Journal of Engineering Sciences Assiut University Faculty of Engineering
Vol. 48, No. 6
November 2020
PP. 1137-1176

# التقنيات البيئية الحديثة بواجهات المباني وترشيدها للطاقة المستهلكة في تحقيق الراحة الحرارية

**د. رضا محمود حماده علي**

*أستاذ مساعد - كلية الهندسة بقنا - جامعة الأزهر*
*redda.ali70@azhar.edu.eg*

*Received 10 September 2020; Revised 13 October 2020; Accepted 14 October 2020*

**الملخص**

إحدى مرتكزات العمارة هي تقنيات البناء البيئية الحديثة، والتي من خلالها تسعى النظريات المعمارية الحديثة إلى تحقيق التوافق البيئي بين مواد البناء والبيئة، وذلك من خلال استخدام التقنيات البيئية الحديثة بالمباني. وواجهات المباني المستخدم بها التقنيات والمعالجات المعمارية البيئية الحديثة، يمكن اعتبارها غلاف نشط يغير خصائصه استجابة إلى الظروف البيئية داخل وخارج المبنى، ليسمح بزيادة أو تقليل الإضاءة والتهوية والحرارة طبقاً لما تتطلبه الظروف البيئية بالفراغات الداخلية، مما يستوجب علي المصمم المعماري الأخذ في الاعتبار عند استخدام التقنيات المعمارية البيئية الحديثة، أن تتوافق مع المتغيرات المناخية على مدار العام بالكامل. لذا هدف البحث إلى التعرف على تطبيقات التقنيات البيئية الحديثة لأغلفة المباني، وكيفية تحقيقها للراحة الحرارية للمستخدمين، ومدي ترشيدها للطاقة المستهلكة في تحقيق الراحة الحرارية. ولتحقيق هدف البحث، قامت الدراسة بتحليل أغلفة ثماني مباني، من حيث التقنيات البيئية الحديثة الموجودة بها. كما تم عمل مقارنة تحليلية بين حالات الدراسة للوقوف على كيفية تحقيق تلك التقنيات للراحة الحرارية، والتي اتضح منها مدي تأثير تطبيقات التقنيات البيئية الحديثة بأغلفة حالات الدراسة في الحصول على بيئة مبنية تتسم براحة حرارية مناسبة للمستخدمين. ومقدار ترشيدها للطاقة المستهلكة في تحقيقها للراحة الحرارية بالفراغات الداخلية للمباني.

**الكلمات المفتاحية:** التقنيات البيئية الحديثة، واجهات المباني، ترشيد الطاقة، الراحة الحرارية، الفراغات الداخلية.

## ١- المقدمة

تلعب الواجهات الخارجية للمباني دوراً كبيراً في ترشيد الطاقة المستهلكة في تحقيق الراحة الحرارية بفراغات المباني الداخلية، بناءً على التصميم والتشكيلات المعمارية المختلفة، خاصة في المناخات الحارة والرطبة [١]. وتحاول معظم الدول النامية استيراد ونقل التكنولوجيا الحديثة، دون الاهتمام بمدي ملاءمتها للبيئة المحلية، وطبيعة الإنسان وثقافاته الموروثة، ويتنوع التأثير الواقع من التكنولوجيا على الإنسان، فيصيب البنية الفسيولوجية والصحة العامة، وكذلك الصحة النفسية، وأحيانا يتطرق إلى السمات الشخصية للفرد، بما فيها من سلوكيات داخل الفراغ [٢]. وفي ظل الأزمة الاقتصادية العالمية والمشاكل البيئية أصبح من الضروري على المعماريين المساهمة في حل المشاكل البيئية العالمية عن طريق التقليل من هدر الطاقة وتوفيرها واستغلالها بالطرق المثلي، وذلك بإيجاد أفضل المعالجات المعمارية البيئية، ومع تطور التكنولوجيا والتقنيات الحديثة التي ظهرت مؤخرا، أصبح من الممكن توفير الظروف البيئية المناسبة، كتوفير الإضاءة الطبيعية وتحقيق الراحة الحرارية بالفراغات الداخلية للمباني، وتحسين توزيع ضوء الشمس في الفراغ والتحكم بضوء الشمس المباشر [٣]. ولقد شهدت واجهات المباني (ولا زالت) تغيرا كبيرا من نهايات القرن الماضي في نوعية المواد المستخدمة بها والوانها واشكالها...الخ، ويرجع السبب في ذلك إلى التقدم التكنولوجي في مواد البناء والتشطيبات وأساليب الإنشاء، هذا التقدم أدى إلى ظهور آلية جديدة في التفكير المعماري، وظهور مواد بناء جديده، وتقنيات حديثة، والتي غيرت مسار الفكر والبناء المعماري سواء كان تغيير سلبي أو إيجابي، وكذلك توضيح المميزات المعمارية لجميع جوانب تكنولوجيا البناء [٤].

### • إشكالية البحث

تتمثل إشكالية البحث في ازدياد ظاهرة المباني التي تعتمد اعتمادا كليا على طرق التكييف الميكانيكية، مع إهمال تفعيل التقنيات الحديثة بالواجهات الخارجية للمباني، والتي تلائم البيئة للاستفادة منها كحلول مناخية لتحقيق بيئة مبنية تتسم بالراحة الحرارية المناسبة للمستخدمين.

### • أهداف البحث

ينحصر الهدف الرئيسي للبحث في، رصد تأثير تطبيقات التقنيات البيئية الحديثة المختلفة في أغلفة المباني بصفة عامة والمباني العالية بصفة خاصة. ومدي تأثير أغلفتها في الحصول على راحة حرارية بداخلها وتوفيرها للطاقة. وتحقيق الهدف الرئيسي للبحث مبنى على تحقيق الأهداف الفرعية التالية:

- تحديد الأدوات والحلول المبتكرة لتصميم واجهات المباني التي من خلالها يتمكن المصمم من تصميم أغلفة خارجية للمباني، لتحقيق راحة حرارية مناسبة للمستخدمين وتوفيرها للطاقة وتحسين كفاءة البيئة الداخلية، دون اللجوء إلى استخدام الوسائل الميكانيكية لتحقيق الراحة الحرارية.

- توضيح مدي اهميه الاستفادة من تطبيقات التقنيات البيئية الحديثة في تصاميم الواجهات لتلائم البيئة المعمارية الداخلية.

- **منهجية البحث**

اعتمدت منهجية البحث لتحقيق الهدف منه على منهجين تتكامل مع بعضها البعض وتعد محددة لنطاق البحث، والتي يمكن من خلال دراستها تحقيق أهداف البحث، وتتمثل المنهجية فيما يلي:

- **المنهج الاستقرائي:** ويعتمد على استقراء المفاهيم الأساسية التي ترتبط بموضوع التقنيات البيئية الحديثة المستخدمة بأغلفة المباني .
- **المنهج التحليلي:** يتم من خلاله تحليل ثماني عينات دراسية، تم تصميم وتنفيذ أغلفتها باستخدام التقنيات البيئية الحديثة. وذلك بهدف الوقوف على طرق توظيف التقنيات البيئية الحديثة بها، وما حققته من توفير بيئة مبنية داخلية تتسم بالراحة الحرارية المناسبة. وأثر ذلك في ترشيدها للطاقة المستهلكة في تحقيق الراحة الحرارية بفراغاتها الداخلية.

- **محددات البحث**

تنحصر حدود البحث في مناقشة تأثير مواد إكساء الواجهات، في توفيرها بيئة مبنية ذات راحة حرارية مناسبة للمستخدمين، ومدي ترشيدها للطاقة المستهلكة في تحقيق الراحة الحرارية بالفراغات الداخلية للمباني.

- **تساؤلات البحث**

- ماهي المتطلبات التصميمية التكنولوجية التي يمكن توفيرها في أغلفة المباني للوصول بها لعمارة بيئية مبنية تحقق راحة حرارية مناسبة؟
- كيف تحقق التقنيات البيئية الحديثة في الواجهات الخارجية للمباني المتطلبات البيئية المناسبة؟

- **فرضيات البحث**

يفترض البحث بعض الفرضيات التي تتمثل في:

- عمارة التقنيات البيئية الحديثة نجحت في تقديم حلول لمشكلات البيئية بالمباني، ويتم الاستفادة من مردودها.
- دمج أساليب تصميم التقنيات البيئية الحديثة في أغلفة المباني، يعمل على خلق بيئة مبنية داخليه بتلك المباني تتسم بالراحة الحرارية المناسبة كما تحسن الأداء الوظيفي والتعايش مع تلك الفراغات، بالإضافة إلى توفير استهلاك الطاقة وتقليل الأثر البيئي مما يجعلها صديقة للبيئة.

## ٢- أهمية تطبيقات التقنية البيئية الحديثة للغلاف الخارجي بالمباني

علي الرغم من التطور التكنولوجي في الصناعة، الذي كان له التأثير الملموس في مواد البناء، فغالبا ما أهملت النواحي الإنسانية لمستعملي هذه الفراغات وخاصة النواحي المناخية، حتي أصبحت تمثل عبئا حراريا على المستعمل إلي الحد الذي تطلب معه استخدام الوسائل التكنولوجية والميكانيكية، لتعويض عدم تحقيق الراحة الحرارية المطلوبة، الأمر الذي أدى إلي ازدياد تكلفة تشغيل المباني من الناحية التكنولوجية والميكانيكية، مما أصبح يمثل عبئا اقتصاديا على المستعمل، وقد انعكس ذلك على مصممي المبنى، فغالبا ما أهمل المصمم المتطلبات المناخية بناء على طلب ملاك المبنى لتقليل التكلفة المناخية لأنها من وجهة نظرهم أصبحت عديمة الفائدة [٥]. وحاليا تحاول معظم الدراسات الوصول إلى إتباع أساليب جديدة تسمح بتقديم حلول لمشكلات هدر الطاقة، وعدم كفاءة مبانيها في الاستفادة من معطيات البيئة التي بدأت تستنفذ من قبل قطاعات الحياة، ويشكل خطرا عليها بمخلفاته الكثيرة، مما يستوجب النظر والبحث في التطبيقات التقنية الحديثة لمواد البناء بوصفها إحدى مقومات عمارة التقنيات الفائقة التي تتيح توفير الراحة الحرارية والطاقة، وجعله ملائما للأجيال القادمة بوسائلها التكنولوجية المتقدمة [٦].

## ٣- تصنيف التكنولوجيا

تعتبر التكنولوجيا الحديثة من أهم المؤثرات في تقنيات البناء الحديثة، وهناك الكثير من الدول تطورت في استخدامها لمواد وتقنيات البناء الحديثة ويظهر ذلك جليا في معالمها المعمارية [٧]. ويمكن تصنف التكنولوجيا إلى ما يلي:

- **التكنولوجيا المتوافقة مع البيئة:** وهي التي تتجانس مع البيئة الطبيعة وما تحويه من مواد وعناصر وما يسود فيها من ظروف مناخية كما يعود إلى التوافق مع الثقافة والعادات والتقاليد الاجتماعية والفنية والمهارات والظروف الاقتصادية والبيئية.
- **التكنولوجيا المتناقضة مع البيئة:** وهي التكنولوجيا ذات المردود السلبي على البيئة، والتي ينتج عنها آثار ضارة وهي مباشرة أو غير مباشرة من الناحية الصحية أو الاجتماعية أو الاقتصادية، كما ينتج عنها تشويه للطابع العام المحلي والتراث، وقد تسبب استنزاف للمصادر الطبيعية الموجودة بالبيئة المحيطة [٢].

ومن الاتجاهات المعمارية، التي تطبق التقنيات الحديثة في مجال تكنولوجيا البناء في إطار التوازن مع الفكر البيئي في العمارة، ما يعرف باسم Eco- Tech. وهو مصطلح يطلق على العمارة التي تهتم بمجالات البيئة والتقنيات الحديثة في العمارة، وهو الان من المجالات الرائدة في العمارة في العصر الحديث، ويرمز هذا المصطلح إلى اختصار كلمتين وهي: Ecology= Eco وهي تعني البيئة، Technology= Tech وتعني التقنية. واهتمامات هذا المجال تصب فيما يتعلق بمجال العمارة المستدامة، وتقنية البناء البيئية الحديثة المتقدمة [٨].

## ٤- التقنيات البيئية الحديثة المستخدمة بواجهات المباني

حسب المواصفات القياسية الدولية يجب أن تقوم الواجهات بتحقيق المتطلبات التالية: حماية المستخدم وتعني الثبات والحماية من الحريق، مقاومة الرطوبة (الجفاف)، الراحة الحرارية، نقاء الهواء، الراحة السمعية، الشكل الجمالي، صفات حسية ملموسة، الديمومة، القدرة على مقاومة الحمولات، الحفاظ على الطاقة، وأمان العمل [٩]. وقد ثبت بالتجربة أن أداء واجهات المباني التي تشتمل على عناصر مثل النوافذ وعناصر التظليل ومكونات معتمة لها تأثير كبير على استهلاك الطاقة للتدفئة والتبريد والتهوية والإضاءة. ولتحسين أداء الواجهة يجب مراعاة جوانب مختلفة، بداية من مراحل التصميم المبكرة، بهدف تجنب المزيد من الاحتياجات للأنظمة الميكانيكية/الكهربائية التكميلية للتعويض عن عيوب التصميم [١]. وهناك عدة طرق وتقنيات لحماية الغلاف الخارجي للمبنى من العوامل المناخية الخارجية. وفيما يلي إلقاء الضوء على التقنيات المستخدمة لمعالجة الحوائط من العوامل الجوية المحيطة:

- تكسية الحوائط بمواد عاكسة للحرارة.
- تظليل أجزاء من الحائط الخارجية بالبروزات [١٠]. وذلك بعمل بروزات أو تفريغ بكتلة المبني (في الشكل المعماري للمبنى، مما يحجب أشعة الشمس المباشرة عن الواجهة)، وتساعد أحيانا البلكونات في حماية الفراغات اسفلها.
- بناء الحوائط الخارجية من مواد بطيئة الاكتساب والانتقال الحراري، مثل البلوك الخفيف أو الخفاف، حيث إن كثافته أقل من البلوك الأسمنتي.
- استخدام مواد عازلة للحرارة على السطح الخارجي للمبنى، وتستخدم هذه الطريقة للحصول على عزل صيفا وشتاء، وهذه الطريقة يشيع استخدامها في تركيا حيث يزداد استخدامها بسبب درجات الحرارة المنخفضة التي تتعرض لها.
- استخدام مواد عازلة على الطوب، وتحت التشطيب النهائي للواجهات، وخاصة في الواجهات التي يثبت عليها واجهات حجرية بطريقة ميكانيكية [٧].
- استخدام مواد عازلة للحرارة داخل الحوائط الخارجية، وتتواجد في عدة أشكال ومواد مختلفة، وبسمكات مختلفة حسب درجة العزل المطلوبة، مثلا يمكن استخدام المواد العازلة بين طبقتين من البلوك، مثل البولسترين أو الصوف الصخري، شكل (١).
- بناء الحوائط الخارجية مزدوجة لعمل فراغ عازل هوائي. يسمح بمرور الهواء بينها وتجديد وتقليل الحمل الحراري النافذ إلى داخل الفراغ [١٠]. وذلك من خلال وجود فتحات علوية وسفلية في الحائط الخارجي، لتسمح للهواء الساخن المتكون بين الحوائط بالخروج من الفتحة العلوية لأنه أخف من الهواء العادي، وبالتالي يسمح للهواء الجديد بالدخول من الفتحات السفلية، وبالتالي امكانية الحصول على بيئة داخلية جيدة [٧].
- التحكم فى البدائل المختلفة لقطاع الحائط عن طريق عدة متغيرات وبدائل تتمثل فى:
  - سماكة الحائط.
  - نوع مادة المستخدمة فى بناء.
  - نوع مادة التشطيب الحائط.
  - سماكة ونوع الطبقة العازلة.

