

الفصل الاول مقدمة عامة

1-1 تمهيد :

تطور الزجاج من مادة للزخرفة ليصبح بعد مراحل طويلة من التطور ليصبح مادة بناء متكاملة، فأصبح حجم استخدامه كبيراً في مجالات متعددة ولأغراض مختلفة . فهو جزء لا يتجزأ من حياة الإنسان ويتواجد تقريباً في كل مكان سواء كان شفافاً أو نصف شفاف أو معتم ويرجع التنوع في استخدام الزجاج الي إكتسابه الصلابة في المقام الأول، مما جعله يصبح من المواد الهامة التي لعبت دوراً أساسياً في العمارة منذ القدم وحتى الآن . حيث يتمتع الزجاج بمميزات عديدة لا تتوفر في أي مادة أخرى وخاصة بعد إقترانه بالتكنولوجيا الحديثة فأضيفت إليه رؤية وأبعاد وإستخدامات لم تكن في الحسبان .

ولقد ساهم التطور التكنولوجي في إثراء هذه المادة، مما ساعد علي إيجاد تقنيات جديدة لمعالجتها، وبذلك أمكن الحصول علي أكثر من الأداء الوظيفي لهذه المادة، فأصبحت تؤدي دوراً جمالياً أيضاً في المجالات المعمارية الخارجية والداخلية علي حد سواء .

وكان لتطور مفهوم استخدام الزجاج أهمية وأثراً كبيراً إستفاد منه المصممون المعماريون المعاصرون في محاولة تكييف الفراغ المعماري وحل مشكلاته وذلك لما للزجاج من مواصفات متميزة . فهي ذات قدرة علي إكتساب أكبر كمية من الضوء والأشعة وتوزيعها في الأماكن التي تتطلبها المنفعة في التصميم، وكذلك بلوغها الحد الأعلى فيما يتعلق بمقاومة للعوامل الجوية كالحرارة والرطوبة والقدرة علي عزل الصوت، جامعا بذلك بين خواص الحوائط المصمته والفتحات الشفافة ذات التصميم والشكل الجميل وبذلك أمكن له الوصول إلي تحقيق التكامل بين القيم التشكيلية (الجمالية) والوظيفية لإستخدامه في الواجهات المعمارية.

تطورت الواجهات الزجاجية بشكل سريع خلال السنوات الأخيرة من ناحية نوع مادة الزجاج والتقنية العالية في صناعته التي تظهر مرونة توافق الشكل المعماري المطلوب، ومن ناحية تطور التقنيات المستخدمة ممثلة بالواجهات الذكية وإستخدام الكاسرات المختلفة لتلائم مختلف الظروف والمتطلبات البيئية، كما تطورت أساليب التصميم المعماري وهناك الكثير من الأمثلة العالمية التي تجسد هذا التطور .

تتبع أهمية البحث من كونه يدرس استخدام الزجاج في حفظ الطاقة وقدرته علي التحكم في الأشعة الشمسية وإستخدامه في العزل الحراري وعزل الضوضاء والضوء، وأحدث أنواع الزجاج لهذا الغرض، ويلقي الضوء علي تأثيره على البيئة الداخليه والخارجيه .

كما يهدف البحث إلى الوصول الي الإستخدام الأمثل للزجاج في العمارة بشكل عام، وعرض التقنيات التي تم إستخدامها في العمارة، والتوصل إلى تلخيص أسس وظوابط إستخدامها في العمارة المحليه لإستخدامه بفعالية أكبر .

ففي ظل التطور الكبير للتكنولوجيا المتقدمة، أخذت العمارة فكراً تصميمياً واضحاً مستحدثة أشكالاً ونظريات جديدة تجاهلت الخصوصية التراثية والمحلية مع تحقيق التوافق البيئي للعمارة،

ورافق ذلك تجسيد مفرط للتقنية العالية في الإنشاء والمواد، فظهرت مبانٍ بسطوح مصقولة وكتل صريحة مغلقة بالزجاج مع العمل على تحقيق مفاهيم الاستدامة وترشيد استهلاك الطاقة . إن استخدام الشفافية في أغلفة المباني كان هي المحرك الأساس لتطوير أنواع جديدة من الواجهات، فأخذت النوافذ الزجاجية شيئاً فشيئاً حتى أصبحت تمتد من الأرض حتى السقف، لتصبح ستارة زجاجية مستقلة عن الهيكل الإنشائي تعرف الآن باسم الجدران الستائرية الزجاجية (Glass Curtain all) .

1-2 أسباب إختيار موضوع البحث : يعتبر توفير الراحة الجسدية كالراحة الحرارية والضوئية والصوتية لمستخدم الفراغ من أكثر القضايا البيئية المطروحة أهمية في المجال المعماري، حيث يوجد تصور راسخ عن أفضلية تحقيق الفصل الدائم للبيئة الداخلية عن الخارجية ليتمكن تجنب سلبياتها، وعلى الرغم من ظهور أمثلة قامت على تحقيق كلا من الراحة الجسدية والإرتباط بالمحيط إلا أن ذلك كان من خلال الإرتباط البصري باستخدام مساحات كبيرة من الزجاج ، وهو ما أظهر معها مشكلة الإستهلاك العالي للطاقة نتيجة اللجوء إلى توفير راحة الإنسان الجسدية بطرق إصطناعية في المناطق الحارة، لذلك كان لابد من دراسة وفهم الإستهلاك الأمثل للواجهات الزجاجية ومتابعة تطورها في هذا المجال من خلال ظهور أنواع جديدة أكثر ملائمة للبيئة وتخفيض إستهلاك الطاقة كالزجاج المقلد لنفاذ الإشعاع بشكل غير إنتقائي والزجاج ذي النفاذية الانتقائية للإشعاع وغيرها من الأنواع . كذلك تصميم الغلاف الخارجي للمباني بعد فهم عميق للمبادئ البيئية، مما يخلق توازناً وتناغماً متوافقاً مع البيئة وتوفير أقصى راحة للمستخدمين وتحقيق الخصوصية بما يتوافق مع المناخ المحلي .

1-3 أهمية البحث:

تتمثل أهميه البحث في النقاط الآتية :-

1. تقديم دراسة واضحة لإستخدام الزجاج وتحقيق أكبر قدر من الإستفادة منه لإستخدامه بشكل صحيح وتحقيق أكبر قدر من الراحة للمستخدمين .
2. تحديد العلاقة التكاملية بين الوظيفية التي تحتم إستخدام الزجاج وتحقيق مفاهيم الإستدامة وترشيد إستهلاك الطاقة .
3. دراسة دور الزجاج ودراسة الإتجاهات المختلفة التي إتبعها المصممين وإستخداماتهم المختلفة لها والتعرف على التطوير التقني للزجاج وعلى تحسين قدرته بما ينتج مزيداً من المرونة في إستخدامها وتوظيفها بالشكل الأمثل بما يتوافق مع مناخ مدينة الخرطوم .
4. تقليل إنتقال الحرارة بالتوصيل عبر الزجاج نتيجة للفارق في درجة الحرارة بين الداخل والخارج وهو ما يتم مقاومته بإستخدام الزجاج وتقليل الطاقة المستهلكة في الإضاءة الصناعية وتقليل التشوه اللوني الذي تسببه، وتحقيق الحد الأدنى من الإضاءة عند إنقطاع التيار الكهربى، ووصول الإنارة والتهوية الطبيعية إلى عمق المبنى والحد من الضوضاء الى الحدود المقبولة .

