقنيات والمواد.

وقدرة عناصر العمارة التقليدية المطورة على التكيف والعمل بمرونة مع نمط البناء المعاصر (الرأسى) بعد نجاحها سابقا فى نمط البناء الأفقى.

3-1 منهجية البحث:

وقد تم إستخدام **المنهج الإستقرائى** للتعرف على ماهية الراحة الحرارية ومعرفة أزمة الطاقة ومقدار إستهلاك قطاع المباني لها، ومنظومة التهوية الطبيعية وعملها بالطرق السالبة على توفير الراحة الحرارية وترشيد إستهلاك الطاقة،

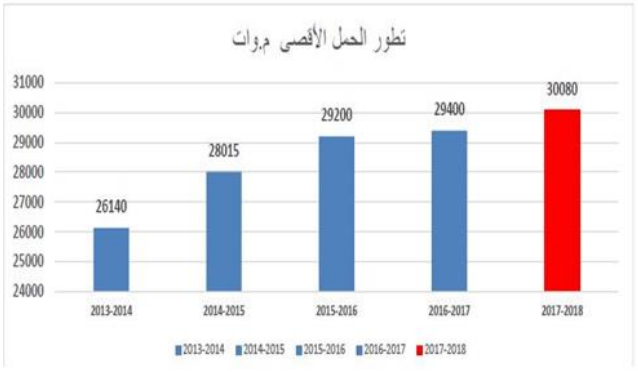
وذلك من خلال دراسة القوى المحركة لمنظومة التهوية والتى إعتمدت عليها مفردات العماره التقليدية مثل : الفناء والملقف والشخشيخة والمشربية.
ثم يتم إستخدام التحليل المقارن من خلال تحليل كيفية عمل مفردات العمارة التقليدية إعتمادا على القوى المحركة لمنظومة التهوية ومقارنتها بالتطور المعاصر لها المعتمد أيضا على هذة القوى .

2- توقعات إستهلاك الطاقة عالمياً بحلول عام 2050 :

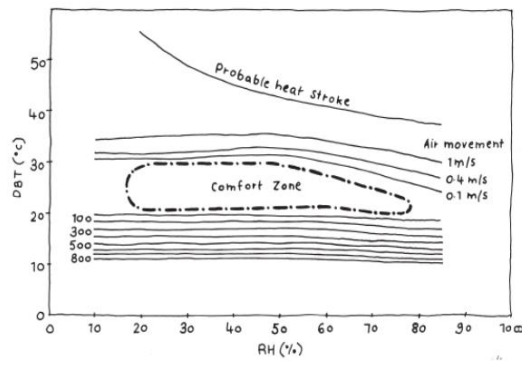
توقعات إدارة معلومات الطاقة تشير إلى نمو إستهلاك الكهرباء في القطاع السكني بمعدل 0.2% سنوياً من عام 2021 إلى 2050. ويزداد إستهلاك الكهرباء في القطاع التجاري بمعدل 0.4% سنوياً، بسبب إحتياجات التدفئة في المناطق الباردة [3].
أما بالنسبة للإستخدامات التبريدية في المناطق الحارة، فمن المتوقع زيادة إستهلاك الكهرباء في المباني بنسبة 4% بحلول عام 2050. على المستوى العالمي، يتوقع أن ينمو إستهلاك الكهرباء بمعدل سنوي قدره 2.4% حتى يصل إلى 30.621 ألف تيراواط/ساعة بحلول عام 2030، ثم يتباطأ النمو إلى 1.8% سنويًا، ويصل الطلب إلى 43.672 ألف تيراواط/ساعة بحلول عام 2050 [3].

1-2 أزمة الطاقة والحلول المقترحة لحلها :

أوضحت أجندة البحث والتنمية الفيدرالية الأمريكية، بأن قطاع البناء والتشييد يستهلك ثلث الطاقة فى العالم وقد يصل إلى 40% من الإستهلاك الكلى للطاقة، وترجع أزمة الطاقة فى المقام الأول إلى الحاجة المتزايدة فى الطلب عليها نتيجة للزيادة السكانية العالمية، التى يصاحبها إستنزاف فى مصادرها الأولية مثل البترول والفحم والغاز الطبيعى وغيرها، كما أن التحسن المستمر فى مستوى المعيشة فى أغلب الدول يؤدى إلى زيادة الطلب على الطاقة [1].
يواجه العالم عجزًا كبيرًا في مصادر الطاقة غير المتجددة، وهي المصادر التي يصعب تحويلها بسهولة إلى الكهرباء التي تستخدم في مختلف الأغراض الحياتية. يظهر الشكل رقم (1) أن الإحتياجات الإستهلاكية تتزايد بشكل كبير، يفوق القدرة التي يمكن توفيرها من هذه المصادر. نتيجة لذلك، تزداد أزمة الطاقة في جميع أنحاء العالم، وخاصة في الدول النامية [1].



شكل رقم 1 : شكل بيان يوضح تزايد الحمل الأقصى لإستهلاك الكهرباء فى مصر . المصدر: تقرير شركة الكهرباء لعام 2019



شكل رقم 2: منطقة الراحة الحرارية بخريطة الراحة لأولجاى. المصدر: [8]

3- الراحة الحرارية :

للراحة الحرارية عدة تعريفات، فقد عرفت بأنها "حالة عقلية يشعر معها الإنسان بالرضى عن ظروف البيئة المحيطة به" [1]، ونجد أن بعض الباحثين قاوا بتعريفها بطريقة عكسية ولكنها أقرب للفهم مثل مثل فيكتور أولجاى :
" الراحة الحرارية أو التعادل الحرارى هى حالة لا يشعر معها الإنسان بالبرد أو بالحر، أو يشعر بأى مضايقة نتيجة لخلل فى البيئة الحرارية" [2] وهى تقع فى نطاق محدد من درجات الحرارة والرطوبة كما بالشكل (2).
تعرف الجمعية الأمريكية لمهندسي التبريد والتكييف ASHRAE الراحة الحرارية على أنها "الحالة النفسية التي يشعر بها الإنسان بالرضا تجاه البيئة الحرارية". وتختلف نسبة الإحساس بالراحة الحرارية من شخص لآخر بناءً على حالتهم البدنية والنفسية ونوع النشاط الذي يقومون به داخل الفراغ.
تعرض الرسوم البيانية للمناخ الحيوي قيم مؤشرات الراحة الحرارية التي تستخدم لتقييمها. تتضمن هذه المؤشرات درجة حرارة الهواء المحيط بين 18 و 26 درجة مئوية، وسرعة الهواء بين 0 و 2 متر في الثانية، والرطوبة النسبية بين 40٪ و 65٪، ولا تتوفر هذة النسب إلا بإستهلاك الطاقة.