ومن ثم اختيار قطاع الحائط والمعالجات المناسبة طبقا لأفضل البدائل والمتغيرات المتاحه لتحقيق أقل إكتساب حراري ممكن لقطاع الحائط تبعا للقياسات المناخية الخاصة بالمناخ الحار الجاف [١٠].

شكل (١): يوضح استخدام مواد عازلة للحرارة داخل الحوائط الخارجية، وتثبيت مادة البولسترين خلف الرخام في الحوائط الخارجية [٧].

### ٤-١- تقنيات الواجهات الذكية المزدوجة

أهم ما يميز الواجهات الذكية أنها الأداة الرئيسية التي تستجيب للظروف الخارجية، فهي التي تفصل بين الفراغ الخارجي والداخلي، وبالتالي يمكنها أن تعمل كمتحكم في رد فعل المبنى الديناميكي. وكمنظم فعال للعلاقة بين الداخل والخارج، وتختلف الواجهة الذكية عن الواجهة التقليدية في أنها تدمج العديد من الأجهزة المختلفة التي تسيطر وتتحكم في إمكانية تكيف غلاف المبنى الخارجي ليؤدي عمله كوسط منظم للمناخ [١١]. وتتمثل فكرة الواجهات الذّكيّة في كونها فعّالة وذات دور في تقليل استهلاك الطّاقة وتحسين الظروف الداخلية للمبني، وذلك من خلال الاستجابة للمتغيرات الخارجيّة بشكل ميكانيكي وآلي، وتتفاعل الواجهات الذّكيّة مع التغييرات الخارجيّة إما من خلال عناصر مادية تعمل على الواجهة مثل الأشرعة أو من خلال المواد الذكية والتي تتغيّر خواصها بتغيّر الظروف الخارجيّة [١٢]. ومن أنواع الواجهات الذكية المزدوجة ما يلي:

#### ٤-١-١-الواجهات الزجاجية المزدوجة -Double Skin Façade

يتكون هذا النظام من طبقتين من الزجاج بينهما تجويف. ليسمح بحركة الهواء بين الطبقتين، والتهوية في هذا التجويف يمكن أن تكون طبيعية أو ميكانيكية، اعتمادا على الظروف البيئة

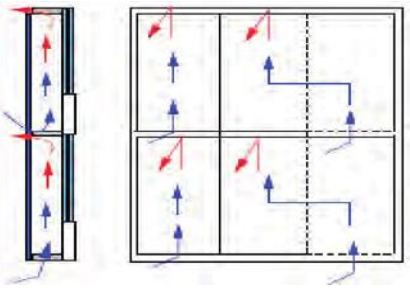
الخارجية وساعات إشغال المبنى. ويمكن أن توفر الواجهة المزدوجة الغلاف مزيدا من العزل الحراري للمبنى، وذلك للحد من الفقد الحراري في فصل الشتاء. ومن ناحية أخرى فإن الهواء المتحرك بين الطبقتين داخل الواجهة المزدوجة الغلاف، يمكن أن يمتص الطاقة الحرارية المحبوسة بين الطبقتين من الزجاج فيقلل من الكسب الحراري [١٣، ١٤]. وتكون الواجهات الزجاجية المزدوجة فعالة للتحكم في كسب الحرارة الشمسية أثناء ضوء النهار من خلال نظام قابل للتشغيل في التجويف، كما يمكن استخدام النظام لتقليل التيار الهوائي في الأماكن ذات التهوية الطبيعية عندما تمنع الظروف الخارجية (شدة البرد) واستخدام النوافذ القابلة للتشغيل عن طريق تعديل سرعة ودرجة حرارة الهواء في التجويف [١٥]. وفي حالة وجود نوافذ قابلة للتشغيل بأغلفة المبني تكون الطبقة الثانية من الزجاج المطلي بطلاء خافض للانبعاثات، لتعمل على التقليل من كسب الحرارة الإشعاعية إلى الداخل [١٦]. كما تسمح الشبابيك القابلة للتشغيل بالتهوية الطبيعية في البيئات ذات الرياح الشديدة مثل الطوابق العلوية في المباني شاهقة الارتفاع. كما تساعد المستخدمين في التحكم في بيئة العمل الخاصة بهم [١٧]. ومبني المركز الكيميائي بالولايات المتحدة هو أول مبنى إداري يستخدم نظام الواجهات الزجاجية المزدوجة، بالإضافة إلى كاسرات شمسية آلية الفتح والغلق تغطى معظم الواجهة، بين طبقتي الزجاج الخارجية والداخلية بالواجهات، لتحافظ على عدم نفاذ أشعة الشمس المباشرة بعد الواجهة الزجاجية الخارجية، ويتم التحكم فيها بواسطة خلايا شمسية على الواجهة الخارجية للمبني [١١].

### ٤-١-٢-الواجهة الصندوقية -Box Façade

في هذا النظام من الواجهات، يتم تقسيم الواجهة إلى عدة تقسيمات أفقية ورأسية على شكل صناديق صغيرة منفصلة عن بعضها البعض [١١]. وشكل (٢) يوضح رسم تخطيطي لفكرة عمل الواجهات الصندوقية، ومجسم لفكرة التهوية بها، ونموذج للنظام.

### ٤-١-٣-واجهات الهياكل الصندوقية-Shaft-box façade

تقسم واجهات الهياكل الصندوقية إلى فتحات مربعة أو مستطيلة، شكل (٣) [١٢]. وتقوم فكرتها على الاستفادة من فروق الضغط وطفويه الهواء، حيث يتحرك الهواء في عمود رأسي يصل عادة إلى عدة أدوار تحت ضغط وسرعة مرتفعة إضافة إلى الفرق في درجات الحرارة، ليسحب الهواء من داخل الفراغ بنظرية الضغط السالب، وتعتمد تهوية الفراغات على التهوية العرضية. حيث يوجد بهذا النظام مجموعة من عناصر النوافذ الصندوقية بالواجهة، والتي تتصل مع بعضها البعض بواسطة أعمدة رأسية (Vertical Shafts) بالواجهة، والتي تضمن زيادة تأثير ظاهرة المدخنة [١١].



رسم تخطيطي لطريقة عمل الواجهات الصندوقية [١١].

مجسم لفكرة التهوية بالواجهات الصندوقية [١١].

الواجهة المزدوجة الصندوقية في مبنى الشرطة الجديد بمدينة مدريد [١٢].

شكل (٢): يوضح رسم تخطيطي لفكرة عمل الواجهات الصندوقية ونموذج للنظام.

### ٤-١-٤-الواجهة متعددة الطوابق -Multi Story Façade

يمتاز نظام الواجهات متعددة الطبقات بتحسين الهواء الداخلي مع زيادة إمكانية التحكم بالبيئة الداخلية من درجة حرارة ورطوبة نسبية مناسبة لشاغلي المبنى، بالإضافة إلى التخلص من كل المؤثرات السلبية للبيئة بالشكل الذي يؤدى إلى خلق بيئة صحية [١٨]. وتعتمد فكرة هذ الواجهات على وجود فراغ هوائي غير مقسم بين أغلفة المبني، ويتم عمل فتحات تهوية كبيرة في أسفل وأعلى الواجهة تسمح للهواء للدخول والخروج من الفراغ بين أغلفة المبني. ولقد تم استخدام هذا النظام في مبنى فيكتوريا بألمانيا" Victoria Life Insurance Buildings "شكل (٤)، في غلافه الخارجي للحصول على التهوية الطبيعية بالمبنى. كما يمكن استخدام وسائل التظليل بين طبقتي أغلفة المبني، كما هو الحال في مبنى المركز الرئيسي لشركة " GSW"، شكل (٥). حيث تم دمج وسائل التظليل بين طبقتي الواجهة الداخلية والخارجية، أما بالنسبة للواجهة الغربية فتم حمايتها بواسطة ألواح منطبقة رأسية تتحرك على محور رأسي، مثقبة بنسبة ١٨% [١١].

شكل (٣): يوضح صورة نموذج لواجهات الهياكل الصندوقية [١١].

شكل (٤): يوضح لقطة داخلية للفراغ الهوائي بمبنى فيكتوريا بألمانيا واستخدم نظام الواجهات المزدوجة متعددة الطوابق [١١].

شكل (٥): يوضح صورة لوسائل التظليل بين طبقات ألواح الزجاج بواجهات مبنى المركز الرئيسي لشركة GSW، فيما عدا الواجهة الغربية [١١].

### ٤-١-٥-واجهات الممرات الهوائية-Corridor Façade

يتم في هذا النوع من الواجهات تقسيم الفراغ المتوسط بين الواجهة الخارجية والداخلية أفقيا في مستوى كل دور. لكي يمنع الهواء المستخدم في أحد الأدوار أن يدخل الدور الأعلى منه

مباشرة، ويمكن أن تضاف تقسيمات للحماية من الحريق [١١]، أو للحد من تدفق الهواء بشكل أفقي، والحماية من الحرارة [١٢]. ويعتبر فصل الطوابق عن بعضها البعض بواجهات الممرات الهوائية حلاً فعالا في منع ارتفاع درجة الحرارة الذي يمكن أن يحدث في الطوابق العليا عندما يمر الهواء في عدة طوابق [١٣]. ويتميز هذا الممر بقابلية الوصول إليه وبأنه مصمم عادة ليكون متسعا بشكل كاف من أجل أن يتم استخدامه كمنصة للخدمة، ويتم تهوية الفراغ بين الواجهات عن طريق فتحات في مستوى السقف حيث من الممكن أن يتم تنظيم عملية تدفق الهواء عن طريق لوحات آلية. وقد تم استخدام واجهات الممر بفراغ وصل إلى ١,٤م [١٣]. وشكل (٦) يوضح رسم تخطيطي لفكرة عمل واجهة ممر الهواء ونموذجين للنظام.

رسم تخطيطي يوضح فكرة عمل واجهة ممر الهواء.

واجهة الممر الهوائي بمبنيCity Gate.

شكل (٦): يوضح رسم تخطيطي لفكرة عمل واجهات ممر الهواء ونموذج للنظام بمبنىCity Gate [١١].

### ٤-١-٦-الواجهات ذات شرائح التهوية -Louvers Façade

تتكون الواجهات ذات شرائح التهوية من شرائح دوارة شفافة تعمل بمحرك (Motorized Transparent Rotating Louvers)، وعند إغلاق هذه الشرائح تعمل كواجهة مغلقة، أما في حالة فتحها فتسمح الشرائح بزيادة التهوية من خلال الغلاف الهوائي(Air Cavity) بين طبقات الغلاف [١١]. وشكل (٧) يوضح بعض أشكال والمواد المكون منها الواجهات ذات شرائح التهوية.

شرائح خشبية شرائح معدنية شرائح زجاجية

شكل (٧): يوضح بعض اشكال والمواد المكون منها الواجهات ذات شرائح التهوية [١٩].

وتشترك تقنيات الواجهات الزجاجية المزدوجة بصفة عامة في بعض المميزات منها توفير الطاقة، الراحة الحرارية المناسب، العزل الصوتي الجيد، إمكانية التهوية الطبيعية، والتأثير البيئي السلبي المنخفض [١٤]. وتوفير العزل الحراري المناسب للمبنى، وذلك من خلال الحد من الفقد الحراري في فصل الشتاء. ومن ناحية أخرى فإن الهواء المتحرك بين الطبقتين داخل الواجهة المزدوجة الغلاف المهواة، يمكن أن يمتص الطاقة الحرارية المحبوسة بين طبقتي الزجاج فيقلل من الكسب الحراري [١٣].

**٤-١-٧-الواجهات المتحركة- kinetic facades**

تتميز الواجهات المتحركة بأن لها القدرة على تعديل شكلها وتوجيه نفسها ذاتياً والتّحكم بكمية فتحاتها وغلقها [١٢]، لتستجيب بشكل أتوماتيكي للعوامل البيئية المحيطة وتغيراتها، ومثل درجة الحرارة والرطوبة والرياح...الخ. لذلك يتم دمج الكاسرات المتحركة في تصميم الواجهات لتخفيف من مستوى الكسب الحراري الشمسي لتؤمن بيئة داخلية مناسبة. وأحد أمثلة هذا النظام مبنى one ocean's في كوريا الجنوبية [١٣]، شكل (٨). حيث تم استخدام كاسرات شمسية رأسية مصنوعة من صفائح من البوليمرات المقواه بالألياف الزجاجية(GFRP) ، مما منحها قوة شد عالية وصلابة منخفضة للإنحناء، وتسمح بتشوهات مرنة عكسية كبيرة [٢٠]، ومادة GFRP تسمح بتشوهات مرنة عكسية كبيرة، كما تتميز بوجود حافتين أحدهما قاسية والأخرى رقيقة لتكون قادرة على الانحناء غير المتكافئ فتسمح للضوء بالمرور لتؤمن وسط داخلي جيد [١٣]. ومثال أخر لهذا النظام مباني أبراج البحر في إمارة أبو ظبي في دولة الإمارات العربية المتحدة، شكل (٨). والتي يتكون الغلاف الخارجي لها من ستائر ديناميكية حساسة للشمس وتحتوي على عدد كبير من المثلثات الخشبية التي تم تغليفها بالألياف الزجاجية [٢١، ٢٢]. كما يعمل الغلاف المتحرك علي تحسين الإضاءة بداخل المبني، ويزيد من راحة المستخدمين [٢٣]. كما يوضح شكل (٨) وسائل التظليل الخارجية المتحركة المستخدمة بمكتب التصميم لشركة (Gartner) بألمانيا. وفي الثلاث نماذج السابقة تم برمجته الكاسرات الشمسية المتحركة أوتوماتيكيا، للاستجابة لحركة الشمس والإضاءة المثلى، كوسيلة للحد من اكتساب الطاقة الشمسية وحرارتها ووهجها داخل المبنى. وبسبب أجهزة الاستشعار المركبة على السطح الخارجي للمبني، تتغير نسبة فتح وغلق الكاسرات على مدار النهار نتيجة لحركة الشمس على محيط المبنى [١١].

مبنىone ocean's في كوريا الجنوبية والكاسرات الشمسية المتحركة أوتوماتيكيا [١٣].

مباني أبراج البحر بأبو ظبي والكاسرات الشمسية المتحركة أوتوماتيكيا [١٣].

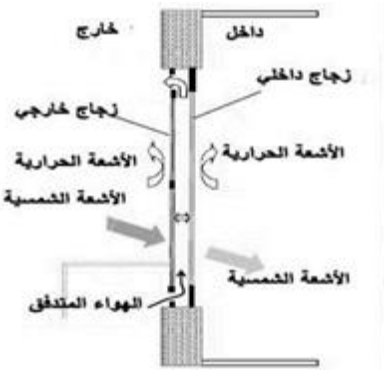
وسائل التظليل الخارجية المتحركة المستخدمة بمكتب التصميم لشركة (Gartner) بألمانيا [١١].

المكاتب الإدارية داخل المبنى واعتمادها على الضوء غير المباشر نتيجة استخدام وسائل التظليل المتحركة [١١].

شكل (٨): يوضح ثلاثة نماذج بتقنيات مختلفة لنظام الواجهات المتحركة.