4-1 أهداف البحث :

- 1- تحقيق الواجهات المعمارية الزجاجية للتوافق البيئي وملائمتها للظروف المناخية المتغيرة، وتنظيم الإضاءة الطبيعية ودخول الهواء والحرارة وعزل الضوضاء داخل الحيز الداخلي .
- 2- الفكر والتخطيط المنظم المسبق لعملية التنفيذ وتفعيل تقنيات الزجاج الحديثة للإستفادة منها فى العمارة المحليه، وتصميم واجهات زجاجية تجمع بين الأصالة والمعاصرة يمكن تنفيذها بالتقنيات الحديثة و تناسب البيئة المحلية.
- 3- رصد الخصائص المشتركة للتقنيات الحديثة وتطويرها لإيجاد حلول لمشاكل تصميم الواجهات الزجاجية لتلائم البيئة المعمارية المحلية والمناخ المحلى، والوفاء بمتطلبات مستجدات الحياة العصرية الحديثة وتحقيق مفاهيم الاستدامة .

5-1 مشكلة البحث :

تكمن مشكلة موضوع البحث فى مسألة عدم الإهتمام الكافي بالأسس والمعايير الموجهة لعملية تصميم الواجهات الزجاجية مما أنتج مباني لا تحقق المتطلبات البيئية والوظيفية المرجوة من هذه الأبنية. الأمر الذي يدعو إلى ضرورة دراسة أثر المشكلات القائمة بها، وتقديم حلول للمساعدة فى إبرز مزاياها و أهميتها .

فبالرغم من المنظر الجمالي التي تضيفه الواجهات الزجاجية للمباني والأبراج العالية ولكنها من ناحية أخرى تسمح بانتقال قدر كبير من الحرارة من وإلى هذه الابنية وذلك نظراً لإرتفاع موصليتها وانتقاليتها الحرارية التي تتعدى القيم المقبولة للمواصفات الحرارية القياسية التي تشرعها الجهات المعنية من أجل توفير استهلاك الطاقة . ونظراً لإرتفاع المباني وزيادة تعرض الأدوار العلوية منها للعوامل الجوية مما يزيد من إنتقالية هذه الأسطح للحرارة وبالتالي زيادة كمية الحرارة المنتقلة من خلالها الأمر الذي يستدعي إستخدام السبل المناسبة لعلاج هذه المشكلة.

6-1 فرضيات البحث :

تتمثل فرضيات البحث فى :-

- إستخدام الزجاج غير المناسب في واجهات المباني، وبنسب تطغى على الواجهات بشكل تام، وعمل الفتحات الزجاجية فى الجهة الغربية دون مراعات لأشعة الشمس ومشاكل العزل الصوتى والجهر الناتج من الأشعة المنعكسة للخارج على المباني المجاورة والمنكسرة لداخل الفراغ مما يؤدي الى إستهلاك طاقة أكبر فى تبريد المباني .
- غياب المعايير والضوابط والدراسات السابقة لأخذ الإعتبارات البيئية فى الحساب عند عمل الواجهات الزجاجية وعدم ملائمتها للبيئة المحليه، وإرتفاع تكلفة صيانتها بسبب حاجتها المستمرة للتنظيف والصيانة بفعل الأتربة والغبار الذي ينتشر في أجواء مدينه الخرطوم طوال فصل الصيف، وعدم تحقيق مفاهيم الإستدامة وتقليل الأثر البيئى .

7-1 النتائج المتوقعة :

تحقيق الوصول لمقترحات تشمل الأسس والمعايير التي تحدد الإستخدام الأمثل للواجهات الزجاجية لإستخدامها بالشكل الصحيح في بيئتنا المحلية والإستفادة القصوى منها والسماح بتقديم حلول أكثر حرية وإستقلالية، وإستخدام خامات جديدة ذات خواص ومميزات تحقق مفاهيم الاستدامة وخفض إستهلاك الطاقة وتقليل الأثر البيئي، وخلق بيئة عمل سارة ومريحة وتحسين صحة المستخدمين ورفع معدلات إنتاجيتهم .

8-1 منهجية البحث :

إتباع منهج وصفى تحليلي للمعلومات العلمية الموثقة من الكتب ومواقع الإنترنت والمجلات العلمية وجمع المعلومات عن طريق دراسة ميدانية و من الخلفية النظرية للوصول إلي المعايير الضرورية لتحقيق مفاهيم واهداف أسس تحسين البيئة الحرارية في المباني فى هذه المنطقة و دراسة نماذج عالميه ومحلية وتحليلها وتحديد النقاط الإيجابية والسلبية والتي بدورها قادت إلي النتائج والخلاصات والتوصيات عبر المصادر والطرق الآتية :

1. المراجع والكتب والأوراق العلمية التي لها علاقة بهذا الموضوع.
المواقع المعتمدة بالانترنت.
2. دراسة نماذج عالمية ومحليه (حالات دراسية) والإستنباط منها.
3. الزيارات الميدانية لنماذج بمدينة الخرطوم وتوضيح لماذا تم إختيارها لهذا البحث وتحليلها والخروج بالايجابيات والسلبيات حول النماذج المحلية المختارة كحالة دراسية

9-1 هيكل البحث :

تم تقسيم البحث ستة فصول كالتى :-

- أولاً : مقدمة عامة عن موضوع البحث وأهمية البحث وأهدافه، والتطرق إلى تساؤلات وإشكاليات البحث مع توضيح المنهجية وذكر الوسائل التي سيتم إستخدامها لإخراج البحث.
- ثانياً : خلفية التاريخية لتطور إستخدام الزجاج في العمارة من خلال عرض إزدهاره ومتابعه تطور الواجهات الزجاجية خلال السنوات الأخيرة من ناحية نوع مادة الزجاج وتطور التقنيات المستخدمة فى تصنيعه .
- ثالثاً : معرفة الأهداف والمعايير المطلوب تحقيقها فى تصميم الواجهات الزجاجية، والراحة الحرارية داخل المباني الزجاجية للوصول الى المعالجات التصميمية المحسنة للأداء الحرارى للمباني، وكيف يساهم الزجاج فى خلق جو مناسب، ومن ثم دراسة كفاءة إستخدام الزجاج لحفظ الطاقة ودراسة نماذج عالمية إستخدمت الزجاج بفعالية وكفاءة محققة للأداء المطلوب منها.
- رابعاً : إطار نظرى حول أنواع الزجاج والإشعاع الشمسى الساقط عليه وكيفية نفاذه من الزجاج، لفهم آلية عمل الزجاج، ومعرفة أهم أنواع الزجاج المستخدم فى المباني، وخواصه وبسماكات مختلفة، حتى إن نوعاً واحداً يمكن أن يجمع أكثر من واحدة من تلك الصفات و

ذلك من خلال أهم مميزاته الخاصة وإستخداماته وتوافق هذه المميزات كالشفافية (الرؤية من خلال الزجاج من الداخل والخارج)، و إستخدامه في حفظ الطاقة وقدرته علي التحكم في الأشعة الشمسية وإستخدامه في العزل الحراري والضوضاء والضوء، ومعرفة أهم أنظمة الجدران الستائرية ومفاهيمها ومعرفة وأنواعها ومميزاتها وأنواع أنظمتها المستخدمة في تثبيت الزجاج، ليعطينا كل ذلك فكرة واضحة ومتكاملة عن الخيارات المتاحة والقرارات المعمارية لإستخدامه بالطريقة الأمثل .

- خامساً : خلفية تاريخية ومعمارية عن مدينة الخرطوم، ودراسة الخصائص المناخية، وأسباب إختيار مدينة الخرطوم لإجراء البحث الميداني، والأسس التي على أساسها تم إختيار نماذج الدراسة، ثم دراسة وتحليل لنماذج مختارة من الأبنية التي تم فيها إستخدام الواجهات الزجاجية بمدينة الخرطوم، وعرض النتائج التي تم التوصل إليها من الدراسة الميدانية. ومعرفة الإيجابيات والسلبيات المستخلصة، ومن ثم الخروج بالخالصه.
- سادساً : النتائج والتوصيات التي خرج بها البحث من معايير وأسس تصميم الواجهات الزجاجية، التي تهتم بالبعد البيئي وتحسين الأداء الحراري بالمباني وتحسين المظهر البصري و البيئة الداخلية، وإبراز المزايا التي تتمتع بها المباني الزجاجية عن غيرها وتحقيق الراحة الحرارية للمستخدمين، وإمكانية عمل دراسات مستقبلية ، وتحقيق مفاهيم الاستدامة .