4- القوى المحركه لمنظومه التهويه الطبيعية :

يقصد بالتهوية الطبيعية للمباني "عملية إستبدال الهواء الداخلي المُستخدم، بهواء نقي من الخارج بواسطة الوسائل الطبيعية فقط ". ويعتبر توفير المعدل الأدنى من التهوية الطبيعية داخل المبنى من العناصر الضرورية لحياة الإنسان من أجل راحته وصحته وأداء وظائفة بحيوية.
فأهمية التهوية الطبيعية تكمن في أثرها الفعال في تخفيف الإجهاد الحراري على الإنسان، وتساعد على التخلص من الهواء الفاسد والضار بالصحة [4].
ويتم توفير التهوية الطبيعية من مصدرين: الدفع الحراري والرياح. حيث أن تخلخل الهواء وحركته داخل المبنى يتم نتيجة التدرج فى الضغط الجوى Pressure Gradient عبر الفراغ الداخلي والخارجي والذي يتكون نتيجة لعاملين أساسين هما [2]:

1. قوة الدفع الحراري (Thermal Force): الناتجة من التدرج في درجات الحرارة Temperature Gradient من الهواء الداخلي والهواء الخارجي للفراغ العمرانى، وتسمى الطفو أو " تأثير المدخنة ": وهى لأن الهواء الدافئ أقل كثافة من الهواء البارد لذلك يرتفع ويحدث فرقاً في الضغط مما يؤدي بدوره إلى حركة الهواء [2].
2. قوة الدفع الهوائي (Wind Force): الناتجة عن تيار الهواء الخارجي حيث ينتقل الهواء من مناطق الضغط الأعلى (الموجب) إلى مناطق الضغط (السالب) الأدنى.

ونجد أن حركه الهواء الناتجه عن تباين الضغط يكون تدفق الهواء بها أكثر إنتظاماً في
الحالات التي تعتمد على السحب suction الناتج عن ضغط الهواء المنخفض وليس المرتفع الذي تسببه قوه الرياح فيجب أن تكون هناك فتحتين على الأقل لتوفير حركة الهواء المطلوبة داخل الفراغ. ودلت التجارب على أن حركة الهواء تكون أسرع وأكثر إنتظاماً عندما تكون الفتحات من جانب المبنى المواجة للرياح أكبر من تلك التى فى الجانب المعاكس لإتجاه الرياح [2].
وهناك عدد من العناصر التي تم إستخدامها لجلب الرياح والتحكم في حركه الهواء داخل الفراغ مثل الملقف والفناء والشخشيخة والفتحات.
فى هذا الصدد تنقسم الدراسات إلى ثلاثة أقسام [3]:

1- الدراسات الفلسفية التى تحاول تحليل العمارة العامية لتصل الى معايير النجاح للهندسة المعمارية التقليدية فى توفير الراحة الحرارية للمستخدمين.
2- الدراسات التى تضع استرتيجيات مبتكرة تتعامل مع المقترحات الحديثة لتحقيق الراحة البيئية على أساس الهندسة المعمارية المستدامة.
3- الدراسات التى تركز على عنصر واحد من العناصر المميزة للهندسة المعارية التقليدية، مثل: الفناء فقط او المشربية فقط أو غيرهم، وتحاول تحليل هذا العنصر وتقديم مقترحات لتوظيفة وفقا لمتطلبات كل بلد "وهذا هو النوع القابل للقياس عن طريق برامج المحاكاة كما تفضلت حضرتك مشكورا بالاشارة اليه"

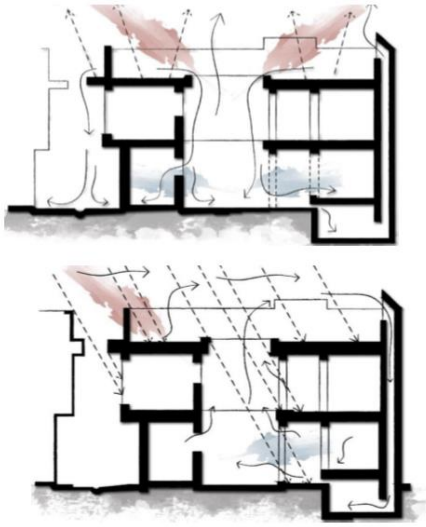
وينتمى هذا البحث الى القسم الثانى من هذا التصنيف وسيتم دراستة كما يلى:

5- عناصر العمارة التقليدية المنوطة بالتهوية الطبيعية:

5-1 الفناء التقليدى The courtyard :

تمثل الساحة الداخلية المركزية أحد أهم سمات العمارة التقليدية في الوطن العربي وتحقق أهم إستراتيجيتين تقوم عليهما هذه العمارة، وهما الخصوصية والحماية من العوامل المناخية. حيث يوفر الفناء المركزي حلاً إجتماعيًا كالخصوصية، ومناخياً من خلال التظليل (المعتمد على نسب الطول للعرض للعمق) [3].

وغالبا ما يحتوي الفناء على مسطحات مائية ذات نوافير تحرك سطح الماء، كما تحتوي على نباتات تزيد من تظليل أرضية الفناء والجدران المطلة عليها بالإضافة إلى تنقية الهواء، مما خفض من درجات الحرارة وحسن من جودة الهواء ونقاءة [3].



شكل رقم 3: الأداء الحرارى للفناء وعملة كخزان للهواء البارد على مدار اليوم وفى الليل. المصدر : [3].

5-2 الملقف والشخشيخة "wind tower" &"solar chimney" :

الملقف هو هيكل معمارى ذو فتحة جهة الرياح المحببة يستخدم فى التهوية الطبيعية، عن طريق إستغلال وتوجية الرياح وتبريدها وتوجيهها لداخل الفراغات بالمبنى [2].