### ٤-٢- الواجهات الشمسية - Solar Facades

تساهم الواجهات الشّمسية في خفض استهلاك الطّاقة واستخدام الطّاقة الشّمسية كمصدر للطّاقة المتجددة، حيث إنّها تعتمد على استخدام الخلايا الشّمسية والضّوئية بالواجهات. وذلك لتوليد الكهرباء واستخدامها في أغراض التّدفئة والتّبريد والإضاءة، حيث تعمل الخلايا الضّوئية كستار أمام الجدران الداخلية المعزولة مع وجود أنابيب تهوية بينهما لمنع ارتفاع درجة حرارة الوحدات الكهروضوئية [٥٧، ١٣]. وشكل (٩)، يوضح آلية عمل الواجهات الشمسية. وتمتاز الواجهات الشّمسية بإمكانية توليد الكهرباء وتوفر الطاقة حتى٤٤٪ من الطاقة المطلوبة للمبني، وبذلك تخفف من الجسور الحرارية وتوفير الراحة الحرارية الداخلية، ومشروع GreenPix بالصين والتي تضيء في المساء بألوان مختلفة شكل (١٠)، نموذج جيد لاستخدم نظام الواجهات الشمسية [١٣]. وشكل (١١) يوضح شكل الألواح الكهروضوئية بالواجهات الشمسية بأحد المباني.




شكل (٩): يوضح آلية عمل الواجهات الشمسية [١٣].

شكل (١٠): يوضح واجهه مبنى Greenpix [١٢].

شكل (١١): يوضح الألواح الكهروضوئية بالواجهات الشمسية [١٣].

### ٤-٣- تقنيات الزجاج البيئية المستخدمة في واجهات المباني

هناك عدة أنواع من الزجاج، قادرة على تقليل كمية الحرارة المارة إلي داخل الفراغ، من الإشعاع الشمسي، ويعتمد ذلك على تقليل امتصاص أو عكس الزجاج للإشعاع، كما توجد

نوعيات من الزجاج أكثر تقدماً، يمكنها الانتقاء بين زيادة النفاذية أو إقلالها في بعض الظروف، ومن هذه الأنواع ما يلي [٢٤]:

**٤-٣-١-الزجاج ذو النفاذية الاختيارية للطول الموجي**

يتسم هذا الزجاج بأنه شفاف تقريبا ولا يعوق الرؤية أو نفاذ الإضاءة الطبيعية، بينما يكون أكثر إعتاما للأشعة غير المرئية، وهو ما يخفض الاكتساب الحراري الشمسي إلي النصف تقريبا. ويعتمد هذا الزجاج على طريقة من ثلاثة لتحقيق هذه النفاذية الاختيارية، ويمكن توضحها كما يلي [٢٥].

- امتصاصه الأشعة تحت الحمراء: يكون الزجاج نفسه مخلوطا بمادة ماصة للأشعة تحت الحمراء، بشكل أكبر من امتصاصها للضوء المرئي، مما يقلل من نفاذ هذه الأشعة [٢٤].
- عكس الأشعة تحت الحمراء: يتم فيه طلاء الزجاج بطبقة رقيقة من مادة عاكسة للأشعة تحت الحمراء بشكل أكبر من عكسها للضوء المرئي. وتقل بها الأشعة تحت الحمراء نتيجة انعكاسها [٢٥].
- خفض انبعاثات الأشعة تحت الحمراء (low emissivity glass): خفض الانبعاثات هي تقنية توفير انعكاس عالي لأشعة الشمس [٢٦]. حيث يتم في هذه الطريقة طلاء الوجه الداخلي للزجاج بمادة قليلة الانبعاثات للضوء في نطاق الأشعة تحت الحمراء، والطلاء يعمل على تحسين الأداء الحراري للزجاج عن طريق عكس الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء، مما يقلل من نفاذها لداخل الفراغ حيث يحد الطلاء من التبادل الحراري الإشعاعي بين الألواح عن طريق عكس الحرارة مرة أخرى في داخل الفراغ أثناء الطقس البارد والعودة إلى الهواء الطلق أثناء الطقس الدافئ، وهذا التأثير يزيد من القيمة العازلة للنافذة [٢٧،٢٨]، شكل (١٢). حيث يساعد الطلاء في السيطرة علي أشعه الشمس، توفير الطاقة، والسيطرة على الحرارة، وبالتالي تحسين البيئة [٢٧].

**٤-٣-٢-الزجاج المقلل لنفاذ الإشعاع بشكل غير انتقائي**

يعد الزجاج الماص للحرارة هو أحد هذه النوعية، فيعمل على تقليل الحرارة، الوهج، ونسبة كبيرة من الأشعة فوق البنفسجية، ويتم استخدامه لتوفير الراحة الحرارية والحد من أحمال تكييف الهواء [٢٩]، وتمتص هذه النوعية نسبة تقترب من نصف الإشعاع الشمسي الساقط عليها، مما يؤدى لرفع درجة حرارته، وبالتالي قيامه بإشعاع هذه الطاقة الممتصة في صورة أشعة تحت حمراء، نسبة منها إلي داخل الفراغ والباقي خارجه، مما يرفع من الاكتساب الحراري الشمسي الكلى لحوالي ٧٠ ٪، رغم أن نفاذية الضوء المرئي تكون في حدود ٥٠ ٪ فقط. وهناك بعض أنواع الزجاج الماص لها نفاذية انتقائية للضوء مثل الزجاج الأخضر والأزرق اللذان يتميزان بزيادة نسبة امتصاص الأشعة تحت الحمراء مقارنة بالضوء المرئي [٢٥]. والزجاج المدخن بنى اللون (المعروف بالزجاج الفمية) ينتمي لهذه الفئة، شكل (١٣). كما ينتمي إليها زجاج ذو ألوان أخرى مثل الرمادي الذي يتميز بعدم تشويهه لألوان المنظر الخارجي [٢٤].

Low emissivity
شكل (١٢): يوضح الزجاج منخفض الانبعاثات [٢٦].

Non-selective radiation-reducing
شكل (١٣): يوضح الزجاج المقلل لنفاذ الإشعاع بشكل غير انتقائي [٢٦].

### ٤-٣-٣-الزجاج المطلي بطبقة عاكسة:Coated reflective glass

الزجاج العاكس أو زجاج المرآة، هو شكل من أشكال الزجاج الملون، وفيه يتم طلاء الزجاج الملون بطبقة معدنية من الطلاء العاكس على الجانب المواجهة لأشعة الشمس بهدف زيادة كمية انعكاس الزجاج ومنع قدر كبير من أشعة الشمس من الدخول إلي داخل المبنى [٢٤،٢٩]، وبصفه عامة تقلل الطبقة العاكسة نفاذية الزجاج وخاصة إذا استخدمت طبقة الطلاء على الزجاج العاكس الماص [٢٥]، وبذلك نحافظ على الطاقة اللازمة للمبنى، شكل (١٤) [٢٤،٢٩]، ويمتاز هذا النوع بأنه أقل ضرر للبيئة [٧]. وعلى الرغم من أن هذا النوع يمتاز بتقليل الضوء الطبيعي في الأماكن المغلقة إلى حد كبير، وخلق فراغات داخلية داكنة، الا أنها غالبا ما تكون غير مريحة نفسيا [٢٨].

### ٤-٣-٤-الزجاج المطبوع بالسيراميك:Ceramic Frits

فيه يتم طباعة سطح الزجاج بطبقة رقيقة من مادة سيراميكية غير شفافة، والتي تعمل على تقليل مساحة سطح الزجاج الشفاف، وبالتالي تقلل من كمية الإشعاع المار من الزجاج وزيادة كمية الضوء المنعكس، والممتص من المادة السيراميكية [٢٤]. وليس لهذه الطبقة خواص انتقائية بشكل عام، ولكن يمكن أن تكون ذات نفاذية انتقائية للاتجاه في حدود ضيقة إذا زاد سمك الطبقة السيراميكية بشكل كبير. ويمكن زيادة كفاءة الزجاج الذي تستخدم فيه هذه الشبكة بإضافة طلاء معدني عاكسا على زجاج ماص للحرارة [٢٥]، شكل (١٥) [٢٦].

### ٤-٣-٥-الزجاج متعدد الطبقات: Laminated Glass

يعرف أيضاً باسم الزجاج المقاوم للحرارة أو العازل للصوت أو المضاد للرصاص أو زجاج الأمان. ويتكون هذا النوع من طبقتين أو أكثر من الزجاج، بينهما غشاء من البلاستيك الشفاف من مادة لاصقه (مثل البولي فينيل للصق طبقات الزجاج). وفي حالة وجود طبقة داخلية من البلاستيك توفر الحماية من الأشعة فوق البنفسجية، كما توفر بعض أنواع الزجاج الرقائقي درجة عالية من امتصاص الحرارة، وخفض الوهج ، كما يمكن استخدامها في البيئات المختلفة من حيث درجات الحرارة، كما تتغير خواص الزجاج بتغير خواص الغشاء الفاصل بين الطبقتين، حيث يقلل هذا الغشاء الإشعاع الشمسي النافذ، إذا كان الغشاء من مادة ماصة للحرارة أو كان مطلياً بمادة عاكسة، ويمكن تحسين الأداء الحراري للنوافذ ذات الزجاج

المزدوج أو الزجاج الثلاثي الطبقات عن طريق إضافة طلاء لخفض الانبعاثات على طبقة واحدة أو طبقات الزجاج [٢٦، ٢٧]، شكل (١٦).

**٤-٣-٦-الزجاج متغير الشفافية تبعا لشدة الضوء- Photo-chromic**

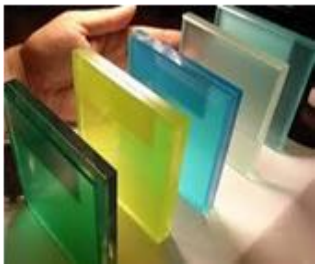
ينقسم هذا النوع من الزجاج إلى ثلاث تقنيات هي، تقنية النوع الكهروكرومي ويتغير خصائصه لامتصاص الضوئي استجابة لمجال كهربائي مطبق خارجيًا ويصبح مظلمًا أو غائمًا. وتقنية الدرمي الصخري يتحول بين حالة انعكاس الحرارة وحالة النقل الحراري عند درجة حرارة معينة [٣٠]. وهذا الزجاج يمكن أن يوفر للطاقة والراحة الحرارية باستخدامه إعادة الإضاءة والحرارة، وانخفاض انتقال الضوء، والحد من السطوع، وانخفاض الوهج [٢٩]. وهذه طريقة ذاتية التأثير حيث إن حرارة أشعة الشمس هي من يقوم بعملية التعتيم أو الشفافية تلقائياً، مما يسمح للنوافذ بالحد من الحمل الحراري بشكل كبير، ويتحقق التوازن الطبيعي والاستفادة القصوى من ضوء النهار [٣١]. كما تعد أكثر توازنا من حيث الوقت وتوزيع الإضاءة في الفضاء الداخلي بغض النظر عن الاختلافات الخارجية وتستخدم عادة لتوفير التظليل، شكل (١٧) [٢٧]. والتقنية الثالثة الزجاج متغير الشفافية تبعاً لدرجة الحرارة، وهو نوع من البلوارت السائلة يتغير ترتيبها ونفاذيتها للضوء مع زيادة درجة الحرارة التي تتعرض لها، مما يعني أن النافذة تكون شفافة في الجو البارد ومعتمة في الجو الحار، والزجاج متغير اللون كهربيا وهي عائلة تضم أنواع منها البلوارت السائلة والجزيئات العالقة والهيدريد العاكس، والأنواع الثلاثة السابقة قليلة الانتشار، أما التقنية الأحدث والتي تبشر بنتائج عملية عالية الجودة في المستقبل هي التي تعتمد على حقن الأيونات عن طريق تمرير تيار كهربي مستمر منخفض الجهد [٢٤].

Coated reflective glass

شكل (١٤): يوضح الزجاج المطلي بطبقة عاكسة [٢٦].

Ceramic Frits

شكل (١٥): يوضح الزجاج المطبوع بالسيراميك [٢٦].



Laminated Glass

شكل (١٦): يوضح شكل الزجاج متعدد الطبقات [٢٦].

Photo-chromic

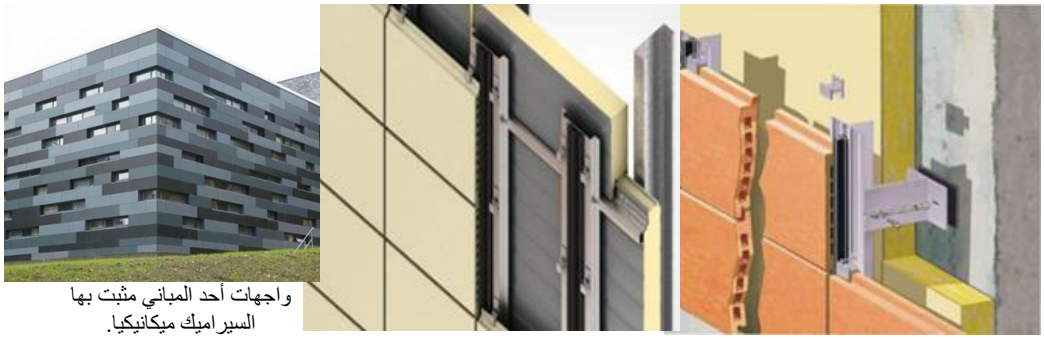
شكل (١٧): يوضح شكل الزجاج متغير الشفافية تبعا لشدة الضوء [٢٦].

### ٤-٤- الحوائط الستائرية- Curtain Walls

الحوائط الستائرية ليست قاصرة على الزجاج فقط، بل يمكن استخدام مواد أخرى غير الزجاج مثل المواد المركبة، السيراميك، الرخام، والألواح الخرسانية المقواه بالألياف الزجاجية. والتيراكوتا، فشكل (١٨) يوضح تركيب التيراكوتا ميكانيكيا وترك مسافة خلفها لزيادة عملية العزل الحراري، وفيما يلي استعراض بعض من تلك الأنواع:

#### ٤-٤-١-السيراميك

ساعد السيراميك المعماريين على عمل تشكيلات في غلاف المبنى الخارجي، كما أن تثبيته بالطرق المميكنه يعد نقلة نوعيه في عمليات العزل الحراري للمباني، حيث بإمكانها توفير عزل جيد للمبني [٣١]. شكل (١٩) يوضح تركيب السيراميك ميكانيكيا وترك مسافة خلفة لزيادة عملية العزل الحراري.



شكل (١٨): يوضح تركيب التيرا كوتا ميكانيكيا وترك مسافة خلفها لزيادة عملية العزل الحراري[٧].



واجهات أحد المباني مثبت بها السيراميك ميكانيكيا.

شكل (١٩): يوضح تركيب السيراميك ميكانيكيا وترك مسافة خلفة لزيادة عملية العزل الحراري [٧].

ومن أمثلة تكسية واجهات المباني بالسيراميك وتثبيته ميكانيكيا مبني جناح انكو معرض إكسبو العالمي في إيطاليا، وشكل (٢٠) يوضح تكسيه أغلفة مبني جناح انكو معرض إكسبو العالمي في إيطاليا بالسيراميك، حيث تم تغطية المبنى بغلاف من السيراميك وتم تثبيته ميكانيكيا [٣١].

شكل (٢٠): يوضح يوضح تكسيه أغلفة مبني جناح انكو معرض إكسبو العالمي في إيطاليا بالسيراميك وتثبيته ميكانيكيا [٣١].

**٤-٤-٢-الأحجار الطبيعية**

تمتاز الأحجار الطبيعية سواء النارية أو الرسوبية أو المتحولة بألوانها الجميلة وتحملها للعوامل الجوية، ويتم تثبتها بالطريقة الميكانيكية، فمع تقدم تقنيات البناء الحديثة، أصبح بالإمكان تثبيت الحجر بالطريقة الميكانيكية حيث يتم تثبيت بروفيل معدني في الحائط ليقوم بحمل التكسيه الحجرية. ويتم التثبيت بإكسسوارات من الاستانلس استيل، مع وجود فجوة هوائية بين الحجر والحائط المركب عليه أو وضع المواد العازلة اللازمة بين كسوة الحجر والحائط الأساسي للمبني [٧]، شكل (٢١).