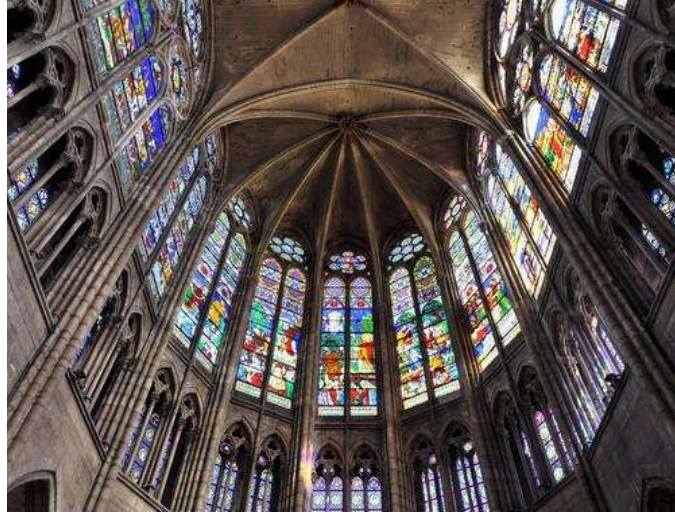
الفصل الثاني تطور إستخدام الزجاج في العمارة

1-2 مقدمة :

يتناول هذا الفصل تاريخ تطور إستخدام الزجاج في العمارة، من بدايه ظهوره ومراحل تطوره عبر العصور المختلفة وصولاً الى الجدران الستائرية . عرف الزجاج منذ القدم كمادة طبيعية (ناتجة من مصهور البراكين)، وإستخدم منذ العصر الحجري (Stone age) وعثر على أول زجاج على شكل قضبان من الزجاج الأخضر منذ حوالي 2600 قبل الميلاد في نابلين، كما عثر على حبيبات من الزجاج في مصر عام 2500 قبل الميلاد، وإستخدم الزجاج في تلك الفترة للحلى والزخارف أو كدهان للأواني الفخارية، وإعتبر ذو قيمة ثمينة، كما إستخدم من قبل الأسر المالكة للأغراض الدينية . وفى القرن الأول الميلادى فى عهد الدولة الفينيقية أخترت طريقة النفخ (Blowing)، وأمكن وقتها إنتاج الزجاج الشفاف، بإستخدام أدوات بدائية بسيطة . وفيما يلي نستعرض مراحل تطوره فى العمارة :

2-2 تطور إستخدام الزجاج في العمارة:

لم تكن صناعة الزجاج في فترة ما قبل الميلاد منتشرة بقدر كبير، ولكن كانت مقتصرةً على الأغنياء والسحرة والكهنة وغيرهم من الطبقات الثرية، وكانت القطع الزجاجية تستخدم فى المجوهرات وتحل محل الأحجار الكريمة فى كثير من الأحيان. تطور الزجاج بعد ذلك وأصبح فى متناول أيدي العامة فى عهد الإمبراطورية الرومانية، حيث وصلت صناعة الزجاج الى درجة عالية من الجودة والإستخدام، وفى القرن الرابع إزدهر إستخدام الزجاج فى عمارة الأبنية الدينية فى روما، وساعدت شمس البحر الأبيض المتوسط القوية مع الزجاج الملون فى إبداع عرض رائع للقصاص التوراتية ضمن الكنائس. وأصبحت فينسيا مركز صناعة الزجاج، حيث طورت فيها العديد من التقنيات الحديثة وأصبحت مركز لتصدير التقنيات الحديثة والأواني المتطورة والمرايا وعناصر أخرى تستخدم للترف، وإستخدم الزجاج الملون أيضاً للتزيين فى الأبنية الخاصة والعامة على كل من الجدران والأرضيات والأسقف فى الكنائس البيزنطية. فى عام 337 بعد الميلاد بنيت كنيسة القديس بول فى القسطنطينية التى يمكن إعتبارها مثلاً جيداً لإستخدام الزجاج الملون فى الكنائس فى ذلك الوقت . وبعد ذلك إنتقل بعض صانعي الزجاج الى دول أوروبا وإنتشرت صناعة الزجاج على نطاق واسع . فى القرن الثاني عشر تم تأسيس تقنيات صنع نوافذ من الزجاج الملون فى أوروبا للكاتدرائيات والكنائس التى كانت من أولى المباني وأكثرها التى إحتاجت إلى الزجاج ، وتعتبر الفترة كاتدرائية دنيس فى باريس مثال لتلك الحقبة . [العروش، 2014] . أنظر الصورة رقم (1-2) التى تبين داخل الكنيسة .



صور رقم (2-1) داخل كاتدرائية دنييس

المصدر: <https://jackiefox1976.files.wordpress.com,2017>

تطورت الجدران في العمارة القوطية في القرن الثالث عشر غير وظيفتها الأساسية كركائز للدعم الإنشائي، فأصبحت بها فتحات تمكن الضوء من الدخول إلى داخل الفراغات المظلمة، و استخدم الزجاج الملون في صناعة النوافذ و استخدمت الألواح ذات الأبعاد الصغيرة والتي تم لحامها بالرصاص، وكانت تتم صناعتها بواسطة نفخ شكل أسطواني ثم يقطع وهو ساخن، ويسوى على سطح أملس وكانت أبعاد وجودة الزجاج الناتج محدودة، حيث استخدم الزجاج بشكل كبير في واجهة المدخل والنوافذ بشكل الزهور لكاتدرائية إستراسبورج (Strasbourg) 1194-1250م، وكاتدرائية شارترس (Chartres) 119-1220م، أنظر الصورتين رقم (2-2) و(3-2) لنوافذ الكنيستين من الداخل



صورة رقم (2-2) نوافذ الزهور لكاتدرائية إستراسبورج

المصدر: <https://images.adsttc.com,2017>



صورة رقم (2-3) نوافذ بشكل الزهور لكاتدرائية شارتر

المصدر : <https://archaeology-travel.com,2017>

بحلول أواخر القرن السادس عشر الميلادي إبتكرت المستنبتات (botanic gardens) في أوروبا ويعتبر ذلك تطوراً مهماً، وكان إنشائها نتيجة لإحضار النباتات الغريبة التي تم جلبها بواسطة المستكشفين الأوربيين ونسبة لحوجتها لبيئة ورعاية خاصة، وهنا ظهرت أهمية الزجاج في الأداء الحراري لمزيداً من التحكم بالبيئة والضوء، وهو ما أدى إلى تطوير المستنبتات وصولاً إلى البيوت الزجاجية .

2-3 إنتشار إستخدام الزجاج في العمارة :

تطورت صناعة الزجاج عام 1674 في إنجلترا، حيث أنتج الزجاج النقي ذو المحتوى العالي من الرصاص، وكانت تلك بداية تصنيع الكريستال، بإستخدام البوتاس والرمل النقي وأكسيد الرصاص مما أعطاه الشفافية واللمعان والليونة وجعله قابل للقطع والحفر واتسعت مجالات استخدامه، وبحلول القرن السابع عشر الميلادي إستخدمت كافة طبقات المجتمع الزجاج وتم إبتكار إماله الزجاج للحصول على أكبر كمية من ضوء الشمس لتوفير الإضاءة الطبيعيه، وتحسنت صناعة الزجاج وتم إستخدامه في البيوت الزجاجيه في بداية القرن الثامن عشر الميلادي بواجهات زجاجية كبيرة موجهة الى إتجاه الجنوب .