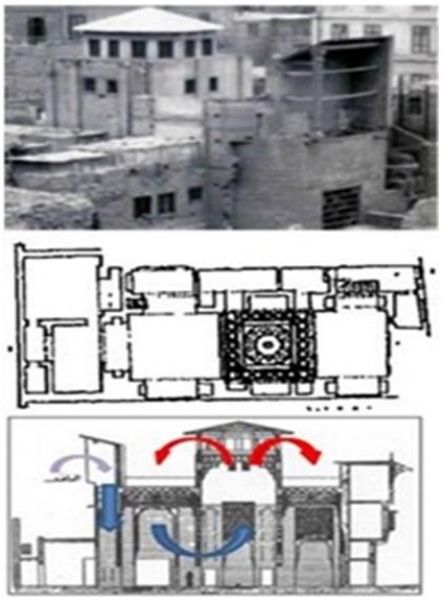
بنى الملقف التقليدى من الحجر السميك ليعمل كعازل للحرارة، ويعتمد دور الملقف على [2] [8] [9]:

1. توجية تيارات الهواء الخارجية إلى داخل المبنى من خلال تصميم الملقف وتوجيهة الصحيح كما بالشكل رقم (4).
2. يبرد الهواء بالملقف عن طريق جرة فخار مملؤة بالماء، تبرد الهواء بالتبريد التبخيرى.
3. يوزع الهواء البارد داخل الفراغات بما يحقق التهوية الطبيعية ويعزز الراحة الحرارية، وتعتمد دورة عمل الملقف على تيار الهواء الطبيعي بالدفع الهوائى نتيجة الإختلافات في درجات الحرارة والضغط [4].

وقد نشأت الشخشيخة مرتبطة بالملقف بالعمارة التقليدية، لتحقق جودة أفضل فى حركة الهواء، فتجديد الهواء بصورة دائمة ومستمرة، عن طرق سحب الهواء الساخن من أعلى الغرفة مما يتيح للهواء البارد أن يحل محلة من خلال ملقف الهواء أو النوافذ المطلة على الفناء، ولم يقتصر دور الشخشيخة على توفير التهوية الجيدة فقط بل وتوفير الإضاءة الطبيعية كذلك [3].

يتم تصميم الشخشيخة على شكل قبة خشبية صغيرة مرتفعة على سطح المبنى بها فتحات زجاجية كثيرة يمكن التحكم بفتحها وغلقها حسب الحاجة [3] .

يعتمد عمل الشخشيخة على حركة الطفو للهواء الساخن، ويستحث صعود الهواء الساخن إليها بوجود زجاج بأعلى الشخشيخة "بالإتجاة المقابل لإتجاة الملقف" يسمح برفع درجات الحراة بالأعلى نتيجة مرور أشعة الشمس الساخنة من خلالة مما يعمل على زيادة سحب الهواء الساخن من خلال فتحات الشخشيخة إلى الخارج، حيث يتكون منطقة ضغط مرتفع عند فتحة الملقف ومنطقة ضغط منخفض عند فتحات الشخشيخة مما يسمح بحركة مستمرة ومتجددة للهواء [3].

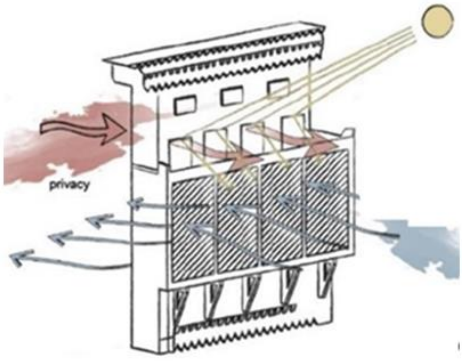


شكل رقم 4 : سطح بيت محب الدين بالقاهرة تظهر شكل الملقف والشخشيخة من الخارج مع المسقط الأفقى وقطاع رسى موضح علية حركة الهواء البارد من الملقف وخروج الساخن من الشخشيخة. المصدر : [27] بتصرف من الباحثة.

5-3 المشربية " Mashrabiya ":

المشربية عبارة عن ستائر مصنوعة من كرات صغيرة من الخشب تفصل بينها مسافات محددة، لتكون شكل زخرفى هندسى دقيق، وعادة ما تغطى السطح الخارجى للشبابيك والبلكونات والشكمة التى تستعمل للجلوس فى الداخل، وغالبا ما تكون بارزة حتى يسهل تعرضها للتيارات الهوائية الرأسية والأفقية كما بالشكل رقم (5)، فهى من المفردات التقليدية المهمة فى معالجة الهواء وتوفير بيئة داخلية مريحة، حيث تسمح بدخول الرياح الملطفة، وتكسر كراتها الخشية الضوء فتوفر إضاءة طبيعية مناسبة بدون إبهار [5]، وللمشربية أدوار كثيرة مثل :

التهوية الطبيعية وتقليل درجة حرارة الهواء وزيادة رطوبتة والتحكم فى مرور الضوء و التظليل وأخيرا توفير الخصوصية [6].



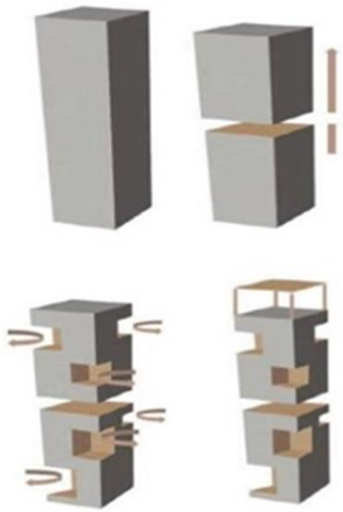
شكل رقم 5: دورالمشربية فى السماح للهواء بالدخول بعد تلطيفة ودخول الضوء المناسب وحجب أشعة الشمس الزائدة عن الدخول للفراغات الداخلية. المصدر : [6].