شكل (٢١): يوضح تركيب الرخام ميكانيكيا مع وجود فراغ هوائي بينه وبين الحائط المركب عليه الرخام لزيادة عملية العزل الحراري [٧].

**٤-٤-٣-الحشوات المعدنية**

هي حشوه معزولة بقالب من الفوم تغلفها طبقة رقيقة من المعدن المجلفن، حيث تطلي بطبقة رقيقة معالجة تعطي الكسوة شكل نهائي لامع وعاكس للحرارة، وسمك الكسوة ٥مم تقريبا. وتتميز بخفة الوزن والعزل الحراري العالي [٣٢].

**٤-٤-٤-حشوات من الألومنيوم Aluminum Composite Panels**

تتكون (Composite panel) المستخدمة في واجهات المباني من ألواح الألومنيوم المضغوطة بسماكة تتراوح من ٣ إلى ٦ مم، ومن خلالها يمكن الحصول على واجهات بألوان مختلفة، بالإضافة إلى إمكانية عمل تكوينات تلقي الظل على بعضها البعض، [٧]. وأشكالا وأنواعا متعددة، شكل (٢٢).

شكل (٢٢): استخدام الواح الألومنيوم المضغوط بالواجهات لعمل تشكيلات تلقي الظلال على الفتحات وعلى بعضها البعض [٢٩].

وتمتاز هذه الألواح بكونها تحجز فراغ هوائي بينها وبين الحائط الخارجي للمبني، للتقليل من انتقال الحرارة بين الجانبين وبذلك تعد عازلاً جيد للحرارة [٧،٢٩] كما يمتاز هذا النوع من الواجهات بالاستقرار الجيد، الوزن الخفيف، السطح الناعم، مقاومة عوامل الطقس، المتانة العالية، مقاومة التآكل، التشكيل والتركيب والصيانة السهلة. قابلية القطع. ولقد تم استخدمها في واجهات مبني اللاهوت في جامعة كمبريدج كتكيسه للواجهات بهدف توفير ظلال دائمة على الواجهات، وللحصول على عزل حراري جيد يتم وضع مادة عازلة بين طبقتي الالمنيوم مثل البلاستيك بولميد (polyamide) للتقليل من انتقال الحرارة بين الجانبين [٢٩].

**٤-٤-٥-حشوات من الصلب المقاوم للصدأ Stainless Steel Cladding**

يستخدم هذا النظام في تكسيه الواجهات، ويتم تركيبة على إطار معدني (Frame) مع ترك مسافة بينة وبين الحائط الأساسي، والتي من الممكن تركها فارغة، أو وضع أي مواد عازلة للحرارة بناءا على مواصفات العزل المطلوبة، ولقد تم استخدم حشوات الصلب المقاوم للصدأ ها في مبني (Lloyds building) في لندن [٧].

**٤-٤-٦-البلاستيك**

يعد الكوريان من أهم أنواع البلاستيك المستخدمة في تكسيه واجهات المباني بهدف تحسين البيئة الداخلية، وهو مركب من المعادن الطبيعية المخلوط مع الاصباغ الأكريليكيه والبوليمر وتمزج مع بعضها لتنتج مادة قوية متينة، وتستخدم في تكسيه واجهات المباني وإن كان استخدامها قليل نسبيا. ويمكن استخدامها في تكسيه واجهات المباني بدون حوائط، مثل استخدامها بفيلا (Nubs) بإسبانيا، حيث تعتبر هي العازل بين الداخل والخارج ويرجع السبب في ذلك لمتانتها وتحقيقها بيئة داخلية تتسم بالراحة الحرارية للمستخدمين [٧].

**٤-٥- تقنيات النانو**

تلعب المواد المستخدمة في البناء دورًا مهمًا في تحويل المباني إلى مباني بيئة ذات راحة حرارية داخلية مناسبة للمستخدمين، من خلال الواجهات الموفرة للطاقة. حيث برزت بدائل جديدة لتحسين النظم المعاصرة لتمكينها من المساهمة في تطوير مستقبل مستدام [١]. ولقد أدى دمج مواد البناء بتقنية النانو إلي تحسين خواصها وإكسابها إمكانيات أكثر من مادة في نفس الوقت من حيث العزل بأنواعه المختلفة وتوفير الطاقة والراحة الحرارية ...الخ [٣١]. وفيما يلي استعراض بعض من تقنيات النانو المستخدمة في الواجهات وتأثيرها في توفير الراحة الحرارية بداخل المباني:

**٤-٥-١-الخرسانة الشفافة -Transparent Concrete**

الخرسانة الشفافة أو الخرسانة الباعثة للضوء، هي من مواد الإكساء المصنوعة من خلال دمج الألياف البصرية مع الخرسانة، والهدف الرئيسي منها هو إستخدام ضوء الشمس كمصدر للضوء للحد من استهلاك الطاقة للإنارة، ومن أمثلة استخدام الخرسانة الشفافة بالواجهات مبنى الجناح الإيطالي في شنغهاي، شكل (٢٣). والذي اعتمد في إنشائه على الخرسانة الشفافة والزجاج المنخفض الانبعاثات والفولاذ المقاوم للصدأ، وساعد في اختيار مواد الخرسانة الشفافة إنها قادرة على إدراك درجة الحرارة الداخلية والخارجية والرطوبة من المبنى وغيرها. والزجاج الشفاف الذي يتمتع بعدة تقنيات كتقنية الانبعاثات المنخفضة

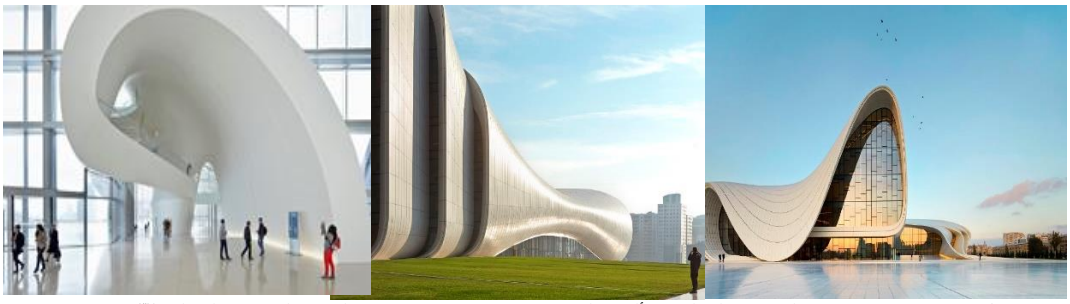
Low-E. وتوفير الطاقة الضوئية بفضل تقنية الانبعاث المنخفض، التي تسمح بدخول أشعة الشمس وتجنب الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء، والرؤية من خلال الزجاج في نفس الوقت مما يعمل على التقليل من الإضاءة الاصطناعية في النهار، بالإضافة إلى الحفاظ على التوازن الحراري للفراغات الداخلية [٣١].

شكل (٢٣): يوضح استخدام الخرسانة الشفافة في واجهات الجناح الإيطالي في شنغهاي [٣٤، ٣٥].

ومن الأمثلة الناجحة لاستخدام الخرسانة الشفافة بشكل جزئي في الواجهة الرئيسية فقط بمبنى معهد أبحاث النسيج في ألمانيا، مما عمل على توفير أكبر قدر من الإضاءة الطبيعية والراحة الحرارية للمستخدمين [٣١].

**٤-٥-٢-الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية- Concrete Fiber Carbon**

تتكون الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية من الأسمنت والرمل وإضافات نانوية من خليط من الألياف الزجاجية ومجموعة من المواد القلوية الأخرى التي تكسبها خاصية العزل الحراري والصوتي، وهي بذلك تعد نوع من المواد المركبة والتي تختلف في خصائصها عن الخرسانة العادية، حيث إنها أخف وزنا وأكثر عزلا مما يحقق الراحة الحرارية داخل المباني للمستخدمين [٣٢،٣٦]. ويعتبر مركز حيدر علييف في أذربيجان، شكل (٢٤). أحد الأبنية التي استخدمت فيها الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية المرتكزة على الهيكل الفولاذي، حيث عملت أيضاً على الحفاظ على بيئة داخلية مريحة بسبب عكسيا للحرارة، أدي ذلك إلى بيئة داخلية مريحة [٣١].



شكل (٢٤): يوضح استخدام الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية بواجهات مركز حيدر علييف والفراغات الداخلية [٣٧].

**٤-٥-٣-الخرسانة سابقة الصب**

الخرسانة سابقة الصب تعتبر مادة مهمة في كسوة الغلاف الخارجي للمباني، وتتميز وحدات الخرسانة سابقة الصب بعزلها للحرارة العالي، حيث إنها عبارة عن حشوة مزدوجة من الخرسانة المسلحة بفراغها الداخلي ماده عازلة للحرارة بما لا يقل عن ٢,٥سم، ومن أمثلة استخدام وحدات الخرسانة سابقة الصب وقف الملك عبد العزيز بمكة المكرمة[٣٢]. وتتواجد خرسانة سابقة الصب في صورة قطعة واحدة أو ترابيع أو أسطح متعرجة، شكل (٢٥).

خرسانة سابقة الصب من قطعة واحدة

خرسانة سابقة الصب مكونة من ترابيع

خرسانة سابقة الصب أسطح متعرجة

شكل (٢٥): يوضح الأنواع الشائع استخدامها من الخرسانة سابقة الصب [٣٢].

**٤-٥-٤-الطوب البوزلاني**

الطوب العازل حرارياً الطوب البوزلاني (طوب البناء الأخضر) الذي يعتمد في تركيبة على مادة البوزلان أو التف البركاني، واستخدام تقنية النانو في ربط الجزيئات أثناء عملية الخلط، لأحداث أكبر قدر ممكن من تجانس للمواد، ويتميز هذا النوع من الطوب بقابلية تجديد الطاقة فمتر مكعب من الزيوليت (Zeolite) منشور على مساحة ٢٥٠ متر مربع يعطي ٦٠٪ زيادة عن اي مادة أخرى تستعمل في حفظ الرطوبة أو التكيف بالتبادل الحراري[٣٦].

**٤-٥-٥-الزجاج**

**٤-٥-٥-١- زجاج الحماية من الشمس** Solar Protection Glass

أتاحت الحلول المبتكرة لتقنيات النانو وسيلة جديدة لدمج وتكامل الزجاج مع المبنى من خلال طريقتين هما:

- **طريقة الكتركروماتيك Elect chromatic:** وهذه الطريقة يدوية يستخدم فيها مفتاح كهربائي يدوي للتحكم في الوصول إلى الدرجة المطلوبة من التعتيم أو درجات اللون الأزرق القاتمة وفق الحاجة، وهذه العملية تحتاج إلى طاقة كهربائية قليلة لأنها طبقات رقيقة جد اً، ويكون ذلك في بضع دقائق.
- **طريقة الفوتوكروماتيك Photochromatic:** وهذه طريقة ذاتية التأثير حيث إن حرارة أشعة الشمس هي من يقوم بعملية التعتيم أو الشفافية تلقائياً، مما يسمح للنوافذ بالحد بشكل كبير من الحمل الحراري، ويتحقق التوازن الطبيعي والاستفادة القصوى من ضوء النهار. ولقد تم إستخدام هذه النوعية من الزجاج في واجهات مبنى بيت المسنين في سويسرا، للحماية من الأشعة فوق البنفسجية، ويحقق هذا النوع بيئياً العزل الحراري

الشفاف، الحماية الحرارية، تحويل الطاقة، والتخزين الحراري، وذلك عن طريق تخزين أشعة الشمس شتاءً وعكسها صيفا [٣١].

**٤-٥-٥-٢- الزجاج المقوي بالحرارة:**

هذا النوع من الزجاج تمت معالجته بالحرارة لدرجة ٦٠٠ درجة مئوية ويتم تركه يبرد تدريجيا، وذلك لتقويته وزيادة مقاومته للكسر الناتج عن الضغوط الحرارية، ويستخدم في مباني المناطق الحارة صيفا لتوفير الراحة الحرارية بداخل الفراغات التي يستخدم في أغلفتها الخارجية [٧].

**٤-٥-٥-٣- زجاج الحماية من الأشعة فوق البنفسجية UV Protection Glass**

هو زجاج شفاف لا يعوق الرؤية ولا نفاذ الإضاءة الطبيعية مما يؤدي إلى تقليل استهلاك الطاقة للإنارة، وفى نفس الوقت يمنع الإبهار ويقلل من دخول الأشعة فوق البنفسجية، التي تمثل نسبة كبيرة من الإشعاع الشمسي، وترفع من درجة حرارة الفراغ وتزيد من أحمال التكييف دون فائدة ضوئية، وهذا يؤدي إلى تخفيض الكسب الحراري الشمسي إلي النصف تقريباً.

**٤-٥-٥-٤- الزجاج متعدد الوظائف**

الزجاج متعدد الوظائف يستند إلى أنسجة النانو السطحية التي تنتج مجموعة واسعة من الميزات المخروطية معاً، مثل التنظيف الذاتي ومقاومة الضباب ومضاد للانعكاس، ويتجلى تأثُّير الزجاج ذو الوظائف المتعددة على أداء المبنى بيئيا في تحقيق ظروف بيئية داخلية آمنة وصحية وملائمة ومريحة، وتقليل التأثير البيئي السلبي على البيئة الخارجية، بالإضافة إلى تقليل استهلاك الطاقة [٣١].

**٤-٥-٦-مادة-Ethylene tetrafluoroethylene – ETFE**

يسميها الكيميائيون فمورو البوليمر، وهي وسادة شفافة مضغوطة بالهواء، ويمكن أن تكون من طبقة واحدة أو أكثر، وتشكل المبنى وتحاط بإطار من المعادن، وتتمتع هذه المادة بتوفر العزل الحراري العالي والحماية من الأشعة فوق البنفسجية والتنظيف الذاتي وغير قابل للاحتراق، ووزنها أقل من عُشر وزن الزجاج، وهي أكثر مرونة وقوة مما يساعد في دعم النظام الهيكلي. كما تستخدم كغلاف خارجي لكامل المبنى، وذلك لرفع أداء المبنى وإعطائه جمالية إضافية. وتعطي شفافية فائقة للمبني بتشكيلات مختلفة، فهي غير شفافة في النهار وشفافة في الليل. وتعمل على خلق مساحات داخلية كبيرة خالية من العناصر الهيكلية ومنارة بشكل جيد بالإضافة إلى بيئة داخلية مريحة، والتقليل من التكاليف التشغيلية. ومن الأمثلة الهامة على تطبيق هذه المادة مشروع عدن في إنجلترا وتأثيره على الأداء البيئي يتمثل في تأمين بيئة داخلية مريحة حراريا، محمية من أشعة الشمس الحمراء وفوق البنفسجية [٢٤].

**٥- الدراسة التحليلية لأغلفة المباني حالات الدراسة**

في هذه الجزئية من البحث يتم عمل دراسة تحليلية لثماني حالات دراسية، من خلالها تناول التقنيات البيئية الحديثة المنفذة بأغلفتها والمتفاعلة بيئياً مع المحيط حولها. وتحليل كل تقنية من حيث مكوناتها وطريقة توظيفها بالمبني، ومدي تأثيرها في توفير بيئة مبنية تتسم براحة

حرارية مناسبة للمستخدمين، ومردود ذلك في توفيرها للطاقة في الاضاءة والتبريد والتدفئة. ولقد روعي عند اختيار حالات الدراسة أن تختلف في الشكل الخارجي والحجم ومادة إكساء الواجهات الخارجية قدر الامكان، بالإضافة إلى اختلاف التقنيات البيئة المستخدمة بكل حالة دراسية عن الأخرى، حتى نتمكن من استعراض أكبر قدر ممكن من التقنيات البيئية الحديثة.