كما ظهر ذلك في مستنبت حديقة العطارين في تشيلسي عام 1751، حيث كان المبنى على شكل بيت كبير بجناحين جانبيين مع سقف زجاجي مائل بزوايه 45، ومع التطور في صناعة الزجاج في القرن التاسع عشر الميلادي وإنتاج ألواح زجاجية كبيرة تطورت البيوت الزجاجيه وتوسع إستخدامها بشكل كبير كما في معرض متحف الآلات (palais de machines) في فرنسا عام 1889، أنظر الصورة رقم (2-4). والقصر البلوري (Crystal Palace) في إنجلترا عام 1851م، أنظر الصورة رقم (2-5)



صورة رقم (4-2) متحف الآلات (palais de machines)

المصدر : <http://abrecht.free.fr>,2017



صورة رقم (5-2) القصر البلورى (Crystal Palace)

المصدر: <http://www.arch-news.net>,2017

تفردت العمارة الزجاجية فى ذلك الوقت وبعدت من الكلاسيكية، واستخدمت الألواح الزجاجية والإنشاءات المعدنية . وبتطور وظهور مباني جديدة فى البلدان الصناعية فى القرن التاسع عشر

كمباني السكة حديد والمطارات، تطور الإستخدام المتزايد الزجاج والفولاذ والأعمدة الصغيرة مما جعل الجدران الخارجية غير مطلوبة في التدعيم الإنشائي ما أفسح المجال لإستخدام الجدران الستائريه وظهور نمط حديث بفراغات كبيرة لإحتواء أكبر عدد من الناس كما في مبنى أوريبال جامبرس من تصميم المعماري البريطاني بيتر إليس (Peter Ellis) في ليفربول بإنجلترا عام 1864، كأول بناء في العالم محاط بستارة زجاجية شفافة تمتد من الأرض حتى السقف، لتمكين وصول الضوء لداخل المبنى وإنارة أكثر للفراغ وتقليل تكاليف الإنارة .
تميزت مباني تلك الفترة بإستخدام أكثر للزجاج في واجهات تلك الأبنية مما أعطاهها طابعاً فريداً ومميزاً وهو ما أدى الى خلق ما يسمى بالروح جديدة في العمارة . [العروش،2014]
أنظر الصورة التالية رقم (2-6) .



صورة رقم (2-6) مبنى أوريبال جامبرس في ليفربول

المصدر: Patterson,2008

مع البحث عن أساليب وأفكار حديثة جديدة في أوربا بعد الحرب العالمية الثانية، وظهور مفهوم الروح الجديدة ظهر عام 1909 للمعماري فيليبو مارينيتي (Filippo Marinetti) في صحيفة لافيغارو (Le Figaro)، حيث دعى فيه إلى إزالة كل ما هو قديم من مكاتب ومعارض وقصور، وتبنى أنطونيو سانت إيليا Antonio Sant' Elia تلك الأفكار في رؤيته لمدينة مكائن ضخمة تشبه المباني وتسمى سيتا نوبا (Citta Nuova) مصنوعة من الحديد والزجاج عام 1914 م .
وقد ظهرت تعبير الروح الجديدة كإسم لمجلة كتب فيها لوكويبيزيه مجموعة من المقالات التي تؤيد رؤيته للعمارة الحديثة فإستطاع أن يجذب أنتباه المعماريين عبر رؤيته خلال بساطة

تصميم مبنى يونيت هابتاسيون (Unite habitation) وإستخدامه لمواد لحدیثة . [العروش،2012]
أنظر الصورة رقم (7-2) .



صورة رقم (7-2) مبنى يونيت هابتاسيون

المصدر: 2017، <http://corbusierhaus-berlin.org>

یصف لوكوبوزیه عام 1987 ناطحات السحاب التي صممها بقوله ”انها واجهات هندسية كبيرة الإرتفاع كلها من الزجاج، انعكست بهاء زرقة السماء و إنها ضخمة لكنها مؤشرات متألفة“ .
وبتطور أساليب الإنشاء ظهرت مباني إعتمدت على تقنية العمارة الصناعية كالحديد والزجاج التي تجسدت في الطراز العالمي .

من أول النماذج للمباني الحديثة والتي صصمت بواسطة أشهر معماريي الطراز العالمي والتر قروببوس مدرسة باوهوس (Bauhaus)، والتي تجسدت فيها الفكرة الأولية للجدران الستارية من خلال ألواح الزجاج بين قوائم من الفولاذ، وقد أكسب الغلافه الزجاجي لمبنى الورش بريقاً بلورياً وخفة وشفافية، كما أعطى راحة نفسية إيجابية للطلاب داخل أقسام العمل،

ويظهر شعور الطلبة بالمتعة عند النظر للمباني الأخرى والطبيعة الجميلة بالإضافة إلى التواصل البصري الخارجى ووصول الإضاءة الى الأجزاء الأخرى، كما يظهر فى الصورة رقم (8-2) .



صورة رقم (8-2) مبنى الورش في مدرسة باوهاوس (Bauhaus)

المصدر: 2017، <http://nunui-zone.blogspot.com>

وكان مصنع فاغوس في ألمانيا من هيكل فولاذي رفيع من الصلب لحمل الأسقف واختفاء الجدران الخارجية الصماء واستبدالها بالزجاجية يتخللها أعمدة إنشائية نحيلة، إن الخفة والشفافية هي أهم ما يميز هذا المبنى الجدران الزجاجية الكاملة، وهو من أوائل المباني التي تستخدم هذه التقنية فى ذلك الوقت . تم تصميم هذا المصنع الأحذية الحضرية من قبل المعماري والتر غروبيوس (Walter Gropius) في عام 1911، بالاشتراك مع المعماري أدولف ماير (Adolf Meyer) والذي بني عام 1928 م . [العلوش، 2012]

أنظر الصورة رقم (9-2) .



صورة رقم (2-9) مبنى فاغوس (Fagus) في ألمانيا

المصدر: <http://worldheritage.si.edu>، 2017

استمر الزجاج في التطور على يد المعماريين طوال القرن العشرين، على الرغم من أن معظم المشاريع الكبيرة والطموحة إقتصرت على مباني المكاتب الكبيرة ذات الميزانيات الضخمة. فكانت فكرة الشفافية هي المهيمنة خلال هذا الوقت في جميع أنحاء العالم . وإستخدام الزجاج للتركيز على الشعور بالضوء والمساحة.

وكان من أكبر التغييرات التي حدثت خلال هذه السنوات الابتعاد عن رؤية الزجاج كمواد للفتحات داخل الهيكل فحسب، بل كمواد للهيكل نفسه، حيث كان الهيكل الفولاذي الرفيع مدعوم حرفياً ناطحات السحاب من الجدران الزجاجية الكاملة .

و تراكمت العمارة الزجاجية (glass architecture) مع وضع أنظمة لطرق تركيب الواجهات الزجاجية وهكذا بدأت العمارة الزجاجية تأخذ دوراً كبيراً وجديداً، وفرضت الجدران الستارية في خمسينيات وستينيات القرن العشرين بتطورها صورة مختلفة عن عمارة التي قبلها .

ومن أشهر مؤيدي الطراز العالمي وطبق مبادئه بإستخدام الحديد والزجاج هو ميز فان دي رو، ويعد من الرواد في إستخدام الفولاذ والزجاج لإدخاله عليهما الكثير من التحسينات والتطويرات وهو ما أكسبها قيمةً جمالية، ويعد وأول ناطحة سحاب من الفولاذ والزجاج هو مبنى شقق ليك شور درايف (Lake shore Drive) في شيكاغو عام 1951 في أمريكا، و من أهم أعماله .
أنظر الصورة رقم (2-10) .



صورة رقم (10-2) مبنى أيك شور

المصدر: Elkadi, H. 2006.