6- تطور عناصر العمارة التقليدية المنوطة بالتهوية فى العمارة المعاصرة:

6-1 الفناء فى العمارة المعاصرة "Sky-court":

تعتبر أفنية السماء تطور معاصر للفناء التقليدى بالعمارة المعاصرة، فقد بدأ إستخدام الSky-court فى المبانى المرتفعة بأوروبا بدأ من عام 1890م وحتى ثلاثينيات القرن العشرين كتصاميم فراغية على شكل E,U,O بالمستوى الأفقى للمبانى المكتبية من أجل توفير التهوية والراحة الحرارية والإضاءة [2] ،ولكن ظهرت عدة مشاكل فى هذة المبانى مثل الضوضاء وعدم كفاية كمية الرطوبة والتهوية، ومن هنا بدأ الإعتماد على الأنظمة الميكانيكية، ثم أصبحت المبانى

المرتفعة تعتمد على أنظمة التكييف الميكانيكية بشكل متزايد بين عامى 1950 و 1970 [7] ، بيد أن أزمات النفط عام 1973 كانت سببا رئيسيا للبدء فى التفكير فى آليات جديدة لتقليل إستخدام الطاقة المستهلكة فى التبريد والتهوية والإضاءة [7] [2]، لذلك تم إعتماد إستراتيجيات التصميم البيئى فى تصميم المبانى المرتفعة، وقد أعيد إدخال ال Sky court بإعتبارها توفر التهوية والضوء الطبيعى فتوفر الطاقة مع تجنب إكتساب الحرارة غير المرغوب فيها [8].



شكل رقم 6: تطور المبانى المرتفعة فى الوصول لأفضل نتيجة لإستخدام الفناء بصورة معاصرة. المصدر: [9]

ومن هنا تعمل أفنية السماء كعنصر تصميم سلبي فعال في تصنيف المباني المعاصرة المرتفعة، و يمكن دمج ال Sky court في التصميم المعماري لإستخدام مصادر الطاقة الطبيعية مثل أشعة الشمس وتدفق الهواء للتدفئة أو التبريد أو لإضاءة المبنى، وهذا ينطوي على إمكانية كبيرة للحفاظ على الطاقة وتحسين الصحة ونوعية الحياة لشاغليها. وهناك نتيجتان تركزان على هذا المفهوم، الأول: أن Sky court في المباني المرتفعة يمكن أن يعمل كفناء تقليدي، والثاني: هو أن Sky court يمكن إعتباره تقنية تبريد سالبة [9].

شكل رقم 7: الفناء السماوى ببرج Commerzbank بألمانيا مع اسكتش لقطاع رأسى وأفقى لتوضيح الأفنية على طول البرج. المصدر: [10].

تطبيقات الفناء فى العمارة الرأسية:

تم تصميم برج Commerzbank في ألمانيا بنظام " الفناء السماوي" (Sky court) المظلل والمتكرر كل إثني عشر طابقًا على التوالي على طول المبنى، بهدف توفير التهوية الطبيعية، فيقوم الفناء السماوي بتدفق الهواء المنعش والتبريد من خلال الحدائق نحو الفراغات الداخلية، ويتم التخلص من الهواء الساخن عبر الفناء الداخلي ليخرج من الحديقة السماوية المقابلة [10].

تتميز أفنية السماء بتظليلها الكبير، مما يؤدي إلى إختلاف الضغط ودفع الهواء، مماثلاً لعمل الفناء التقليدي. يتم توضيح موقع الفناء المعاصر باللون البرتقالي على المستوى الأفقي والرأسي، حيث يدخل الهواء من الفناء المقابل لجهة الرياح ويخرج من الفناء في الجهة المقابلة [10].

إن "الفناء السماوي" يستند إلى مبادئ الفناء التقليدي، ففي المبانى التقليدية كانت أبعاد الفناء وإستطالته وإرتفاعه هي العوامل التي تحدد مساحة الظل وبالتالى تسبب إختلافات في الضغط، مما يؤدي إلى حركة الهواء وهذا بعدد أدوار محدود لا يتجاوز الثلاثة أدوار غالباً.

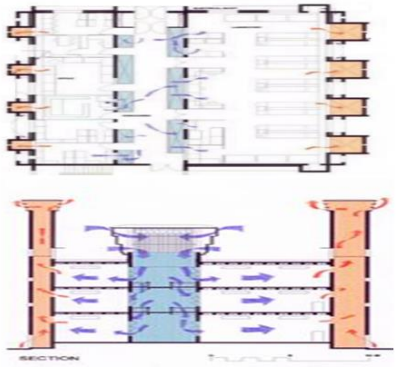
وعندما أصبح من الصعب تطبيقه في العمارة الرأسية، فقد تم تنفيذ هذا الفناء السماوى المتكرر بشكل متناوب كل أربعة طوابق في جانب من جوانب المبنى الثلاثة كتطور للفناء التقليدى يسمح للفناء أن يقوم بدورة بنفس الإرتفاع ذو الكفاءة له، مما يوفر وجود الظل ويخلق إختلافات في الضغط فيقوم بنفس عمل الفناء التقليدى ولكن بصورة معاصرة تناسب التطور الرأسى المعاصر للمبانى [8].

2-6 الملقف المعاصر "Torrent Research Center Building" :

شكل رقم 8 : شكل الملاقف بمبنى torrent research center .المصدر: [16].

يقع مركز أبحاث torrent بمدينة أحمد أباد بالهند، والتى تتميز بمناخ حار شبة جاف.

أثناء درجات الحرارة العالية بالخارج يتم إستبدال الهواء الساخن داخل الفراغات من خلال دخول الهواء المبرد بعد رشهُ برذاذ الماء من خلال وحدة أسفل سقف الملقف عند مدخلة، والسماح للهواء الساخن بالخروج من خلال المداخن الشمسية كما هو موضح بالشكل حيث تتولد الحركه المطلوبة للهواء نتيجة لموقع كلا من الملاقف و المداخن وأحجامهما وإرتفاعهما التي تم قياسهم بوسائل قياس محددة [13]، فنجد أن المبنى يسهل توليد تيار هواء طبيعي مبرد بالتبريد التبخيرى من خلال وحدة بالملقف وخروج الهواء الساخن من الأعمده الطرفية ويرتفع ويخرج عبر فتحاتها بالأعلى، وتخدم هذه الملاقف ثلاثة طوابق، فقد تم إستخدام مجموعات من النوافذ المفصلية التي تفتح لأعلى لإلتقاط التدفق الهابط للهواء المبرد إلى الفراغ الداخلي [14]. ثم يخرج الهواء من فتحات زجاجيه عالية المستوى تفتح مع توصيلها مباشرة بأبراج العادم (solar chimney) مما يخلق حركة مستمرة للهواء داخل المبنى على مدار اليوم.