### ٥-١- دراسة حالة برج شنغهاي- Shanghai Tower

يقع برج شنغهاي في منطقة Lujiazui المالية والتجارية، بشنغهاي، الصين [٣٨]. قام بتصميمه شركة الهندسة المعمارية الأمريكية Gensler، ويتكون البرج من ١٢٨ طابق، وارتفاعه يبلغ ٦٣٢م. وتم الانتهاء من بنائه في عام ٢٠١٣ [٣٩]. وعند الانتهاء من بنائه، أصبح أطول مبنى في الصين وثاني أطول برج في العالم متعدد الاستخدامات [٤٠]. ولقد اعتمده مجلس المباني الشاهقة والموئل الحضري CTBUH كأفضل مبنى شاهق في عام ٢٠١٦ [٣٨].

#### ٥-١-١-تقنيات الغلاف الخارجي وتأثيرها في توفير الراحة الحرارية والطاقة

يتميّز البرج بغلاف مكون من طبقتين شفّافتين. في حين باقي الأبراج العالية، تتكون من طبقة شفافة واحدة والثانية تكون من زجاج عاكس للتقليل من الاحتباس الحراري. ولكن طبقتي برج شنغهاي المزدوجة من الزجاج الشفاف تلغي الحاجة لأي طبقة لتكون معتمة. ويحتوي البرج على تصميم فريد من نوعه يشتمل على غلافين من الحوائط الستائرية، كل غلاف منهما يمثل غلاف مستقل بذاته، شكل (٢٦) [٣٢].

منظر عام للبرج — الغلاف الخارجي وتأثيرة في القاء الظلال

شكل (٢٦): يوضح منظر عام للبرج شنغهاي والغلاف الخارجي [٤١].

وتعتمد الميزة الرئيسية لأداء الغلاف الخارجي للبرج على مفهوم نظام الفناء السالب (هو فناء ذو استهلاك منخفض للطاقة، أي يضمن الراحة الحرارية دون أي تدفئة تقليدية)، حيث يخلق الغلافين بينهما فناء بمساحة كبيرة. والذي يعمل على توفير الحمل الحراري الطبيعي للهواء، أي أن الفناء المهوى يعمل كعازل حراري يحافظ على استقرار درجة الحرارة، ويعمل كعازل بين الداخل والخارج، وتبديد الحرارة من داخل المبنى في الصيف، وبالتالي فإن الضغوط الحرارية الكلية واستخدام الطاقة في المساحات الداخلية تنخفض بشكل ملحوظ. وبسبب التأثير السلبي الكامل للاحتباس الحراري الذي من الممكن أن يكون موجودًا في الفناء، فهناك حاجة ضئيلة للتبريد والتدفئة الإضافيين [٣٩]. كما يعمل الغلاف الثاني مثل بطانية

عازلة، مما يقلل من استخدام الطاقة للتدفئة والتبريد. بالإضافة إلى أن طلاء كلا من الغلافيين الداخلي والخارجي بطلاء انتقائي منخفض الطيف يعمل على التقليل من أحمال التبريد [٤١].
كما أن شفافية الزجاج للغلافين تسمح بمرور كميات كبيرة من ضوء النهار الطبيعي، مما يقلل من الحاجة إلى الإضاءة الاصطناعية [٣٨]. كل ذلك ساهم في توفير ٢١,٥٩٪ من قيمة الطاقة المستهلكة سنويا، مقارنة بإجمالي الطاقة التي يستهلكها مبنى مماثل له في نفس الحجم والشكل في حالة استخدام الواجهات التقليدية [٤٠].

### ٥-٢- دراسة حالة برج Salesforce

يقع برج Salesforce في منطقة جنوب السوق في وسط مدينة سان فرانسيسكو . في ٤١٥ شارع ميشان بين شارعي Firstو Fremont، بجوار موقع . Transbay Transit Center . سان فرانسيسكو، كاليفورنيا. وصممه Pelli Clarke، ويتكون البرج من ٦١ طابق، ويبلغ اجمالي ارتفاعه ٣٢٦ م. تم البدء في بنائه عام ٢٠١٣ ليكتمل في عام ٢٠١٨ [٤٢].

### ٥-٢-١- تقنيات الغلاف الخارجي وتأثيرها في توفير الراحة الحرارية والطاقة

يتكون برج Salesforce من جدار ستائري من الزجاج الشفاف الأبيض اللؤلؤي والصلب، ويحاط بإطار معدني عبارة عن اسلحة رأسية وأفقية معدنية، شكل (٢٧) [٣٨].

منظر عام للبرج شكل الغلاف والكاسرات الشمسية الخارجية والقاء الظلال
شكل (٢٧): منظر عام لبرج Salesforce وشكل الغلاف الخارجي والأسلحة الأفقية والرأسية وتأثيرها في إلقاء الظلال [٤٢].

وتعمل الأسلحة الرأسية والأفقية ككاسرات ومظلات شمسية تقلل من اكتساب الغلاف الزجاجي لحرارة الشمس، مع السماح بدخول ضوء النهار . بالإضافة إلى تلطيف الفراغات الداخلية، وبالتالي الحصول إلى راحة حرارية بالفراغات الداخلية للبرج [٣٨]. وتقلل تقنيات الغلاف الخارجي المركبة بالبرج من استخدام الطاقة بنسبة ٣٥٪ مقارنة بإجمالي الطاقة التي يستهلكها مبنى مماثل له في نفس الحجم والشكل في حالة استخدام الواجهات التقليدية [٤٣].

### ٥-٣- دراسة حالة برج نيويورك تايمز New York Times

برج نيويورك تايمز هو ناطحة سحاب على الجانب الغربي من مانهاتن في مدينة نيويورك، على الجانب الشرقي من شارع الثامن بين شارع ٤٠ و٤١، على الجانب الأخر من هيئة ميناء نيويورك ومحطة حافلات نيو جرسي. وتم تصميم برج نيويورك تايمز من قبل المعماري Renzo Piano، بالتعاون مع Fox & Fowle ، ويتكون من ٥٢ طابقاً، شكل (٢٨). ويبلغ

اجمالي ارتفاعه ٣١٩ م، وتم الإعلان عن المشروع في ديسمبر ٢٠٠١، وتم الانتهاء من بنائه في عام ٢٠٠٧ [٤٤،٤٥].

**٥-٣-١-تقنيات الغلاف الخارجي وتأثيرها في توفير الراحة الحرارية والطاقة**

الغلاف الأول، للواجهات الشرقية والغربية والجنوبية من شرائح مصنوعة من سيليكات الألومنيوم، وهي عبارة عن سيراميك باللون الأبيض عالي الكثافة، وتمتاز بأنها ذاتية التنظيف ومقاومة للطقس، والتي عملت كحجاب جمالي وغطاء شمسي [٤٦]. وتعمل الشرائح الأفقية على وقاية الغلاف الثاني المكون من الزجاج والألومنيوم من أشعة الشمس المباشرة على مدار النهار. بالإضافة إلى امتصاص درجات الحرارة المحيطة بالغلاف الزجاجي والحد من تسربها داخل المبنى. كما أدت الشرائح الأفقية إلى تقليل أحمال التبريد. كما ساعد ترك مسافة ١٦ سم بين الغلاف الأول والغلاف الثاني إلي زيادة كمية الظلال على الغلاف الثاني، وعمل تيارات هوائية بين الغلافين أدت إلى تلطيف درجة حرارة الغلاف الثاني، ومن ثم الفراغات الداخلية. كما راعي المصمم ترك مسافة بين الشرائح بعضها البعض مما زاد من دخول الضوء الطبيعي داخل المبنى. بالإضافة إلى أن الغلاف الثاني مكون من الزجاج منخفض الانبعاثات، وهو من النوعيات الموفرة للطاقة، والذي ساعد بدوره على تقليل استخدام الطاقة في التدفئة والتبريد. كل ذلك عمل على توفير الطاقة بالمبني بنسبة ٣٠٪، مقارنة بإجمالي الطاقة التي يستهلكها مبنى مماثل له في نفس الحجم في حالة استخدام الواجهات التقليدية[ ٤٦، ٣٨].

منظر عام للبرج

الغلاف الخارجي وتأثيره في إلقاء الظلال داخل الفراغات

شكل الغلاف الخارجي الخزفي

شكل (٢٨): منظر عام لبرج نيويورك تايمز والغلاف الخارجي الخزفي والتظليل داخل الفراغات [٤٤،٤٥].

**٥-٤- دراسة حالة برج Swiss re**

يقع برج Swiss re في موقع متميز بالحي المالي الرئيسي في The Gherkin، بوسط العاصمة البريطانية، لندن. وهو ناطحة سحاب إدارية معروف بشكل غير رسمي باسم 30St Mary Axe والمعروف سابقًا باسم Swiss Re tower. صممه المعماري Foster & Partners، ويتكون من ٤٠ طابقا، ويبلغ ارتفاعه ١٨٠ مترًا، شكل (٢٩). تم البدء في بنائه في عام ٢٠٠١ وتم الانتهاء منه في ٢٠٠٣، وأفتتح في٢٠٠٤[٤٧]. وفي نفس العام فاز بأعلى وسام معماري في المملكة المتحدة جائزة RIBA Stirling من المعهد الملكي للمهندسين المعماريين البريطانيين [٣٨].

**٥-٤-١-تقنيات الغلاف الخارجي وتأثيرها في توفير الراحة الحرارية والطاقة**

شكل المبنى والواجهات الزجاجية الدائرية مصممه بحيث تزيد من استعمال ضوء النهار الطبيعي، وتقلل من الحاجة للإضاءة الاصطناعية. كما يقوم الغلاف بتوزيع الضوء المنعكس، وبالتالي تعزيز آثاره البيئية [٣]. والغلاف الخارجي للمبني من نظام الزجاج المزدوج، حيث يتكون من طبقتين من الزجاج، والغلاف الأول والثاني بينهما فراغ مهوى [٤٧]. وتتم تهوية المبنى بشكل طبيعي من خلال هذا الفراغ الذي يمر من خلاله الهواء الطبيعي على كامل ارتفاع المبنى ويخرج من فتحات علوية قابلة للفتح والغلق كائنة بالغلاف الخارجي [٤٨]. ويتم التحكم في تلك الفتحات بواسطة حساسات الطقس موجودة على الغلاف الخارجي للمبني، والتي تراقب درجة الحرارة وسرعة الرياح ومستوى أشعة الشمس، ويتم التحكم في الحساسات بواسطة الحاسب الآلي، لفتح الشبابيك وغلقها، عندما تكون درجة الحرارة الخارجية تتراوح ما بين ٢٠ إلي ٢٦ درجة مئوية، وسرعة الرياح أقل من ١٠كـ /ساعة، لتؤمن المناخ الداخلي المناسب لشاغلي المبني [٤٧، ٤٨]، وتركيب النوافذ القابلة للفتح والغلق يتيح دخول الهواء الطبيعي النقي إلي الفراغات الداخلية بالمبني، وساعد بقدر كبير في توفير نظام فريد من التهوية الطبيعية، وخفّض اعتماد البرج على التكييف الصناعي، وهذا بدوره أدي إلي خفض استهلاك الطاقة في التدفئة والتبريد. والشيء الرائع في هذا المبنى كفاءته العالية في استهلاك الطاقة حيث حقق تصميم الغلاف وتقنياته العالية وفرا في استهلاك الطاقة يصل إلى ٥٠٪ من إجمالي الطاقة التي يستهلكها مبني مماثل له في نفس الحجم والشكل في حالة استخدام الواجهات التقليدية [٣، ٤٨].

شكل (٢٩): منظر عام لبرج Swiss re وشكل الغلاف الخارجي الزجاجي والشبابيك القابلة للفتح [٨، ٤٩].

**٥-٥- دراسة حالة برج Commerzbank**

يقع برج بنك كومرتس في فرانكفورت، ألمانيا . صممه Norman Foster، ويتكون من ٥٦ طابق، شكل (٣٠). وتم الانتهاء منه في عام ١٩٩٧، وكان أطول مبنى في أوروبا في وقت الانتهاء منه وبقي كذلك حتى عام ٢٠٠٥، وتم إدخال مناظر طبيعية بأدوار مختلفة إلى بيئة العمل الحضري من خلال استخدامه "الحدائق السماوية" الموضوعة بشكل إستراتيجي في جميع أنحاء المبنى. جمعت هذه الحدائق عناصر التصميم المستدام [٥٠،٥١].

**٥-٥-١-تقنيات الغلاف الخارجي بالمبني وتأثيرها في توفير الراحة الحرارية والطاقة**

يتكون الغلاف الخارجي للمبني من الزجاج المزدوج المكون من طبقتين، الطبقة الخارجية من الزُجاج المُعالَج حرارياً والمُقاوم والعازل للحرارة. والطبقة الداخلية من الزجاج منخفض الانبعاثات، بالإضافة إلى وجود فراغ مهوي بعرض ١٦سم بين الطبقتين الداخلية والخارجية، كما تحتوي الطبقة الخارجية على فتحات يمكن من خلال فتحها دخول الهواء النقي إلى الفراغ بين الطبقتين. والتي جعلته يتميز بإمكانية فتح نوافذ الواجهة الداخلية حسب رغبة المستخدم، مما يمكن المستخدمين من تنظيم التهوية بأنفسهم، عن طريق فتح وغلق النوافذ بشكل فردي على مدار العام، حتى يمكن دخول الهواء النقي من خلال الفراغ بين الطبقتين. مما يضمن إمكانية التهوية الطبيعية حتى الطابق الخمسين، بهدف توفير قدر كبير من الطاقة والتهوية الطبيعية [٥٢]. بالإضافة إلى أنه في الشتاء يعمل الغلاف المزدوج الطبقات كعازل حراري، مما يسمح بالاختراق الشمسي، وفي الصيف، يوفر التحكم الشمسي لمنع ارتفاع درجة الحرارة. ولقد تم تصميم المبنى ليتم تهويته طبيعيا لمدة ٦٠٪ من السنة، وكان من المتوقع أن يقلل هذا النهج من استهلاك الطاقة بنسبة تصل إلي ٥٠٪، ولكن الدراسات أظهرت أن البرج يستهلك فعليا طاقة أقل بنسبة ٢٠٪ مما كان متوقعا من إجمالي الطاقة التي يستهلكها مبني مماثل له في نفس الحجم والشكل في حالة استخدام الواجهات التقليدية، ولكن حدث انخفاض سنوي في استهلاك الطاقة منذ عام ٢٠٠٠ وصل ٢٨٪، ويرجع السبب في ذلك إلي أن مستخدمي البناء قد مددوا فترة التهوية الطبيعية إلي ٨٥٪ مقارنتا بـ ٦٠٪ وهي النسبة المفترضة أثناء التصميم [٥٣].

الحدائق التبادلية وعلاقتها بالفناء وحديقة الفناء — الفتحات العلوية بالغلاف الخارجي — منظر عام للبرج

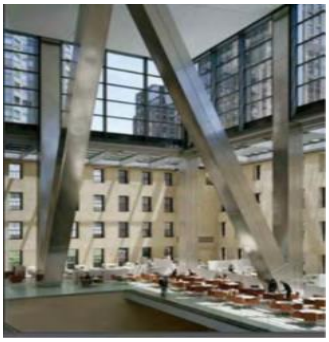
شكل (٣٠): منظر عام لبرج Commerzbank وشكل الحدائق السماوية [٥٢، ٥٤].