ولميس فان دي رو أعمال أخرى التي صمّمها مع فيليب جونسون، وهي ناطحة سحاب مبنى المكاتب في نيويورك بأمر من الزجاج والبرونز والمعروفة ببناء سيغرام (Seagram) عام 1958، وهو أول النماذج التي استخدم فيها الزجاج الملون الماص للحرارة المنخفض لكسب حرارة الشمس. أنظر الصورة رقم (11-2).



صورة رقم (11-2) مبنى سفيرام (Seagram)

المصدر: Elkadi, H. 2006.

تطورت في هذا المبنى فكرة الواجهات المركبة على الهيكل مباشرة لميس فان دي رو، فأصبحت الواجهة على شكل غلاف خارجي مركب على الهيكل من الخارج على شكل ستائر تكسو المبنى من أعلى إلى أسفل من جميع الجهات بوصفها عنصراً مستقلاً، وكانت النوافذ جزءاً متمماً يسمى الآن الجدران الستائرية (Curtain Wall) ساهم بساطة هذا البناء في إلهام كثير من المعماريين ومكنتهم من ترجمة العديد من هذه الأنماط للعمل في البيئة المحلية .

وبعكس لوكوربوزييه فإن ميس فان درروه لم يكن يهتم بالشكل التصويري للمبنى بقدر إهتمامه بقدرة الضوء على إظهار المكان وإيضاح عناصره الموزعة بنظام صارم.

لقد كان ينظر إلى الضوء على أنه مصدر عالمي ليس له علاقة بمكان أو طراز معين. وكان المبنى بالنسبة له شيء يعيش أطول من الإنسان. وأن مبانيه سوف تشهد للتاريخ عما كانت عليه التكنولوجيا في عصره.

وكان مما قاله إلى تلاميذه في معهد إلينوي للتكنولوجيا "أن الغرض الذي يخدمه المبنى يتغير باستمرار وليس بوسعنا هدم المبنى ولذلك فنحن نقبل شعار لويس سوليفان صاحب العبارة المشهورة "الشكل يتبع الوظيفة" رأساً على عقب ونبني فراغاً مناسباً اقتصادياً لإمكانية تلائم الوظيفة فيه إذا تغيرت"، والنتيجة أن مبانيه تقف بهياكلها لا تتغير بينما الوظيفة فيه تتغير. هذه الهياكل يغلفها الزجاج من جميع الجهات، أي حوائط أقل وإضاءة أكثر. [العلوش، 2012] أنظر الصورة رقم (2-12) .

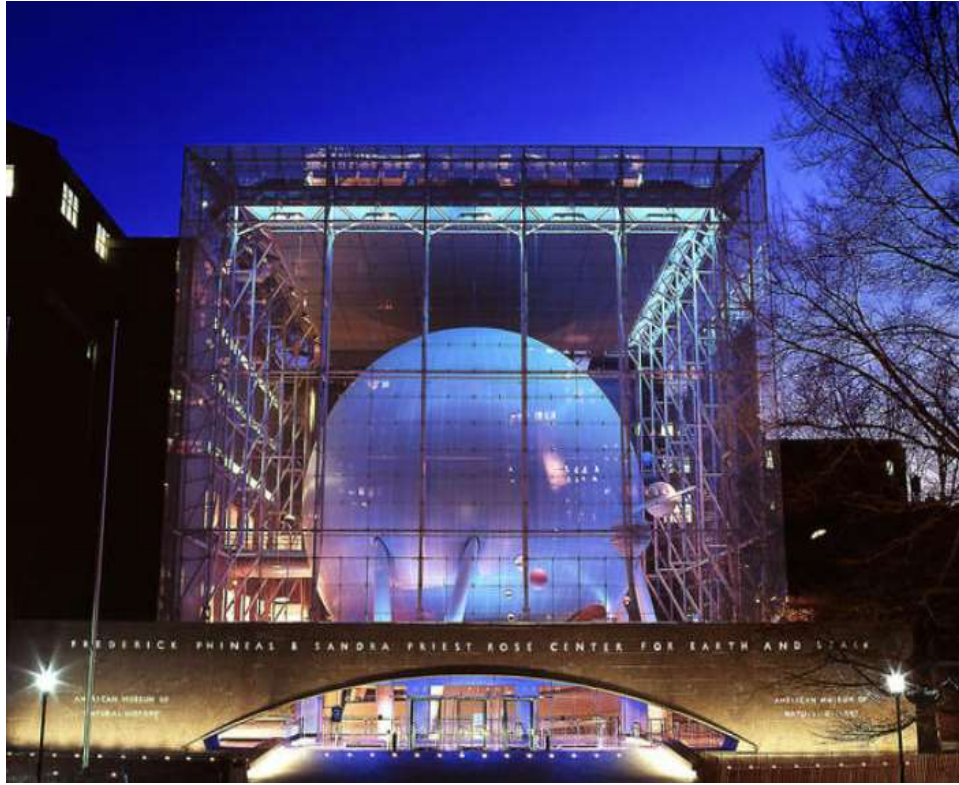


صورة رقم (2-12) صالة التاج بمعهد إلينوي للتكنولوجيا بشيكاغو عام 1952

المصدر: <http://en.wikipedia.org>، 2017

إزدهرت العمارة الزجاجية في أواخر ثمانينيات القرن العشرين من خلال أنظمة خاصة بإنشاء الواجهات الزجاجية فظهرت الجدران الستائرية كعنصر مستقل كغلاف يحيط بالمبنى من أعلاه إلى أسفله، بالرغم من سوء سمعتها لوصفها أنها تفسد المدن . ونتيجة للتطور في تقنيات المعالجة والطلاء والإهتمام بالخواص الكيميائية للزجاج وطرق تثبيته، تم إبتكار أنواع جديدة من الزجاج كالمزدوج، الزجاج العازل الحراري، زجاج التحكم في الطاقة الشمسية وغيرها.

من أعظم الإنجازات في العمارة الزجاجية في هذا القرن هو قبة (هايدن) السماوية الجديدة في المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي في مانهاتن، والتي فتحت أبوابها للجمهور في أوائل عام 2009. والتي يمكن أن تستوعب 585 شخصا. أنظر الصورة رقم (2-13).



صورة رقم (2-13) (هايدن) القبة السماوية بالمتحف الأمريكي

المصدر: 2017، timeout.com

4-2 الخلاصة :

- عند إستعراض تاريخ الزجاج يمكن تقسم مراحل تطوره الى خمسة مراحل :
- المرحلة الأولى : (من القرن الثاني عشر حتى السادس عشر) وكانت نوافذ الكاتدرائيات الملونة في العمارة القوطية أول المباني التي إحتاجت الى الزجاج للسماح بدخول الضوء.
- المرحلة الثانية : (من القرن السابع عشر حتى منتصف القرن التاسع عشر) وظهرت في مباني وظيفة، وهي المستنبتات الزجاجية بجدران زجاجية مائلة لدخول ضوء الشمس.

- المرحلة الثالثة : (من منتصف القرن التاسع عشر حتى منتصف القرن العشرين عشر) متمثلةً في ظهور الجدران الستائرية، والمباني العامة الواسعة لتحقيق وظائف التشميس والإنارة الطبيعية، كسمة للعمارة الحديثة البسيطة، بإستخدام الحديد والزجاج .
- المرحلة الرابعة : (المنصف من القرن العشرين) والتي ظهرت في تطور وإزدهار الواجهات الزجاجية خلال أنظمة خاصة بالإنشاء وتطور عمليات طلاء ومعالجة الزجاج لتحقيق أفضل الخصائص من ناحية السلامة والأمان والأداء الحرارى .
- المرحلة الخامسة : (بداية القرن الحادى والعشرين) تمثلت بظهور جيل جديد من العمارة الزجاجية بمواد متطورة من الزجاج الذكى على الأداء وملائم لعمارة بيئية مستدامة ونتيجة ظهور الحوائط الستائرية .