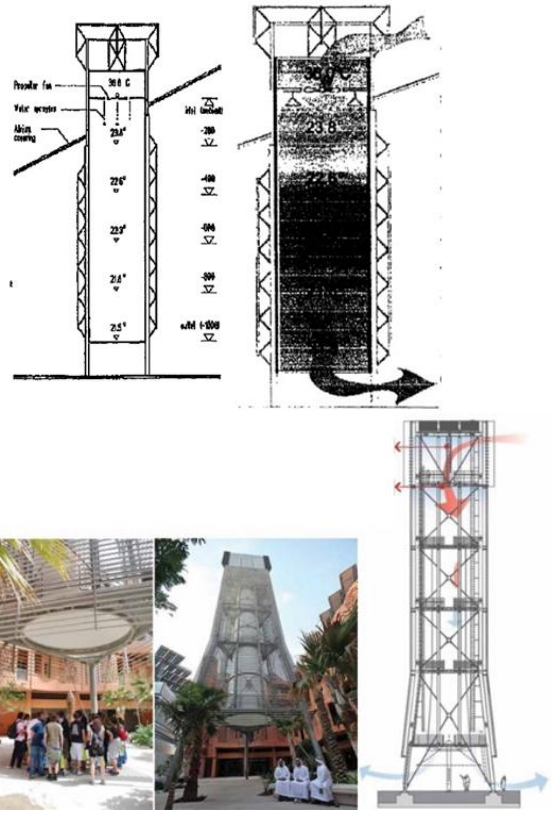


شكل رقم 9 : مسقط أفقى وقطاع رأسى يوضحان التهوية الطبيعية بدخول الهواء المبرد من الملقف الوسطى والأعمدة الجانبية الماصة للهواء الساخن . والمحفزة لإستمرار التهوية.المصدر: [24]

وأظهرت النتائج إنخفاض درجات الحراره من 44 درجة مئوية بالخارج إلى 31 درجة مئوية بالفراغات الداخلية [11]. يُظهر مركز أبحاث torrent نتائج ممتازة للراحة الحرارية، حيث أظهرت نتائج مسح ما بعد الإشغال أن هذا المبنى، لا يزال يلبي التوقعات لمكان عمل معاصر يحقق الراحة الحرارية بصورة طبيعية بالطرق السالبة وموفر للطاقة في الوقت نفسه [11].

تطبيقات الملقف على المستوى العمرانى:

نلاحظ أنه لا يوجد أيّة نماذج للملقف فى العمارة الرأسية المرتفعة أو حتى متوسطة الإرتفاع نظرا لإعتماد عملة على قوة الرياح وتوجيهها إلى الأسفل، وذلك نظرا لصعوبة إحتفاظ الهواء ببرودتة وقوة دفعة على مدار عشرة أدوار أو أكثر بالإعتماد على قوة الرياح الطبيعية)ولكن يوجد بعض التطبيقات التى تحاكى عمل الملقف ولكن على المستوى العمرانى وليس المعمارى كما بالcooling tower فهويساعد على تقليل درجة حرارة الهواء، ويعتبر تطوير لإستخدام الملاقف التقليدية، حيث يعمل على خفض درجات الحرارة حوالي 14 درجة مئوية مقارنة بدرجة حرارة الهواء العادي أو الغير مار من خلال أبراج التبريد [12].



شكل رقم 10: الأول يوضح عمل برج التبريد المصدر: [12]. الثانى هو: يوضح طول برج التبريد وانخفاض درجة حرارة الهواء الخارجة منه. المصدر: [12]. والثالث هو: برج التبريد بمدينة مصدر مزود بتقنية معقدة للتحكم فى إتجاة الرياح وجودة الهواء وتبريدة كأحدث تطور لل cooling tower. المصدر: [19].

يستخدم في المساحات والساحات الواسعة، وهو عبارة عن برج تكون قاعدته غالبا على شكل مربع وذات إرتفاع لا يقل عن 10 أمتار، وفيه يتم تمرير الهواء الساخن، ليمر على رشاشات من المياه تنزل عليه على هيئة رذاذ حيث يتم تبخير جزء منه، مما يقلل من درجة حرارته، ويخرج من أسفل البرج الهواء البارد لتكييف الفراغ المراد تبريدة كما بالشكل(13) [12].

ويمكن أن يتم الجمع بين برج التبريد و المكثف فى جهاز واحد حيث يمر الهواء بالمكثف من خلال ملفات التبريد Chiller Coil لتقوم بتبريد الهواء إلى درجة حرارة أقل من درجة التندي Dew Point فبذلك تتكثف كمية المياه الموجودة بالهواء ثم تزاح بعيدا كما بالشكل (10) [12].

تطبيقات فكرة عمل الملقف فى العمارة الرأسية المعاصرة:

تستخدم الواجهات الذكية تكنولوجيا التحكم الذكي للتحكم في تدفق الهواء والضوء والحرارة في المبنى. يمكن ضبط الواجهات الذكية لتهوية المساحات الداخلية وتوفير الراحة الحرارية بشكل فعّال، تعتبر الواجهات الذكية تطورًا لفكرة الملقف فهى لا تتحكم فقط فى دخول الهواء ولكن توفر التظليل المناسب حسب الوقت [13] .

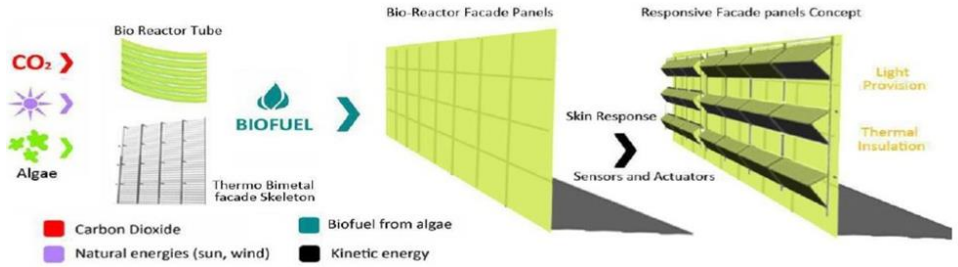
3-6 الشخشيخة المعاصرة "المدخنة الشمسية "solar chimney" :

المدخنة الشمسية هى وسيلة معاصرة تقوم بنفس عمل الشخشيخة فى العمارة التقليدية أو تقوم بعكس دور الملقف من حيث سحب الهواء الساخن من الفراغات الداخلية إلى الخارج بالإعتماد على الدفع الحرارى. تعتبر المدخنة الشمسية نظام طاقة متجددة يستخدم لتحسين التهوية الطبيعية في المبانى التى تعتمد على الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. أى أنها واحدة من أكثر أنظمة التهوية السلبية التي تعمل بمساعدة الطاقة الشمسية. فهى تعمل بشكل إستثنائي في تحسين التهوية الطبيعية وتحسين الراحة الحرارية في ظل ظروف مناخية معينة. ولإعتماد تقييم أنظمة المداخن الشمسية على أساس التهوية بالطفو بشكل كبير على البيئة الطبيعية، والبيئة التجريبية، وطرق التنبؤ بالأداء، ومع زيادة حجم وتعقيد هياكل المباني الحديثة، فإن الدراسات الحالية للمداخن الشمسية لم تحصل بعد على إستراتيجية تصميم موحدة وإرشادات محددة [4].