**٥-٦- دراسة حالة برج هيرست Hearst**

يقع برج هيرست في شارع نيويورك، بالقرب من كولومبوس سيركل في وسط مانهاتن، بمدينة نيويورك، مكون من ٤٦ طابق [٥٥]. بدأت أعمال بناء المبني في ٢٠٠٣، وانتهت في ٢٠٠٦، ويبلغ ارتفاعه ١٨٢ م، شكل (٣١). وصممه Partners&Foster ، وهو أول مبنى إداري شاهق أخضر أقيم في مدينة نيويورك [٥٦]. وهو مبنى صديق للبيئة، وأول مبني شاهق الارتفاع في المدينة ينال شهادة"LEED" بالمرتبة الذهبية [٥٧].

**٥-٦-١- تقنيات الغلاف الخارجي بالمبني وتأثيرها في توفير الراحة الحرارية والطاقة**

الغلاف الخارجي للمبني من نوع مبتكر من الزجاج منخفض الانبعاثات، فالواجهات الأربعة للمبنى عبارة عن واجهات زجاجية مزدوجة (Double Façade) تتكون من طبقتين من الواح الزجاج المزدوج (Double Glazing)، بينهما فراغ هوائي [١١]. والذي يعمل على تقليل تسرب الإشعاع الشمسي داخل المبني، وبالتالي التقليل من الحمل الحراري للتبريد. مع السماح بمرور الضوء الطبيعي والمبنى رفع من كفاءة البيئة الضوئية الداخلية للمبنى، حيث إن ٩٥ ٪ من الضوء بالفراغات الداخلية للمبني مار من الغلاف الخارجي، مع الحفاظ على الإشعاع الشمسي غير المرئي الذي تسببه الحرارة [٥٨]. أيضا ساعدت مادة الزجاج المصمم من الناحية الإنشائية في سهوله عمل الكسرات على زوايا المبنى الأربع، والتي ساعدت في إلقاء الظلال بالدور أسفل منها. كما ساعدت التكنولوجيا الحديثة المصمم من حيث المواد التي استخدمها في هذا المبني مثل نوعية الزجاج التي جعلت من الفراغات الداخلية تستهلك طاقة أقل من المباني المكتبية في مدينة نيويورك، بمساعدتها في الاعتماد على التهوية الطبيعية لما يقارب ٧٥٪ من السنة [٥٥]. وقد تم تصميم المبنى لاستخدام الطاقة بنسبة ٢٦٪ أقل من الحد الأدنى من المتطلبات لمدينة نيويورك مقارنة بإجمالي الطاقة التي يستهلكها مبنى مماثل له في نفس الحجم والشكل في حالة استخدام الواجهات التقليدية [٥٦،٥٩].



منظر عام لبرج هرست　　الفناء الداخلي　　شكل شلال المياه

شكل (٣١): منظر عام لبرج Hearst وشلال المياه والفناء الداخلي وتشكيل الكتلة [٥٤].

**٥-٧- دراسة حالة مبنى بلدية لندن-London City Hall**

يقع مبنى قاعة بلدية لندن على السد الجنوبي لنهر التايمز قرب جسر البرج وسط مدينة لندن [٦٠]. تم تصميم المبني من قبل Foster and Partners، في عام ٢٠٠٠ تم البدء في بنائه، وتم الانتهاء منه في عام ٢٠٠٢. ويتكون المبنى من ١٠ طوابق بارتفاع ٤٥ م، شكل (٣٢) [٦١].

**٥-٧-١-تقنيات الغلاف الخارجي بالمبني وتأثيرها في توفير الراحة الحرارية والطاقة**

تم تصميم المبنى لتحقيق بناء منخفض الاستهلاك للطاقة، وراحة حرارية مناسبة للمستخدمين، وقد تحقق ذلك من خلال تصميم الغلاف الخارجي من الألواح الزجاجية منخفضة الانبعاثات، والتي تحتوي على ستائر شمسية يمكن التحكم في حركتها أوتوماتيكياً، وتم استخدام هذه التقنيات بغلاف المبني للحصول على الظلال، وحجب أشعة الشمس المباشرة، مما أدي إلى

التقليل من تأثير الاحتباس الحراري وفقد الحرارة، وتحسين خصائص العزل للمبنى. وتحقيق راحة حرارية بداخل فراغات المبني [٦٢،٦٠]. بالإضافة إلى أن الخامات المستخدمة في الغلاف الخارجي، تجعل منه مبنى صديقا للبيئة وتسهم في تحقيق الإضاءة المناسبة بداخل الفراغات الداخلية للمبني. وفي الوقت ذاته، تقليل حدة حرارة أشعة الشمس [٦٣]. وتهوية المبنى بسيطة للغاية وتتحرك بعيدًا عن أنظمة التدفئة والتبريد الميكانيكية التقليدية. فلقد اختار المصمم نظام تهوية طبيعي، حيث يوجد فتحات قابلة للفتح والغلق بالغلاف الخارجي للمبني. تقوم هذه الفتحات عند فتحها، بغلق أنظمة التدفئة الآلية في تلك المنطقة بالمبنى لاعتمادها على التهوية الطبيعية أثناء فتح تلك الفتحات [٦٠]. كما توجد مسارات - أنابيب - في الأرضيات تساعد على خلق تهوية متوازنة بالمبنى عندما تفتح الفتحات المقابلة لها بالغلاف الخارجي للمبني [٦٣]. هذا يؤدي بدورة إلى توفير الطاقة حيث لا يسمح باستخدام كلا النظامين في نفس الوقت، وفي كثير من الأحيان يتم استخدام نظام التهوية والإضاءة الطبيعية فقط [٦٠]. بما يقلل من استهلاك الطاقة في التبريد، مما جعله أحد المباني القليلة الحديثة التي لا تحتوي على نظام تبريد مركزي في العاصمة البريطانية [٦٣]. كل ذلك، وبالإضافة إلى تصميم شكل الغلاف الخارجي للمبني، والتقنيات المستخدمة به حققت وفرا في استهلاك الطاقة يصل إلى ٧٥٪ مقارنة بإجمالي الطاقة التي يستهلكها مبنى مماثل له في نفس الحجم والشكل في حالة استخدام الواجهات التقليدية [٦٠].

منظر عام　　الزجاج الخارجي للوجهات المعزول حراريا　　الغلاف الخارجي

شكل (٣٢): منظر عام لمبني - London City Hall – والغلاف الخارجي [٦٠،١٨].

### ٥-٨- دراسة حالة مبني -Council House2

يقع في ٢٤٠شارع Little Collins بملبورن، أستراليا، هو مبنى مكاتب، هو مبنى مكاتب مكون من ١٠ طوابق، وفي أبريل ٢٠٠٥، أصبح أول مبنى مكتبي مبني يحقق الحد الأقصى من تصنيف Six Green Star، المعتمد من قبل مجلس المباني الخضراء في أستراليا. تم افتتاحه رسميًا في أغسطس٢٠٠٦ [٦٢].

#### ٥-٨-١-تقنيات الغلاف الخارجي بالمبني وتأثيرها في توفير الراحة الحرارية والطاقة

يتميز مبني Council House2 بواجهة حركية ذات نهج استدامي رائع، حيث يحتوي المبنى على العديد من الاستراتيجيات المستدامة، منها الواجهة الزجاجية من الزجاج العاكس، بالإضافة إلى الأسلحة الرأسية المكونة من شرائح خشبية عمودية تغطي الواجهة الزجاجية

بالكامل، شكل (٣٣). والتي تعمل ككجهاز حركي لحماية المستخدمين من أشعة الشمس المباشرة من خلال دوران الشرائح بشكل عمودي، والتي تفتح وتغلق استجابةً لزاوية الشمس على مدار النهار، ويمكن التحكم في حركتها أوتوماتيكياً بواسطة حساسات موجودة على الغلاف الخارجي للمبني. وتوفر تظليل كامل للبيئة الداخلية. حيث تعمل الأسلحة الخشبية القابلة للتشغيل على تحسين أداء المبنى. وبناءً على تقرير ما بعد الإشغال، زادت إنتاجية الموظفين بنسبة ١٠,٩٪. بالإضافة إلى ذلك، حقق المبنى نتائج ملحوظة في الأداء البيئي، مع انخفاض بنسبة ٨٥٪ في استهلاك الكهرباء، مقارنة بالمبنى السابق (عام ١٩٧٠)، وانخفاض الانبعاثات بنسبة ١٣٪ فقط. يتجاوز النظام الحركي المطبق على الواجهة الغربية ٩٥٪ من التظليل خلال النهار ويوفر تهوية طبيعية في الليل عن طريق فتح النوافذ تلقائيًا والسماح للهواء الليلي بتبريد المبنى. آلية أعمال الواجهة الغربية تعتمد على نظام حساسات يشتغل تلقائي لتتبع موقع الشمس وتوفير التظليل في فترة ما بعد الظهر [٢٣،٦٤].

شكل (٣٣): يوضح الواجهة الرئيسية لمبني Council House2 بنسب فتح وغلق مختلفة [٢٣،٦٤].

## ٦- المناقشة

### ٦-١- تحليل نتائج حالات الدراسة

يعتبر نظام التكسية الخارجي أحد أهم الاستراتيجيات التي تهدف إلى تحقيق خفض استهلاك الطاقة، حيث يؤدى دورًا مهمًا في توفير الراحة الحرارية داخل المبنى في فصلي الصيف والشتاء على السواء، مما يقلل من الاعتماد على الطاقة في التبريد والتدفئة، وجدول (١) يوضح مقارنة تحليلية بين التقنيات الموجودة بأغلفة المباني حالات الدراسة، وكيفية تحقيق تقنيات أغلفة حالات الدراسة للراحة الحرارية وترشيد الطاقة المستهلكة في تحقيق الراحة الحرارية بالفراغات الداخلية للمباني.

جدول (١): مقارنة تحليلية بين التقنيات الموجودة بأغلفة حالات الدراسة وكيفية تحقيقها لترشيد الطاقة المستهلكة في تحقيق الراحة الحرارية بالفراغات الداخلية لحالات الدراسة.

| حالات الدراسة | التقنيات الموجودة بأغلفة المباني حالات الدراسة | | | | | | | كيفية تحقيق تقنيات أغلفة حالات الدراسة للراحة الحرارية وترشيد ها للطاقة المستهلكة في تحقيق الراحة الحرارية بفراغات المبني الداخلية. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | عدد طبقات الغلاف الخارجي | مادة الغلاف الأول | مادة الغلاف الثاني | وجود فراغ بين الواجهات | وجود فتحات بالغلاف الخارجي قابلة للفتح | وجود فتحات بالغلاف الداخلي قابلة للفتح | وجود حساسات بالغلاف الخارجي | |
| Shanghai Tower | طبقتين | زجاج شفاف مطلي بطلاء انتقائي منخفض الطيف. | زجاج شفاف مطلي بطلاء انتقائي منخفض الطيف | يوجد فراغ مهوي بين طبقتي الغلاف يعمل كغشاء سالب | X | X | X | **استخدام الغلاف المزدوج الطبقات أدي إلي:**<br>- وجود فراغ مهوي بين أغلفة المبني يعتمد على مفهوم الفناء السالب عمل كعازل حراراي وحافظ على استقرار درجة الحرارة بفراغات المبني.<br>- وجود الفناء بين طبقتي الأغلفة ساعد في إلقاء الظلال على الغلاف الثاني غالبية ساعات النهار، كما عمل على التخلص من الهواء الساخن ودخول هواء بارد بدلا منه (ظاهرة المدخنة).<br>- عزل البيئة الداخلية للمبني عن البيئة الخارجية المحيط به.<br>- استعمال ضوء النهار الطبيعي، وتقليل الحاجة للإضاءة الاصطناعية غالبية ساعات النهار.<br>- استخدام التهوية الطبيعية داخل فراغات المبني وتقليل استهلاك الطاقة في تهويه المبنى.<br>- العمل على تبديد الحرارة من داخل المبنى في الصيف.<br>- الغلاف الثاني يعمل كبطانية عازلة.<br>- ترشيد الطاقة المستهلكة في تحقيق الراحة الحرارية من إجمالي استهلاك الطاقة بمقدار ٢١,٥٩٪ |
| Salesforce Tower | طبقة واحده | زجاج شفاف أبيض لؤلؤي | أسلحة رأسية وافقية معدنية | X | X | X | X | **استخدام الغلاف المعدني على الغلاف الزجاجي للمبني أدي إلي:**<br>- كاسرات شمسية رأسية وافقيه تكسر أشعة الشمس المباشرة والقاء الظلال على الغلاف الزجاجي.<br>- تلطيف أجواء الفراغات الداخلية للمبني، مما أدي إلى بيئة مبنية أكثر راحة حرارية.<br>- التقليل من اكتساب الغلاف الزجاجي لحرارة الشمس.<br>- ترشيد الطاقة المستهلكة في تحقيق الراحة الحرارية من إجمالي استهلاك الطاقة بمقدار ٣٥٪ |

| حالات الدراسة | التقنيات الموجودة بأغلفة المباني حالات الدراسة | | | | | | | كيفية تحقيق تقنيات أغلفة حالات الدراسة للراحة الحرارية وترشيد ها للطاقة المستهلكة في تحقيق الراحة الحرارية بفراغات المبني الداخلية. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | عدد طبقات الغلاف الخارجي | مادة الغلاف الأول | مادة الغلاف الثاني | وجود فراغ بين الواجهات | وجود فتحات بالغلاف الخارجي قابلة للفتح | وجود فتحات بالغلاف الداخلي قابلة للفتح | وجود حساسات بالغلاف الخارجي | |
| **New York Times Tower** | **طبقتين** | **سيليكات الألومنيوم** | **low-emissivity, glass** | √ | X | X | X | **استخدام الغلاف الأول الخزفي للواجهات الشرقية والغربية والجنوبية أدي إلي:**<br>- عكس أشعة الشمس المباشرة عن الغلاف الزجاجي نظرا للونه الأبيض. مما عمل على تلطيف الأجواء الداخلية بالفراغات الداخلية للمبني.<br>- امتصاص درجات الحرارة المحيطة بالغلاف الزجاجي والحد من تسربها داخل المبنى، وتقليل أحمال التبريد.<br>- القاء الظلال على الغلاف الزجاج المكون للمبني.<br>- عمل تيارات هوائية بين الغلافين، مما أدي إلى تلطيف درجة حرارة الغلاف الزجاجي ومن ثم الفراغات الداخلية.<br>- الغلاف الثاني مكون من الزجاج منخفض الانبعاثات، وهو من النوعيات الموفرة للطاقة، والذي ساعد بدورة على تقليل استخدام الطاقة في التدفئة والتبريد.<br>- كما راعي المصمم ترك مسافة بين الشرائح بعضها البعض مما زاد من دخول الضوء الطبيعي داخل المبنى.<br>- ترشيد الطاقة المستهلكة في تحقيق الراحة الحرارية من إجمالي استهلاك الطاقة بمقدار ٣٠٪ |
| **Swiss Re Tower** | **طبقتين** | **reflecting glass** | **Transparent glass** | √ | √ | √ | √ | **استخدام التقنيات الموجودة بالغلاف المزدوج الطبقات أدي إلي:**<br>- وجود فجوات بأغلفة المبني في كل طابق عملت كنظام للتهوية الطبيعية بالمبنى. مما حقق عزل فعال لفراغات المبني الداخلية، كما عملت على سحب الهواء الدافئ من المبنى صيفا، وتدفئته شتاء من خلال نظام التدفئة الشمسي السلبي.<br>- استعمال ضوء النهار الطبيعي، وتقليل الحاجة من الإضاءة الاصطناعية.<br>- تتيح النوافذ القابلة للفتح والغلق بأغلفة المبني دخول الهواء الطبيعي النقي إلي داخل فراغات المبني، وتهويته بشكل طبيعي من خلال الفراغ بين أغلفة المبني الذي يمر من خلاله الهواء الطبيعي على كامل ارتفاع المبنى. عندما يسمح الطقس بذلك.<br>- ترشيد الطاقة المستهلكة في تحقيق الراحة الحرارية من إجمالي استهلاك الطاقة بمقدار ٥٠٪. |