الفصل الثالث

معايير تصميم الواجهات الزجاجية وتوفير الراحة الحرارية

1-3 مقدمة :

بعد إستعراض تاريخ الزجاج فى العمارة وصولاً الى الجدران الستائرية فى الفصل السابق، نستعرض فى هذا الفصل أهداف ومعايير تصميم الواجهات الزجاجية، والراحة الحرارية داخل المباني الزجاجية للوصول الى المعالجات التصميمية المحسنة للأداء الحرارى للمباني، وكيف يساهم الزجاج فى خلق جو مناسب، ومن ثم دراسة كفاءة إستخدام الزجاج لحفظ الطاقة ودراسة نماذج عالمية إستخدامت الزجاج بفعالية وكفاءة محققة للأداء والأهداف المطلوبة منها .

2-3 أهداف ومعايير تصميم الواجهات الزجاجية :

تعتبر عملية تصميم الواجهات الزجاجية وماتحتويه من فتحات، مهمة جداً لتحقيق الأهداف المطلوبة، حيث تعمل الواجهات الزجاجية كغلاف مرشح لتوفير الإضاءة الطبيعية، وحجب الإشعاع الشمسى المباشر صيفاً لمنع تسخين الفراغات ، والسماح له شتاءً للتدفئة ، وزيادة الإبهار الضوئى ، لذلك يجب ان تحقق الواجهات الزجاجية الكفاءة والمرونة العالية تبعاً للفصول والظروف المناخية السائدة .

ويعد إختيار نوع الزجاج المناسب من أهم العوامل التى تحقق الأهداف المطلوبة، مع التركيز على تأثير الإشعاع عليه، بالإضافة لبعض الوظائف الأخرى غير المرتبطة بالإشعاع بشكل مباشر ولكنها تؤثر على نوع الزجاج .

1-2-3 أولاً : أهداف مرتبطة بنفاذ الاشعاع الحرارى :

أ- الأداء الحرارى للواجهة الزجاجية

1- تقليل نفاذ الحرارة صيفا للداخل

يجب أن تقلل الواجهات الزجاجية من مرور الحرارة للداخل عن طريق :

- منع نفاذ الإشعاع الشمسى المباشر بوسائل الاظلال المختلفة أو بتحسين وتطوير نوع الزجاج مع ملاحظة تأثيره المباشر على الراحة الحرارية داخل الفراغات الداخلية .
- تقليل إشعاع الزجاج وعناصر الواجهة الزجاجية للحرارة فى صورة موجات طويلة نتيجة درجة حرارة الزجاج، سواءاً بانتقال الحرارة اليه من الهواء الخارجى، أو بامتصاصه لجزء من الإشعاع الشمسى الذى يتعرض له.
- تقليل إنتقال الحرارة بالتوصيل عبر الزجاج نتيجة للفارق فى درجات الحرارة بين الداخل والخارج وهو ما يتم مقاومته باستخدام الزجاج المزدوج الذى يحصر بين لوحيه فراغاً هوائياً أو غازياً يمثل عازلاً حرارياً لإنتقال الحرارة بالتوصيل والحمل والإشعاع، مما يعطى أهمية كبيرة لخواص الإشعاعية للزجاج .

2- زيادة نفاذ الحرارة شتاءاً للداخل

وذلك بالسماح للإشعاع الشمسى المباشر بالنفاذ للداخل لفترة من اليوم تكفى لرفع درجة الحرارة وتقليل أحمال التدفئة، وكذلك تطهير الجراثيم داخل الفراغات.

- 3- تقليل نفاذ الحرارة شتاء للخارج وذلك بتقليل نفاذيه الزجاج للأشعة تحت الحمراء التي تثبتها الحوائط والاجسام الساخنة داخل الفراغ، وزيادة العزل الحرارى للزجاج .
- ب- الإضاءة الطبيعية
- 1- زيادة كمية الإضاءة الطبيعية : عادة ما يكون ذلك بزيادة نفاذ الإشعاع الشمسى المشتت من الواجهة الزجاجية أو المنعكس من الأسطح المحيطة، وذلك بهدف تقليل الطاقة المستهلكة فى الإضاءة الصناعية، وتقليل التشوه اللوني الذى تسببه، وتحقيق الحد الأدنى من الإضاءة عند انقطاع التيار الكهربى.
- 2- حسن التوزيع : عادة ما تتطلب المناطق القريبة للمستخدمين من نوافذ الواجهة الزجاجية، إستخدام معالجات مناسبة لتحسين توزيع الإضاءة داخل الفراغ .
- 3- منع الإبهار : الإبهار هو وجود سطح أو جزء من الفراغ له شدة إضاءة أعلى بكثير من باقى الأجزاء، مما يرهق العين ويسبب الشعور بالزغلة . وعادة ماتكون الواجهة الزجاجية هى أكثر الأسطح إضاءة بسبب الإشعاع الشمسى المباشر، ويمكن أن تكون مساحة الزجاج المستخدم صغيرة بحيث توفر كمية الإضاءة المطلوبة، ولكن لها شدة إضاءة عالية تسبب الإبهار، مما يعنى ضرورة زيادة مساحة الزجاج وتقليل شدة الإضاءة بحيث تحقق التوزيع الجيد وتمنع الإبهار .
- ج- الرؤية عبر الفتحات
- 1- السماح بالرؤية للخارج : يحتاج مستخدموا المبانى لرؤية الخارج لأسباب نفسية عديدة خاصة عند وجود منظر الضرورى أن تسمح النوافذ بالرؤية للخارج بقدر يتناسب مع أهمية المنظر الخارجى.
- 2- الحجب الجزئى للمنظر الخارجى : أحياناً يتم حجب جزئى للأجزاء غير المرغوب فيها والتي تشوه المنظر الخارجى .
- 3- الحماية من التطفل وحماية الخصوصية : يجب منع الرؤية من الخارج لمستخدمى الفراغ سواءاً منع كلى أو على الأقل عدم تمييز المنظر الداخلى بدقة تجرح الخصوصية .
- 4- السماح بالرؤية من الخارج : تستخدم غالباً فى المحلات التجارية والمعارض التي تحتاج لرؤية المعروضات من الخارج، فيجب تصميم الواجهة بحيث تتيح مشاهدة العرض بشكل جيد.
- 5-6-2 أهداف ووظائف الواجهة الزجاجية غير المرتبطة بالإشعاع :
- هنالك وظائف وأهداف أخرى يجب أن تحققها الواجهات الزجاجية بجانب المعالجات الإشعاعية وهي :-
- 1- التأثير على الشكل المعماري : التوافق مع الشكل وعدم التأثير سلباً على القيمة الجمالية للمبنى، والتعبير السليم عن الفلسفة المعمارية للمصمم دون فرض تعبير معين عليه .
- 2- قلة التكاليف وإقتصادات التشغيل : تقليل التكلفة الإبتدائية ومصروفات الصيانة والإستبدال والتشغيل، وإمتداد العمر الإفتراضى لمكونات الواجهة .
- 3- سهولة التصنيع والتشغيل والصيانة : سهولة تصنيع عناصر الواجهة والتركيب بالموقع وتقليل إحتياجها لمعدات معقدة للصيانة فى البيئة المحلية .