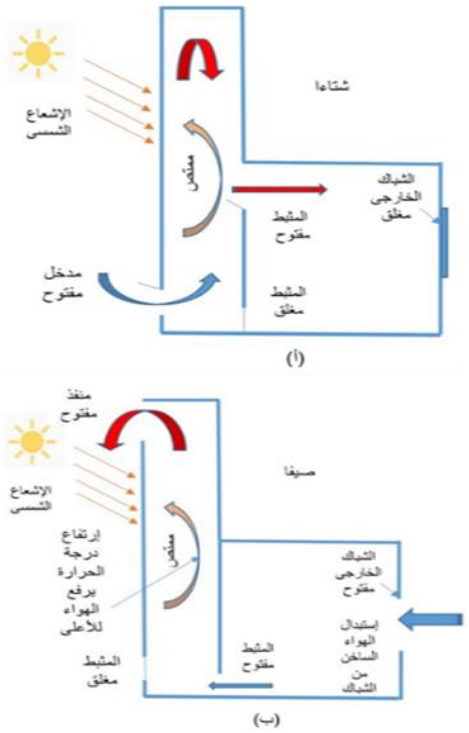
تبرز أهمية المداخن الشمسية بين العديد من أنظمة التهوية الطبيعية الأخرى ليس فقط بسبب سهولة دمجها مع أنظمة التهوية الأخرى ولكن أيضًا لأن المدخنة الشمسية بها تدفئة وأنماط التبريد من خلال التعاون بين التخميد والفتحات، مما يجعل هيكلها أكثر إستدامة، و يوضح الشكل (12) وضعين يمكن أن تحققهما المدخنة الشمسية في مواسم التبريد و التدفئة. من أجل تحسين الراحة الحرارية وتعزيزها [14] .

المدخنة الشمسية بمدرسة ليسية تشارلز ديجو:

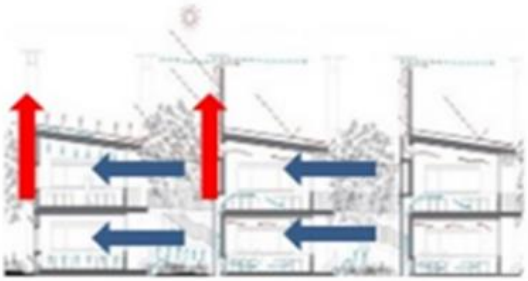
تم توجيه المداخن نحو الجنوب مع تغطيتها بطبقه من البولي كربونيت المطليه باللون الأسود لإعتراض الإشعاع الشمسي في أعلى المدخنه وهذا العزل الحراري يعزز من تأثير السحب داخل المداخن فيسحب الهواء الدافئ من الصفوف وتهدف أيضا إلى إستخدام مداخن الرياح لخلق ضغط سالب في أعلى المدخنه مما يحسن من حركه الهواء داخل المدخنه، وأثناء الليل نجد أن المدخنه تتخلص من الحرارة المخزنة عليها خلال النهار وهكذا تواصل سحب الهواء من خلال النوافذ المفتوحه والقنوات الأرضيه مما يساعد على توفير طريقة تبريد أخرى للمبنى لليوم التالي، كما تم إضافة الفناء المغطى جهة الشمال ليساعد فى عملية التهوية مع المدخنة ويعزز من جودة التهوية كما هو موضح بالشكل رقم (13) [14].



شكل رقم 11: توضح صورة غلاف المبنى الذى فى التكيف ع البيئة والتحكم فى وقت ومكان توزيع التهوية من خلال الواجهات المتحركة ذات خصائص ذكية فى التعامل مع المناخ. المصدر: [13].



شكل رقم 12: الية عمل المدخنة الشمسية. المصدر الباحثة.



شكل رقم 13: ألية عمل المدخنة الشمسية المعاصرة بالتوافق مع الفناء المظلل بمدرسة ليسية.

تطبيقات المداخن فى العمارة الرأسية :

وقد تم دمج فكرة عمل المدخنة الشمسية في أشكال معاصرة داخل أنواع مختلفة من المبانى [15].

سواء على مستوى المبانى الأفقية أو الرأسية، كدمج نظام الواجهة المزدوجة مع برج الرياح(كمدخنة)، كما هو موضح في الشكل 15، لتحقيق تدفق هواء أفضل عبر البرج عن طريق زيادة تأثير المداخن تم إجراء تحسينات على شكل الأبراج، بإستخدام نظرية جناح الطائرة، **لتسريع تدفق الهواء على الجهة الأمامية من البرج** مما يسبب ضغطًا سلبيًا أكبر يستنفد الهواء. يسمى هذا النظام "Wing Pavilion System" كما هو موضح في الشكل رقم (14) [8].

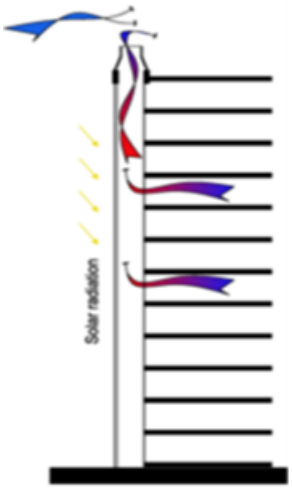
وقد أثبتت الأبحاث مدى كفاءة و مرونة المدخنة الشمسية فى تحقيق الآتى كما بالشكل(16) [16]:

1. التهوية بالطفو من خلال كلا من: (الحوائط المزدوجة (DSF) وحائط ترومبى والفناء).
2. التهوية بالرياح من خلال: (النوافذ وملاقف الهواء ومراوح التوربينات وطربوش الرياح wind cowel).
3. وغيرها من الأنظمة مثل نظم التبريد التبخيرى ونظم إسترداد الحرارة كما بالشكل(16).