| حالات الدراسة | التقنيات الموجودة بأغلفة المباني حالات الدراسة | | | | | | | كيفية تحقيق تقنيات أغلفة حالات الدراسة للراحة الحرارية وترشيد ها للطاقة المستهلكة في تحقيق الراحة الحرارية بفراغات المبني الداخلية. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | عدد طبقات الغلاف الخارجي | مادة الغلاف الأول | مادة الغلاف الثاني | وجود فراغ بين الواجهات | وجود فتحات بالغلاف الخارجي قابلة للفتح | وجود فتحات بالغلاف الداخلي قابلة للفتح | وجود حساسات بالغلاف الخارجي | |
| **Commerz bank** | **طبقتين** | **Heat-resistant, heat-insulating glass** | **low-emissivity glass** | √ | √ | √ | √ | **استخدام التقنيات الموجودة بالغلاف المزدوج الطبقات أدي إلي:**<br>- توفير قدر كبير من الإضاءة والتقليل من دخول الحرارة الناتجة عن الحمل الحراري للهواء الساخن المحيط بالمبني إلي داخل الفراغات الداخلية للمبني.<br>- العمل في الشتاء كعازل حراري، مما يسمح بالاختراق الشمسي، وفي الصيف، يوفر التحكم الشمسي لمنع ارتفاع درجة الحرارة.<br>- تحتوي الطبقة الخارجية على فتحات يمكن من خلالها دخول الهواء النقي إلى الفراغ بين الطبقتين.<br>- يمكن فتح وغلق نوافذ الواجهة الداخلية حسب رغبة المستخدمين وتنظيمهم للتهوية لأنفسهم بشكل فردي على مدار العام، وبالتالي دخول الهواء النقي من خلال الفراغ بين الطبقتين. مما يضمن إمكانية التهوية الطبيعية حتى الطابق الخمسين.<br>- ترشيد الطاقة المستهلكة في تحقيق الراحة الحرارية من إجمالي استهلاك الطاقة بمقدار ٢٨٪. |
| **Hearst Tower** | **طبقتين** | **low-emissivity, glass** | **low-emissivity, glass** | √ | X | X | X | **استخدام واجهات زجاجية مزدوجة ( Double Façade) تتكون من طبقتين من الواح الزجاج المزدوج (Double Glazing)، بينهما فراغ هوائي أدي إلي:**<br>- ٩٥ ٪ من الضوء في المساحات الداخلية يرجع إلى نوعية الغلاف الخارجي للمبني. وبالتالي رفع من كفاءة البيئة الضوئية الداخلية للمبنى.<br>- الحفاظ على الإشعاع الشمسي غير المرئي الذي تسببه الحرارة.<br>- الاعتماد على التهوية الطبيعية لما يقارب من ٧٥٪ من السنة.<br>- ترشيد الطاقة المستهلكة في تحقيق الراحة الحرارية من إجمالي استهلاك الطاقة بمقدار ٢٦٪. |

| حالات الدراسة | التقنيات الموجودة بأغلفة المباني حالات الدراسة | | | | | | | كيفية تحقيق تقنيات أغلفة حالات الدراسة للراحة الحرارية وترشيد ها للطاقة المستهلكة في تحقيق الراحة الحرارية بفراغات المبني الداخلية. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | عدد طبقات الغلاف الخارجي | مادة الغلاف الأول | مادة الغلاف الثاني | وجود فراغ بين الواجهات | وجود فتحات بالغلاف الخارجي قابلة للفتح | وجود فتحات بالغلاف الداخلي قابلة للفتح | وجود حساسات بالغلاف الخارجي | |
| **London City Hall** | **طبقتين** | **low-emissivity, glass** | **Automatically controlled sun curtain** | √ | √ | √ | √ | **استخدام ستائر شمسية يتم التحكم في حركتها أوتوماتيكيا وزجاج منخفض الانبعاثات أدي إلي:**<br>- استخدام نظام الغلاف المزدوج، مع الكاسرات الشمسية آلية الفتح والغلق بين طبقتي الزجاج تحافظ على عدم نفاذ أشعة الشمس المباشرة إلي داخل المبني.<br>- القاء الظلال على الغلاف الثاني ومن ثم الفراغات الداخلية بالمبني.<br>- حجب الأشعة فوق البنفسجية وتقليل تأثير الاحتباس الحراري داخل المبنى.<br>- التقليل من فقد الحرارة من المبنى، وتحسين خصائص العزل وتحقيق راحة حرارية داخل فراغات المبني.<br>- استخدام نظام التهوية والإضاءة الطبيعية معظم ساعات النهار، وتلطيف وتبريد الأجواء الداخلية بفراغات المبني، وبالتالي تقليص ساعات إستخدام التكييف.<br>- وجود فتحات قابلة للفتح والغلق بالغلاف الخارجي للمبني تقوم عند فتحها بغلق أنظمة التدفئة الآلية في تلك المنطقة بالمبنى، لاعتمادها على التهوية الطبيعية أثناء فتح الفتحات.<br>- ترشيد الطاقة المستهلكة في تحقيق الراحة الحرارية من إجمالي استهلاك الطاقة بمقدار ٧٥٪. |
| **Council House2** | **طبقتين** | **أسلحة رأسية من شرائح خشبية** | **reflecting glass** | √ | X | √ | √ | **استخدام أسلحة رأسية من شرائح خشبية وزجاج عاكس ووجود فراغ بين الأغلفة أدي إلي:**<br>- تقليل معدل الطاقة المستهلكة في المبنى.<br>- تنظيم معدل الإضاءة الطبيعية للفراغات الداخلية.<br>- المساهمة في تحقيق التهوية المطلوبة للفراغات الداخلية.<br>- الحد من التعرض المباشر لأشعة الشمس والقاء الظلال على الغلاف الثاني ومن ثم الفراغات الداخلية بالمبني.<br>- تحسين خصائص العزل وتحقيق راحة حرارية داخل فراغات المبني. والتقليل من فقد وكسب الحرارة من المبنى.<br>- تلطيف وتبريد الأجواء الداخلية بفراغات المبني، وبالتالي تقليص ساعات إستخدام التكييف.<br>- ترشيد الطاقة المستهلكة في تحقيق الراحة الحرارية من إجمالي استهلاك الطاقة بمقدار ٨٥٪. |

من جدول رقم (١) يتضح أن حالات الدراسة اشتركت في أن الغلاف الثاني لها عبارة عن نوافذ زجاجية بكامل مسطح الواجهات، إلا أن مصممي حالات الدراسة نجحوا في معالجة عدة قضايا تخص هذه الواجهات، أهمها عدم فقدان الطاقة بسبب انتقال الحرارة من خلال الواجهات، والطاقة الناتجة عن الإشعاع الشمسي، فضلاً عن انتقال الضوء الكافي للاستخدام طوال ساعات النهار والحد من استخدام الإضاءة الاصطناعية. كما لعبت أغلفته حالات الدراسة دورا هاما في تكوين الواجهات الخارجية، باعتبارها العنصر الحاكم في الواجهات. كما أظهرت الدراسة المقارنة استخدام بدائل من التقنيات البيئية الحديثة، استخدمت بهدف تحسين أغلفة المباني لتمكينها من تحسين بيئتها الداخلية. وعلى الرغم من اختلاف المصمم والموقع والمناخ والعوامل المؤثرة على كل حالة نتيجة الاختلاف في الشكل والحجم ...الخ، إلا أنها اشتركت في بعض الأهداف الرئيسية لتصمم أغلفتها، نذكر من تلك الأهداف ما يخص موضوع البحث:

- الوصول بالفراغات الداخلية بالمباني إلى بيئة مبنية ذات راحة حرارية مناسبة للمستخدمين، عن طريق إلقاء الظلال على أغلفة المبني بتوظيف الغلاف الأول كغطاء شمسي أو استخدام أسلحة أفقية ورأسية تعمل بمثابة كاسرات شمسية.
- إمكانية التهوية الطبيعية في حالة سماح الطقس بذلك.
- توفير استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة في الإضاءة والتكييف والتبريد. وذلك من خلال توفير أكبر قدر ممكن من الإضاءة والتهوية الطبيعية بالبيئة الداخلية.

**٦-٢- تحديد الأدوات والحلول المبتكرة لتصميم واجهات حالات الدراسة**

من خلال المقارنة التحليلية السابقة بين حالات الدراسة، يمكن تحديد الأدوات والحلول المبتكرة لتصميم واجهات حالات الدراسة، كما يلي:

- تشابهت حالات الدراسة برج شنغهاي، وبرج سويس ري، وبرج بنك كومرتس في إستخدام تقنيات الواجهات الزجاجية المزدوجة، حيث تتكون أغلفتها من طبقتين بينهما فراغ مهوي. ولكن في حالة برج شنغهاي الفراغ المهوى بين الطبقتين كبير لدرجة أنه تم توظيفه كفناء داخلي بين الطبقتين. وفي برج سويس ري نجد الفراغ المهوى بين الطبقتين صغير، والطبقة الخارجية مكونه من طبقتين ويوجد فتحات بطبقتي أغلفة المبني الداخلي والخارجي قابله للفتح والغلق. بينما برج بنك كومرتس الفراغ المهوى ١٦ سم بين الطبقتين الداخلية والخارجية، وتحتوي الطبقة الخارجية على فتحات يمكن من خلالها دخول الهواء النقي إلى الفراغ بين الطبقتين.
- كما تشابهت حالتي الدراسة برجSalesforce ، وبرج نيويورك تايمز، في التقنية البيئية المستخدمة في الغلاف الخارجي المتمثلة في الكاسرات الشمسية. ففي برج Salesforce تم توظيف الهيكل المعدني المكون للغلاف الخارجي للبرج وعمل ككاسرات أفقية ورأسية. بينما انفرد برج نيويورك تايمز بتقنية بيئية فريدة من نوعها تتمثل في توظيف الشرائح الخزفية المكونة للغلاف الأول بالواجهات الشرقية والغربية والجنوبية كغطاء شمسي.
- أما برج هرست، فإن تقنية الغلاف به تتمثل في استخدام نوع مبتكر من الزجاج منخفض الانبعاثات، حيث يعمل على تقليل تسرب الإشعاع الشمسي داخل البرج مع السماح بمرور الضوء الطبيعي دون الحرارة.

- بينما التقنية المتمثلة في غلاف حالة الدراسية قاعة مدينة لندن، فهي أن الغلاف الخارجي يتكون من الواح زجاج منخفض الانبعاثات، وتحتوي هذه الألواح على ستائر شمسية، تتفاعل مع حركة الشمس طوال النهار. ويمكن التحكم في حركتها أوتوماتيكياً بواسطة حساسات موجودة على الغلاف الخارجي للمبني.
- تتمثل التقنية المتمثلة في حالة الدراسية Council House2، في أن الغلاف الخارجي يتكون من أسلحة رأسية من شرائح خشبية تفتح وتغلق استجابةً لزاوية الشمس على مدار النهار، والغلاف الذي يلي الشرائح الخشبية من الواح الزجاج العاكس، وتحتوي هذه الألواح على ستائر شمسية، تتفاعل مع حركة الشمس طوال النهار. ويمكن التحكم في حركتها أوتوماتيكياً بواسطة حساسات موجودة على الغلاف الخارجي للمبني.

- حالات الدراسة التي اشتركت في استخدام الغلاف المزدوج الطبقات مع وجود فراغ هوائي بين طبقتي الغلاف، تميزت بخصائص حرارية مرغوبة صيفا وشتاءا، حيث يساهم الفراغ الهوائي شتاءا في زيادة درجة حرارة الفراغات الداخلية عند حبسه وتعرضه للإشعاع الشمسي، وكذلك صيفا يساهم سحب الهواء الساخن من الفراغ الهوائي في تلطيف الهواء داخل المبنى.

**٧- النتائج والتوصيات**

١. عمارة التقنيات البيئية الحديثة لأغلفة المباني أحد أهم الإستراتيجيات التي تسهم في تقديم حلول للمشكلات البيئية بالمباني، ويتم الاستفادة من مردودها في توفير الراحة الحرارية داخل المباني على مدار العام.
٢. اشتركت حالات الدراسة ذات الواجهات الزجاجية المزدوجة في تحقيق ما يلي:
   - زيادة العزل الصوتي.
   - خصائص حرارية مرغوبة صيفا وشتاءا، حيث يساهم الفراغ الهوائي شتاءا في زيادة درجة حرارة الفراغات الداخلية عند حبسه وتعرضه للإشعاع الشمسي، وكذلك صيفا يساهم سحب الهواء الساخن من الفراغ الهوائي في تحريك الهواء داخل المبنى.
   - تقليل معدل الطاقة المستهلكة في المبنى.
   - مساهمة الغلاف المزدوج في حجب الإشعاع الشمسي المباشر.
   - تنظيم معدل الإضاءة الطبيعية للفراغات الداخلية.
   - المساهمة في تحقيق التهوية المطلوبة للفراغات الداخلية.
٣. دمج أساليب تصميم التقنيات البيئية الحديثة في أغلفة المباني حالات الدراسة، عمل على خلق بيئة مبنية داخليه بتلك المباني اتسمت بالراحة الحرارية المناسبة، كما أدت إلى ترشيدها للطاقة المستهلكة في تحقيق الراحة الحرارية وتقليل الأثر البيئي مما جعلها صديقة للبيئة. وبذلك نكون تأكدنا من صحة فرضية البحث.
٤. إتضح من تحليل حالات الدراسة أن الواجهات لها تأثير كبير في ترشيد الطاقة المستهلكة في تحقيق الراحة الحرارية، لذلك يجب تصميم الواجهات في المراحل الأولى للعملية التصميمية بحيث تتكامل مع كافة أجزاء المبنى لتحقيق مفهوم الأتمتة والحدّ من استهلاك الطاقة.

٥. تعتبر الواجهات ذات التقنيات البيئية الحديثة من ذروة التّقنيات المختلفة في مجال الهندسة المعمارية، حيث تعمل على الاستجابة للظروف البيئية المختلفة. من خلال إدخال نهج تصميمي حديث مثل إستخدام زجاج عالي الأداء وتحسين أنظمة التّحكم وضبط عملية الأتمتة لضمان راحة حرارية مناسبة للمستخدمين من خلال الاستغلال الأمثل للطاقة الطبيعة المتاحة من إضاءة وتهوية بكفاءة عالية.

٦. يجب أن يسعى المصمم في تصميماته للمباني على الحصول على أعلى مستويات الجودة الملاءمة لتعزيز البيئة المبنية والراحة الحرارية المناسبة للمستخدمين. ولنجاح هذه الرؤية، يجب أن يأخذ المصمم بعين الاعتبار احتياجات البيئة الداخلية بهدف التنوع البيولوجي وتحسين جودة الهواء. كما ينبغي أن تكون أكثر استجابة للظروف البيئية لتحقيق الراحة الحرارية المناسبة للمستخدمين وتوفير أكبر قدر ممكن من الطاقة المطلوبة لإضاءة وتبريد وتدفئة المبني.

٧. ضرورة دراسة الظروف المحيطة بالمبني والعوامل التي تؤثر علي زيادة الاحمال الحرارية قبل البدء في تصميم المبني بصفة عامة والواجهات بصفة خاصة، حيث إن النوافذ مصدر لاستنزاف الطاقة، ومرتبطة باحتياجات الطاقة المفرطة بالمبنى.