- 4- الاداء الصوتي : قدرة الواجهة على منع الضوضاء من النفاذ للداخل مع الحفاظ على خصوصية المستخدمين منع الاصوات الداخلية للخروج .
- 5- حركة الهواء : السماح بالتهوية الطبيعية وحركة الهواء بإيجابية، ومنع تسرب الهواء عندما تكون درجة حرارة غير ملائمة .
- 6- الأمن والسلامة : يجب ان تكون الواجهات الزجاجية صعبة الكسر والإقتحام لتمنع اللصوص المتطفلين من الدخول او الخروج، وأن لا تسبب جروحا وإصابات عند إنكسارها وتثبيتها جيداً حتى لا تسقط للخارج وتسبب مخاطر للمارة أسفلها .
- 7- الأهداف البيئية : تحقيق ظروف بيئية آمنة وصحية وملائمة ومريحة، مع تقليل الأثر البيئي السالب على البيئة وتقليل إستهلاك الطاقة . [الزعراني، وفكري، 2006]

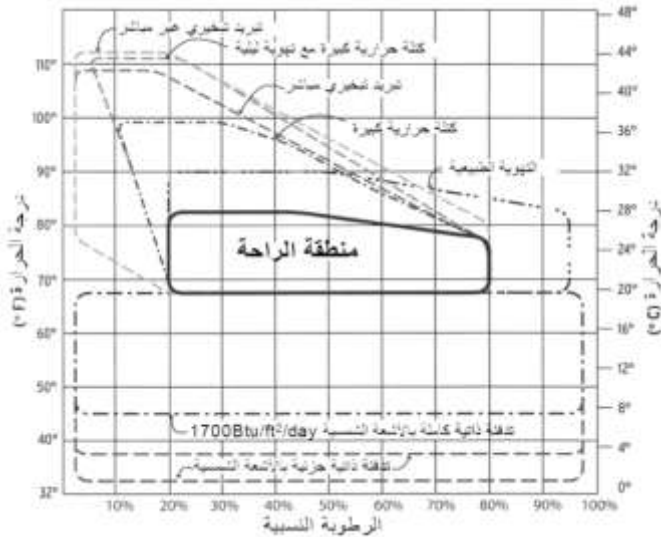
3-3 الراحة الحرارية داخل المباني الزجاجية :

1-3-3 تعريف الراحة الحرارية :

➤ تعرف الراحة الحرارية بأنها "هي حالة نفسية يشعر معها الإنسان بالرضى عن ظروف البيئة المحيطة به"، [واتسون، 1962].

وعرفها ماركوس وأولجاي : "هي حالة لا يشعر معها الإنسان بالبرد أو الحر أو يشعر بأى مضايقة نتيجة لخلل فى البيئة الحرارية"، [ماكوس، وأولجاي، 1962]

إن الشعور بالراحة فى المناطق الحارة يعتمد على عوامل عدة، هذه العوامل هي تقليل التدفق الحراري عن طريق الحمل، تأخير زمن التدفق الحراري، تطوير التهوية، تقليل الكسب الحراري من الإشعاع الشمسي، تبريد الجو العام وتبريد بخار الهواء في الغلاف الجوي . [الصياد، 1985]. والشكل رقم (1-3) التالي يوضح حدود منطقة الراحة الحرارية



شكل رقم (1-3) يوضح حدود منطقة الراحة الحرارية تبعاً لخريطة الراحة ليفيكتور أولجياي

المصدر: Olgay V.: Design with Climate, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1963

3-3-2 الأداء الحراري Thermal performance :

الأداء الحراري هو مدى إستجابة تصميم المبنى بشكله وغلافه الخارجي وعناصره للظروف المناخية المتغيره يوميا وفصليا .وكفاءة الأداء الحراري فيقصد بها العلاقة المثلى بين تصميم المبنى والأداء الحراري له، وأثر ذلك فى تقليل الطاقة المستهلكة للوصول للراحة الحرارية .

3-3-3 ويساهم الزجاج في خلق الجو المريح عن طريق ما يلي :

أ. الفاقد الحراري أو الكسب الحراري من خلال الزجاج، والذي إما أن يزيد أو يقلل من مستوى حرارة الهواء في الغرفة.

ب. التبادل الإشعاعي بين الزجاج والمستخدم. بالنسبة للمستخدم القريب من النافذة فإن حرارة سطح الزجاج الداخلي تؤثر على مستوى شعوره بالراحة نتيجة الفاقد الحراري الناتج عن طول موجات الإشعاع التي يجري تبادلها بين المستخدم والنافذة . وفي الشتاء يكون سطح الزجاج أعلى برودة من سطح الغرفة الداخلي، مما يعني سريان الفاقد الحراري من سطح جسم المستخدم، من خلال الإشعاع ذي الموجات الطويلة إلى سطح الزجاج البارد مما يعني شعور الفرد بعدم الراحة، وفي الصيف يكون سطح النافذة الداخلي أكثر سخونة نتيجة إمتصاص الإشعاع الحراري للزجاج المعشق على سبيل المثال، الذي قد يؤدي إلى إنتاج موجات إشعاع طويلة وقصيرة يجري إمتصاصها بواسطة بدن المستخدم وهي تقود بالتالي إلى شعور الفرد بعدم الراحة .[بوتون وبى،1994]

3-3-4 متطلبات الوصول بالمبنى إلى الراحة الحرارية يكون بإتباع الآتي :

- أ - إستخدام المسطحات الزجاجية التي تساعد على دخول الشمس للفراغات والتدفئة.
- ب - إستخدام الألوان القاتمة للمساعدة على إمتصاص الحرارة الداخلية.
- ج - إستخدام التهوية الطبيعية بحيث يكون لها حدود بحث لا تؤثر في الموجودين داخل المبنى.
- د - إستخدام المواد العازلة الحديثة.
- هـ - مراعاة استخدام العزل الحراري وذلك خاصة في الأسقف للمباني وفراغات المعيشة والنوم للحفاظ على أحمال التكيف الداخلي والحرارة الداخلية للمبنى. [Markus&Morris, 1996]

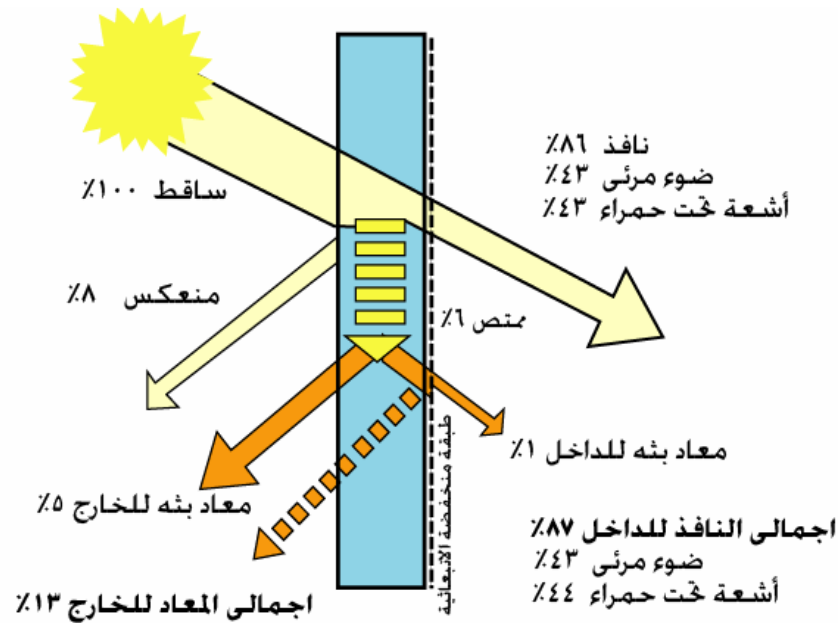
3-5 كفاءة إستخدام الزجاج :

وكانت بداية الأمثلة الرائدة فى هذا المجال فى العام 1961 م وهى مدرسة سانت جورج (St.Goerge's School) فى والأسى (Wallasey) بالمملكة المتحدة، لقد تم بها الحصول على أكبر قدر من الحرارة المطلوبة من الأشعة الشمسية عن طريق الزجاج . وإستمرت مشاريع تطوير الزجاج وإستخدامه فى مختلف أنواع المباني، وأنت بعد ذلك عدة أمثلة حول العالم لعب فيها الزجاج كبراً فى تحقيق معايير الأداء الأمثل للطاقة، إذ ساهمت المسطحات الزجاجية الكبيرة بإيجابية فى مجال توفير الطاقة لتلائم جميع المناخات