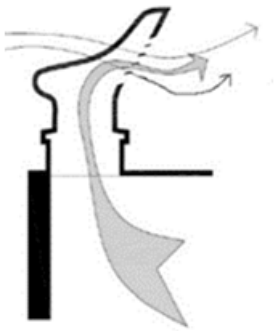
4-6 المشربية المعاصرة:

قد إستُلهم مفهوم المشربية المتحركة هنا من خلال دمج فكرة المشربية فى الشرق الاوسط مع الأنظمة التكيفة مع تغيرات البيئة. فهى تمنع أشعة الشمس المباشرة من دخول المبنى أثناء ساعات العمل من التاسعة صباحا وحتى الخامسة مساءاً، وهو ما يقلل من إكتساب الطاقة الشمسية، ويتحكم فى الوهج الشمسى، تتكون شاشة التظليل هذه من 1049 وحدة بكل برج تغطى مناطق الشرق والجنوب والغرب، لكل وحدة إطار من الألومنيوم المخلوط بالإستانلس ستيل المزدوج بالغلق تدريجيا [17].

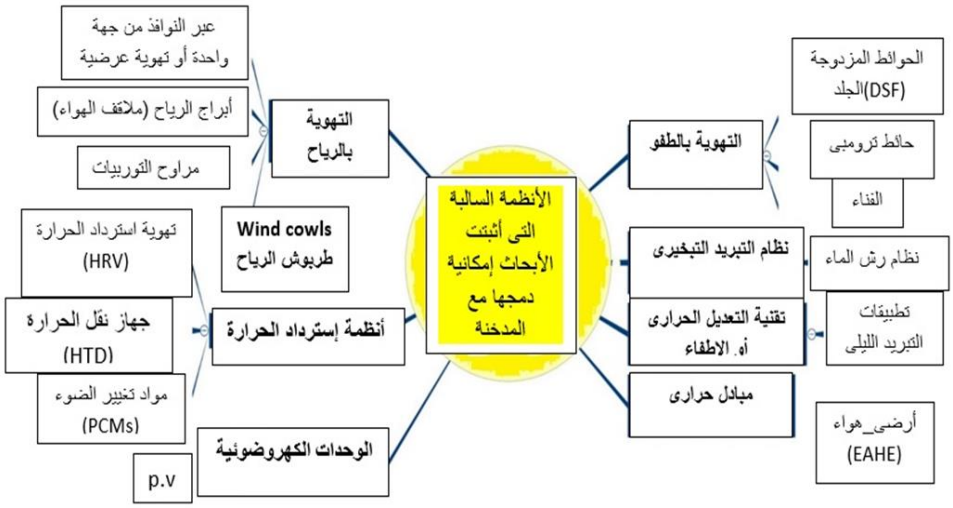
كما أنها صنعت من مادة لديها مقاومة عالية للصدأ حيث أن المبنى يواجه البحر، والشبكة صُنعت من الفايبر جلاس المدمج مع مادة ال (PTFE) وهى من التافلون. فعندما تتعرض الواجهة لأشعة الشمس المباشرة فإن وحدات المشربية فى تلك المنطقة سوف تفتح كالشمسية موفرة التظليل للجدار الداخلى، وعندما تتحرك الشمس حول المبنى تقوم كل مشربية بالحركة أوتوماتيكيا، هذا النظام يوفر دخول أفضل للضوء الطبيعى وهو ما يقلل إستخدام الضوء الصناعى ويخفض تكاليف الطاقة المرتبطة به، كما أن إنخفاض إكتساب الطاقة الشمسية على الجدران الخارجية يؤدى إلى إنخفاض أحمال تبريد الهواء وإستهلاك الطاقة [17].



شكل رقم 14: دمج نظام الواجهة المزدوجة مع برج الرياح يعزز تدفق الهواء في المساحات بشكل أفضل. المصدر: [14]



شكل رقم 15: ارتفاع الضغط السلبى الناتج عن شكل الجناح، ممايؤدى إلى تسريع تدفق خروج الهواء. المصدر: [14]



شكل رقم 16: الأنظمة السالبة التى أثبتت الأبحاث إمكانية دمجها مع المدخنة. المصدر : [25]

شكل رقم 17 : المشربية المتحركة بأبراج البحر بأبو ظبى. المصدر: [17]

نتائج البحث :

1- إمكانية نجاح إستخدام عناصر التهوية الطبيعية في المباني المعاصرة بالمناخ الحار الجاف.

2- التأكيد على أن تطوير عناصر العمارة التقليدية، مثل الملقف والفناء والشخشيخة والمشربية، يمكن أن يسهم في توفير الراحة الحرارية وترشيد إستهلاك الطاقة.

3- تم تحقيق عمل الفناء على المستوى الرأسى من خلال التفريغ المتناوب على طول المبنى كما ببرج Commerzbank حيث يوفر الظلال التى تخلق فروق فى الضغط مما يزيد و يحسن من جودة التهوية الطبيعية، وكأنما تم عمل فناء خاص لكل أربعة أدوار بالمبنى، مما يؤكد مرونة عنصر الفناء للتطور مع العمارة الرأسية ليصبح sky-court.

4- تم تحقيق فكرة عمل الشخشيخة فى العمارة المعاصرة والتى تعتمد على الخواص الحرارية لتقوم بعملها فى صورتها المعاصرة كعمود المدخنة الشمسية بمثال مدرسة ليسية السابق ذكرة ليحقق أقصى إستفادة لسحب الهواء الساخن من خلال المواد الحديثة، أو من خلال تطبيق فكر ال stack effect بواجهات المبانى المرتفعة double skin facade بالإعتماد على التهوية بالطفو وغيرها الكثير من التطبيقات الحديثة كحائط ترامب وغيرها والتى كشفت عن مرونة هذا العنصر فى التطور بأشكال وصور معاصرة تقوم بنفس فكرة عمل الشخشيخة بما يناسب التطور الحديث.

5- أثبت الملقف جدارته في جودة التهوية بالإعتماد على فروق الضغط والتبريد التبخيرى حيث أمكن توظيفه بإستخدام الطرق السالبة والميكانيكيه الحديثة، ولكن لم يستطع الملقف المعاصر العمل على المستوى الرأسى للمبانى المرتفعة الأدوار، وهذا يمكن توظيفة لنوعية المبانى السكنية أو التعليمية وغيرها من المبانى التى لا يتعدى إرتفاعها الثلاثة أدوار.