٨. يجب أن يخضع اختيار التقنيات البيئية الحديثة المزمع استخدامها في واجهات المباني إلى دراسة تحليلية للوقوف على النوعية المتوافقة مع المناخ الواقع به المبني، ومدي تحقيقه للمتطلبات البيئية لفراغات الداخلية بالمبني، وخاصة مع تعدد الأنواع والأشكال المستخدمة وتباين الخامات وقدرتها، على تحمل الحرارة وطريقة الاستخدام والتكلفة.

## ٨- المراجع

[1] Edward Halawaa, Amirhosein Ghaffarianhoseinib, Ali Ghaffarianhoseinid, Jeremy Trombleya, Norhaslina Hassanc, Mirza Baiga, Safiah Yusmah Yusoffc, Muhammad Azzam Ismaile, **"A review on energy conscious designs of building façades in hot and humid climates: Lessons for (and from) Kuala Lumpur and Darwin",** Renewable and Sustainable Energy Reviews 82 ،2018.

[٢] أماني أحمد مشهور هندي،**" تأثير استخدام التكنولوجيا الحديثة على سلوك الإنسان في الفراغات الداخلية "**، بحث منشور بمجلة الفنون والعلوم التطبيقية جامعة دمياط، المجلد الخامس العدد الثالث، يوليو، ٢٠١٨.

[٣] عبير غاتا، جاكلين طقطق،**" استخدام التقنيات الحديثة والذكية في الإضاءة الطبيعية لتحقيق الراحة الضونية في فراغات "**، مجلة جامعة البعث، كليه العمارة، المجلد٣٧، العدد ١٣، ٢٠١٥.

[4] Leena S. B. Yasin, Diala I Atiyat, **"The Effect of Nano Technology on Architecture",** Int'l Journal of Advances in Agricultural & Environmental Eng. (IJAAEE) Vol. 4, Issue 1, 2017.

[٥] محمد عبد الفتاح أحمد العيسوي،**" تأثير تصميم الغلاف الخارجي للمبنى على الإكتساب الحراري والراحة الحرارية للمستعملين (منهج لعملية التصميم البيني للغلاف الخارجي للمباني) "**، رسالة ماجستير، غير منشورة، قسم هندسة العمارة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، ٢٠٠٣.

[٦] راما أحمد وعقبة فاكوش،**"توظيف التطور التقني لاتجاه عمارة التقنيات الفائق ضمن إطار التصميم المستدام"**، بحث منشور بمجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية المجلد الثامن والعشرون، العدد الأول،٢٠١٢.

[٧] إسماعيل عبد الرحمن أبو سخيلة،**" أثر التقنيات الحديثة على تصميم الغلاف الخارجي تحسين البيئة الداخلية للمباني حالة دراسية مستشفى الصداقة الترقي الفلسطيني بغزة "**، رسالة ماجستير – غير منشورة، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة الجامعة الاسلامية ،٢٠١٥.

[٨] عبير سامي يوسف محمد، دينا أحمد أحمد المليجي، **"المنظور الإستدامي لتكنولوجيا البناء بين المتطلبات وصراع التقنيات"**، بحث منشور بمؤتمر التقنية والاستدامة في العمران والعمراني، كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود – المملكة العربية السعودية، ٦:٣ يناير ٢٠١٠.

[٩] أحمد الجبر،**" دارسة معايير وأساليب استخدام عناصر الواجهات عالية التقنية في المباني التجارية لمدينة دمشق"**،رسالة ماجستير، غير منشورة- قسم علوم البناء والتنفيذ- كلية الهندسة المعمارية جامعة دمشق-٢٠١٦.

[١٠] محمد دفع الله أحمد قسم الله،**" تأثير الغلاف الخارجي للمبنى على الإكتساب الحراري للمباني في المناخ الحار الجاف"**، رسالة ماجستير، غير منشورة- قسم هندسة العمارة والتخطيط - كلية الدراسات العليا، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، ٢٠١٥.

[١١] أسماء مجدي محمد فاضل،**" العمارة الذكية "وانعكاسها التكنولوجي على التصميم " دراسة حالة المباني الإدارية "**، رسالة ماجستير، غير منشورة، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، الجيزة، جمهورية مصر العربية، ٢٠١١.

[١٢] آلاء رفيق سالم مكي،**" آليات تطبيق متطلبات العمارة الذكية على المباني الإدارية (مبنى هيئة التقاعد الفلسطينية - حالة دراسية) "**، رسالة ماجستير، غير منشورة، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، الجامعة الإسلامية، غزة،٢٠١٧.

[١٣] لينا علي إبراهيم،**"تقنيات تنفيذ الواجهات الذكية"**، بحث منشور، مجلة جامعة البعث، كليه العمارة، المجلد (٣٨)، العدد (٤٩)، ٢٠١٦.

[14] F.M. Butera, **"Glass architecture: is it sustainable",** International Conference "Passive and Low Energy Cooling 161 for the Built Environment", Santorini, Greece, May 2005.

[15] Krystyna Zelenay, **"High-Performance Facades Design Strategies and Applications in North America and Northern Europe",** Center for the Built Environment- UC Berkeley -2011.

[16] Harris Poirazis & other - **Double Skin Façades A Literature Review**- Lund University, Lund Institute of Technology, A report of IEA SHC Task 34 ECBCS Annex 43, 2006.

[17] Eleanor Lee, Stephen Selkowitz, Vladimir Bazjanac, Vorapat Inkarojrit, Christian Kohler, **"High-Performance Commercial Building Façades",** the Regents of the University of California,2002.

[١٨] ريهام السيد عبد التواب أيوب، إيهاب محمود بيومي عقبه، ماجد محمد أبو العلا محمد، إيمان بدوي أحمد محمود "**عمارة الأبنية الذكية من منظور محقق لراحة المستعمل"**، المؤتمر العلمي الدولي الثاني، تحديات راهنة وحلول مستقبلية، كلية الهندسة، جامعة الفيوم، فبراير ٢٠١٨.

[19] **https://www.rcs-india.in/catalog/20-Solar%20Shading.pdf accessed on -1-10-2020**

[20] **https://www.archdaily.com/208700/in-progress-one-ocean-soma- accessed on 12-7-2020**

[٢١] رشا محمد علي حسن، ريهام محمد بهاء الدين،**" التراث الإسلامي المعماري بين الابداع والتقنية وأثره على العمارة الزجاجية في الجزيرة العربية"**، المؤتمر الدولي للاتحاد العام للآثاريين العرب، الشيخ زايد، مصر، ٢٠١٥.

[22] **https://www.albayan.ae/editors-choice/asfar/2015-11-23-1.2512401 accessed on 28-7-2020.**

[23] Fahad Alotaibi, **"The Role of Kinetic Envelopes to Improve Energy Performance in Buildings",** Published research, Architectural Engineering Technology, July 2015.

[٢٤] معتز عبارة وشذا الياس،**"دراسة المحددات التصميمية للنوافذ الخارجية"**، مجلة جامعة البعث، كليه العمارة، المجلد٣٧، العدد ٥، ٢٠١٤.

[٢٥] عباس محمد الزعفراني، أحمد أحمد فكري،**"الزجاج ذو النفاذية الاختيارية للإشعاع الشمسي مدخل للتصميم البيئي للفتحات الخارجية في المباني"**، بحث منشور بمؤتمر قسم الهندسة المعمارية، كليه الهندسة جامعة القاهرة – ٢٠٠٦.

[26] Sunnie H.N. Lim ، JanIsidorsson ،LizhongSun، B. LeoKwak ، AndréAnders, **"Modeling of optical and energy performance of tungsten oxide based electrochromic windows including their intermediate states",** Published on، Solar Energy Materials and Solar Cells Volume 108, January 2013.

[27] Jelena Savić & others, **"ARCHITECTURAL GLASS: TYPES, PERFORMANCE AND LEGISLATION",** FACTA UNIVERSITATIS -Series: Architecture and Civil Engineering Vol. 11, No 1, 2013.

[28] Brian M. Deal, Robert J. Nemeth, and Lee P. DeBaille, **"Energy Conservation Strategies Windows and Glazed Surfaces**", US Army Corps of Engineers Construction Engineering Research Laboratories ،USACERL Technical Report 98/74،July 1998.

[29] Frederick S. Merritt, Jonathan T. Ricketts**, "BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION HANDBOOK- McGraw",** Hill Companies, Inc. All rights reserved. Printed in the United States of America 2001.

[30] Karam M. Al-Obaidi, **"A Review of Skylight Glazing Materials in Architectural Designs for a Better Indoor Environment",** Published by Canadian Center of Science and Education. Modern Applied Science journal; Vol. 8, No. 1; 2014.

[٣١] علا حربة،**"العمارة في ظل تقنية النانو"،** مجلة جامعة البعث، كليه العمارة، المجلد (٣)، العدد (١٨)، ٢٠١٧.

[٣٢] مني عوض أبو اللعنيين الوزير،**" دور الواجهات في تحقيق الراحة الحرارية داخل المباني الإدارية بمصر "،** رسالة دكتوراة، غير منشورة، قسم الهندسة المعمارية، كلية الفنون الجميلة، جامعة الإسكندرية، ٢٠١١.

[33] http://alushine-acp.asia/1-acp-exterior-wall-cladding/- accessed on 1-10-2020

[34] **https://www.wallpanel-supplier.com/ae/news/Translucent-concrete-An-Amazingly-Emerging-Material.html-1-10-2020**

[35] **https://ara.architecturaldesignschool.com/italy-pavillion-shanghai-expo-2010-٣٤700 -accessed on -1-10-2020**

[٣٦] خالد صلاح الدين علي الخياط،**" تقنيات البناء المستخدمة في الغلاف الخارجي للمباني وتأثيرها على ترشيد الطاقة "،** بحث منشور، مجلة العلوم الهندسية، جامعة أسيوط، المجلد (٤٢)، العدد (٦)، يناير ٢٠١٤.

[37] **https://www.urtrips.com/heydar-aliyev-center-baku/ accessed on -1-10-2020**

[38] Kheir Al-Kodmany**, "Sustainability and the 21st Century Vertical City: A Review of Design Approaches of Tall Buildings",** Published research, buildings, 3 August 2018.

[39] Gina Letízia Lau**, "Sustainable High-rise Construction in Shanghai Case study – Shanghai Tower",** Thesis to obtain the Master of Science Degree in Civil Engineering, tecnico lisboa, July 2015.

[40] Jun Xia, Principal, Gensler, **"Case Study: Shanghai Tower",** CTBUH Journal, Issue II**,** 2010.

[41] https://aiahouston.org/media/uploads/resource-docs/ao11.pdf- accessed on 1-10-2020

[42] http://vertfunds.com/wp-content/uploads/2018/12/VERT_CASE_STUDY_SalesforceTower_Q1208.pdf

[43] Kheir Al-Kodmany, **"High-Performance Facades Design Strategies and Applications in North America and Northern Europe",** Center for the Built Environment- UC Berkeley -2011.

[44] **https://www2.lbl.gov/Science-Articles/Archive/sb-EETD-NYT-building.html-accessed on 1-10-2020**

[45] **https://www.emporis.com/buildings/102109/new-york-times-tower-new-york-city-ny-usa-1-10-2020**

[46] **https://kaitybadlato.wordpress.com/2011/11/08/new-york-times-building-sustainable-systems/-1-10-2020**

[٤٧] محمد فوزان الشايع، **"العمارة المستدامة والتكنولوجيا المتقدمة"،** بحث مقدم لجـــامعــة الملك ســعود، كلية العمارة والتخطيط، قسم العمارة وعلوم البناء، برنــامج الدراسات العليا. متاح على الموقع الاليكتروني:https://core.ac.uk/display/60939435

[٤٨] ميسون محي هلال، خوله هادي مهدي، خوله كريم كوثر، **" الاستدامة في العمارة بحث في دور استراتيجيات التصميم المستدام في تقليل التأثيرات على البيئة العمرانية "**، مؤتمر الأزهر الهندسي الدولي الثالث عشر، ٢٣: ٢٥ديسمبر٢٠١٤.

[49] **https://www.flickr.com/photos/markhillary/3930474913/sizes/l- accessed on 12-7-2020**

[50] **https://www.ajbuildingslibrary.co.uk/projects/display/id/3127-1-10-2020**

[51] **https://www.arup.com/projects/commerzbank-frankfurt - accessed on 1-10-2020**

[52] **https://cms.esi.info/Media/documents/102628_1358526357613.pdf - accessed on 1-10-2020**

[53] https://www.facebook.com/arch.twenty.two/posts/826412907512472/- **accessed on 1-10-2020**

[54] Narie Foster, Samuel Luff, Danielle Visco' **"Green Skyscrapers What is being built, and why? "'** A report for CRP 3840: Green Cities December 4, 2008.

[55] **https://www.archinform.net/projekte/14024.htm**

[56] **BILL** CHAN, MICHAEL FUNG, KELLY LAM, VIVIEN LIU' **"ENVIRONMENTAL DESIGN CASE STUDY MENARA MESINIAGA "'** Available on the site: https://docplayer.net/56099049-Mesiniaga-1-of-10-arch-366-environmental-design-case-study-menara-mesiniaga-bill-chan-michael-fung-kelly-lam-vivien-liu.html

[٥٧] فؤاد عبد الموجود عبد الحليم قاسم، **" نحو تنمية مستدامة بالمدن الجديدة بمصر في عصر الثورة الرقمية "**، رسالة ماجستير، غير منشورة، قسم العمارة - كلية الهندسة - جامعة الأزهر،٢٠١٦.

[58] **https://www.designbuild-network.com/projects/hearst/ - accessed on 12-7-2020**

[59] **https://www.facebook.com/arch.egy/posts/1716868401906162- accessed on 12-7-2020**

[60] **https://londoncityhall.wordpress.com/case-study-description /- accessed on 12-7-2020**

[61] **https://www.archinform.net/projekte/15029.htm - accessed on 12-7-2020**

[62] **https://www.melbourne.vic.gov.au/building-and-development/sustainable-building/council-house-2/Pages/council-house-2.aspx - accessed on 12-7-2020**

[63] **https://aawsat.com/home/article/763396/** - accessed on 12-7-2020

[64] **https://www.c40.org/case_studies/council-house-2-ch2-new-municipal-office-building-eco-buildings-co2-87-electricity-82-gas-87-and-water-72 - accessed on 12-7-2020.**

*JES, Assiut University, Faculty of Engineering, Vol. 48, No. 6, November 2020, pp. 1137-1176*

# Modern Environmental Technologies for Building Facades and Their Rationalization of Energy Consuming in Achieving Thermal Comfort

**Reda M. H. Aly**

*Faculty of Engineering, Qena, Al-Azhar University*
*redda.ali70@azhar.edu.eg*

**ABSTRACT**
One of the pillars of architecture is modern environmental building technologies, in which the modern architectural theories seek to achieve the environmental compatibility in between building materials and the environment. This is done using modern environmental technologies and treatments in buildings in projections, façades, and sectors. Facades of buildings using modern environmental architectural technologies and treatments allow an increase or decrease in lighting, ventilation, and temperature. It is the conditions of internal spaces, which require the architectural designer to consider when using modern environmental architectural technologies and treatments. This achieves compatibility with climatic variables throughout the whole year. Therefore, the research aimed to identify the applications of modern environmental technologies for building envelopes, how to achieve thermal comfort for users, and the extent to which it rationalizes energy consumed in achieving thermal comfort. To achieve the goal of the research, the study analyzed the covers of eight buildings, in terms of modern environmental technologies. An analytical comparison was also made between the study cases to determine how these technologies achieve thermal comfort. From which, it became clear the extent of the impact of the applications of modern environmental technologies on the case studies in obtaining a built environment characterized by thermal comfort suitable for users as well as the extent of rationalizing energy consumed in achieving thermal comfort in the internal spaces of buildings.

**KEYWORDS**: Modern environmental technologies, Facades of buildings, Energy conservation, thermal comfort, interior spaces.