6- تم إستخدام المشربيه الحديثة بصورة متطورة عن طريق إستخدام العماره الحركيه كما في أبراج البحر بأبو ظبي، وقد ساعد إستخدام التكنولوجيا الحديثة و مواد البناء المتقدمة على توفير راحة حرارية أكبر من نظيرتها التقليدية على مستوى عدد درجات الحرارة الأقل نتيجة التظليل بها، و بإستخدام الزجاج المعالج العازل للحرارة من تحتها.

7- إن الإهتمام بتطور غلاف المبنى قادر على توفير التهوية الطبيعية والتحكم بالإشعاع الشمسى والحرارة الغير مرغوب بهم عن طريق تطور المواد مثل مواد وتقنيات النانو وإستخدام العمارة الحركية kinetic architectureللتظليل والواجهات المزدوجة double skin facade كعازل أو كمدخنة شمسية.

التوصيات :

1. نوصى بضرورة دمج التقنيات والمواد الحديثة لتطوير عناصر العمارة التقليدية لما لها من منافع على المستوى البيئي والإقتصادي.
2. يجب الإعتماد على التبريد بالحمل الحراري كما هو الحال في الأفنيه والتبريد التبخيري كما هو الحال في الملقف وإعتبارهما مبادئ يمكن إستخدامها في العمارة المعاصرة بشكل كبير في المباني السكنية والتجارية والتعليمية وغيرها.
3. نوصي بإستخدام برامج المحاكاه للوقوف على المعايير والخصائص والأبعاد المناسبة لتطور كل عنصر من عناصر التهوية الطبيعية التقليدية في كل إقليم مناخي وخاصة الإقليم الحار الجاف.

المراجع:

[1] و. ا. الطاقة, "كيف يتأثر استهلاك الكهرباء في المباني الأميركية بتقلبات الطقس؟," وحدة أبحاث الطاقة, 8 6 2022.

[2] G. A. Aysin Sev, "Natural Ventilation For The Sustainable Tall Office Buildingof The Feture," World Academy of Science, Engineerig and Technology, vol. 8, no. International

[14] K. Elgendy, "A Damascus School Revives Traditional Cooling Techniques," 24th may 2010. [Online]. Available: https://www.carboun.com/sustainable-design/a-damascus-school-revives-traditional-cooling-techniques/#more-1495.

[15] F. Pomponi, P. A. Piroozfar, R. Southall and P. Ashton, "Energy performance of Double-Skin Façades in temperate climates: A systematic review and meta-analysis," scienceDirect, 2016.

[16] Y. T. a. L. S. Haihua Zhang, "Solar Chimney Applications in Buildings," encyclopedia, p. 417, 2021.

[17] آ. ج. ع. الواحد، "تطبيق فلسفة المشربية فى العمارة المعاصرة،" مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، المجلد المجلد السابع ، رقم العدد الثانى والثلاثون، 2022، p. 110.

[18] م. ج. ف. بدران، التحول بين المنطق والإبداع كمدخل للعملية الفكرية بمنهجية العمارة المتوافقة بيئيا، رسالة ماجيستير، كلية الهندسة: جامعة القاهرة، 2005.

[19] M. City, "Masdar City," 7 2 2023. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=Llzq9YMsPP8&t=3s&ab_channel=Masdar.

[20] . A. Wood and R. S. , Natural Ventilation in High Rise Office Buildings, 2013.

[21] k. Al-kodmany, Eco-towers: Sustainable Cities in the Sky, WIT Press / Computational Mechanics, 2015.

[22] T. . K. S. C. and B. . H. , "A Proposal to Create an Energy-Producing Megatall for Kunming," 2012.

[23] D. Thomas, Architecture and The Urban Environment A vision for The New age, Cape Town, 2002.

[24] S. Reddy, "Torrent research building spa," 6 11 2019. [Online]. Available: https://www.slideshare.net/Shamithareddy/torrent-research-building-spa.

[25] H. B. a. S. S. w. P. F. Smith, Environment, Technology and Sustainability, London & New York: Taylor & Francis, 2009.

[26] T. K. a. B. Ingels, A Proposal to Create an Energy-Producing Megatall for Kunming, vol. china, china, 2012, p. 16.

Jornal of Architectural and Environmental Engineering, p. 899, 2014.

[3] M. M. S. &. S. R. Nosier, "Traditional Environmental Treatments in Arab Architecture: As a Guide to Contemporary Architecture," PORT SAID ENGINEERING JOURNAL, 2021.

[4] M. A. E. D. Ahmed, "Natural Ventilation Techniques as a Base for Environmental Passive Architecture," in Natural Ventilation Techniques as a Base for Environmental Passive Architecture, Ain Shams University, BSc in Architecture, 2012, p. 20.

[5] ن. ف. بيومي, "التطبيقات المعاصرة للمشربية كموروث ثقافي," مجلة العمارة والفنون, vol. 2016, العدد الأول.

[6] L. S. Ghada kamouneh, "Complementarity of the building's work as a system employed for advanced tecnology in facing external climatic conditions," Engineering Jornal, Issue 17,, 2011.

[7] k. Al_Kedmany, Eco-towers: sustainable cities in the sky, USA: WITpress, 2015.

[8] K. Yeang, The Green skyscraper: the basis for designing sustainable intensive buildings, prestel, 1999.

[9] S. Alnusairat, "Approaches to skycourt design and performance in high-rise office buildings in a temperate climate," phdthesis, 2018.

[10] م. ا. م. ستيت، "التكنولوجيا الذكية فى العمارة المعاصرة،" تأليف *التكنولوجيا الذكية فى العمارة المعاصرة*، جامعة عين شمس، كلية الهندسة، 2014، p. 160_170.

[11] D. Palacios, "Case Study II : The Torrent Research Centre in Ahmedabad, by Abhikram.," 2007. [Online]. Available: https://www.archidev.org/spip.php?article1115&lang=fr.

[12] م. ا. م. ستيت، "التكنولوجيا الذكية فى العمارة المعاصرة،" تأليف *التكنولوجيا الذكية فى العمارة المعاصرة*، جامعة عين شمس، كلية الهندسة، 2014، p. 160_170.

[13] Ghavidel. Mahdi& Others, Effect of Intelligent Skins on Energy Efficiency, 2016.