وبالرغم من أن النوافذ هى أضعف منطقة فى غلاف المبنى وتساعد فى فقد الطاقة إلا أنها ضرورية جدا من نواحى أخرى . وقد قامت عدة بحوث فى هذا المجال لتحسين فعاليتها وذلك بتطوير تقنيات الواجهات الزجاجية التى تتيح أنواع زجاج منخفض الإنبعاثية عن طريق طبقة

من الغاز الخامل كالأرجون أو غيره بين ألواح الزجاج المستخدمة، كما تم تطوير الإطارات حول ألواح بإضافة عوازل محكمة الإغلاق . [Szokolay,2004]

فأصبح من السهل منع إكتساب الحرارة بواسطة الإشعاع الشمسى وذلك بعمل كاسرات شمسية من خلال زجاج منخفض الانبعاثية (low-emission glass) تقوم بعكس الأشعة الشمسية كالمرآة . ويمكن للطبقة الهوائية بين ألواح الزجاج يمكنها أيضا أن تعمل كحاجز يحجب الحرارة، بعض الألواح يوجد بينها غشاء ينصف طبقة الهواء لتقليل الحرارة والسماح الأكبر قدر من الضوء بالمرور وحجب الأشعة فوق البنفسجية الضارة التي تسبب سرطان الجلد كما تؤثر أيضاً على الأنسجة الحية، كما يظهر فى الشكل رقم (2-3) .



شكل رقم (2-3) يوضح زجاج منخفض الانبعاثية (low-emission glass)

المصدر: Jong, Jin Kim, Sustainable Architecture Module, University of Michigan.

خلال عملية تصنيع الأغشية تستخدم مواد غير سامة لتجنب التلوث وعدم إلحاق أضرار عند تعرض هذه الأغشية للبيئة . كما يستخدم الفينيل والألمونيوم خارجياً فى الإطارات الزجاجية لقلّة احتياجهما للصيانة .

وتتيح أنظمة نوافذ الالياف الزجاجية مميزات الألمونيوم و الفينيل وتتفوق عليهما بالعمر الأطول، كما أنها لا تحتاج الى الخشب او الحديد فى الإطارات حيث تملأ الفراغات برغوة البوليسترين (polystyrene foam) لتحسين العزل، و يستخدم السيلكون بين ألواح الزجاج . وتتميز الالياف الزجاجية بإمكانية إعادة الاستخدام . وتتيح ألواح الزجاج الكبيرة إمكانية تركيبها من أسفل المبنى الى السقف مما يوفر الضوء الطبيعى بدون إكتساب الحرارة .

خضع الزجاج لتغييرات جزرية شملت الوظائف وتطبيقات الزجاج فى العمارة الحديثة، والفضل يعود الى التطوير والتحسين المستمر فى مجال العزل الحرارى والصوتى بالإشتراك مع الطرق

الحديثة في تنظيم حرارة الإشعاع الشمسي وانتقال الضوء، وبذلك عزز الزجاج موقعه في كمادة فعالة وضروية في مجال مواد البناء، وللزجاج أدوار أخرى في الجمال والسلامة وقوة التحمل، وأصبح بإستطاعة المعمارين العمل بحرية أكثر لإستخدام الزجاج في مبانيهم، لتحقيق أفضل النتائج في تحقيق المتطلبات وتوفير الطاقة والراحة الحرارية والإضاءة الطبيعية وعزل الضوضاء الغير مرغوبة وتقليل الأثار السالبة على البيئة .

3-6 نماذج عالمية لإستخدام الزجاج :

عند النظر الي الأوضاع البيئية الصارمة والكميات الكبيرة لأشعة الشمس وحرارتها ووهجها في منطقتنا، فإن هذا يعني وجود فرص ذهبية لتوظيفها وتطويرها كمصدر بديل لإنتاج الطاقة، بالإضافة إلى استغلالها في إضاءة المباني والمنشآت خلال ساعات النهار لتوفير كمية الطاقة المستهلكة في الإضاءة، والإستفادة القصوى من الزجاج وتطبيقاته، فهناك بعض التي الدول قطعت أشواطاً متقدمة في تطبيقات إستغلال الطاقة الشمسية كمصدر بديل للطاقة في المباني، بالإضافة إلى إستغلال الرياح وشلالات المياه في إنتاج الطاقة. ويوجد في الدول الصناعية الكثير من المباني الكبرى التي تجسد تلك المفاهيم التي تقلل التأثيرات السالبة على البيئة، وهنا نستعرض بعض الأمثلة العالمية المغلفة بواجهات زجاجية وحاصلة على جوائز مختلفة لكفاءة تصميمها، ومنها :

3-6-1 مبنى برج كوند ناست (Conde Nast) :

صمم المبنى بواسطة المعمارى (فوكس وفول) ومعمارين آخرين، حيث يعد أحد الأمثلة المبكرة التي طبقت مبادئ العمارة المستدامة الخضراء في مبنى حضري كبير، وقد إستعملت فيه تقريباً جميع التقنيات التي يمكن تخيلها لتوفير الطاقة. فقد استخدم المبنى نوعية خاصة من الزجاج تسمح بدخول ضوء الشمس الطبيعي وتبقي الحرارة والأشعة فوق البنفسجية خارج المبنى، وتقلل من فقدان الحرارة الداخلية أثناء الشتاء. وهناك أيضاً خليتان تعملان على وقود الغاز الطبيعي تزودان المبنى بـ (400 كيلو واط) من الطاقة، وهو ما يكفي لتغذية المبنى بكل كمية الكهرباء التي يحتاجها ليلاً، بالإضافة إلى (5%) من كمية الكهرباء التي يحتاجها نهاراً . أما الماء الحار فقد أنتج بواسطة خلايا الوقود المستخدمة للمساعدة على تسخين المبنى وتزويده بالماء الحار . بينما وضعت أنظمة التبريد والتكييف على السقف كمولد غاز أكثر من كونها مولد كهربائي، وهذا يخفف من فقدان الطاقة المرتبط بنقل الطاقة الكهربائية . كما أن اللوحات الضوئية (Photovoltaic Panels) الموجودة على المبنى من الخارج تزود المبنى بطاقة إضافية تصل إلى (15) كيلو واط . وداخل المبنى تتحكم حساسات الحركة بالمرآح وتطفىء الإضاءة في المناطق قليلة الإشغال مثل السلالم . أما إشارات الخروج فهي مضاءة بلوحات خفيفة مخفضة لإستهلاك الطاقة. والنتيجة النهائية هي أن المبنى يستهلك طاقة أقل بنسبة (35-40%) مقارنة بأي مبنى تقليدي مماثل . أنظر الصورة رقم (3-1) .



صورة رقم (1-3) توضح مبنى برج كوند ناست

المصدر: <http://images.gawker.com,2017>

2-6-3 مبنى برج (The Swiss Re Tower) :

يقع البرج في مدينة لندن ويتكون من (41 طابقاً) ، صمم بواسطة المعماري نورمان فوستر وشركاه، و الشيء الرائع في هذا المبنى ليس شكله المعماري الجميل فحسب ولكن كفاءته العالية في إستهلاك الطاقة، فتصميمه المبدع والخلاق يوفر إستهلاك الطاقة بحد يصل إلى (50%) من إجمالي الطاقة الذي تستهلكه بناية تقليدية مماثلة. ويتجلى غنى المبنى بمزايا توفير الطاقة في إستعمال الإضاءة والتهوية الطبيعية بكل كفاءة. وتتكون واجهة المبنى من طبقتين من الزجاج (الخارجية منها عبارة عن زجاج مزدوج)، والطبقتان تحيطان بتجويف مهوى بالستائر الموجهة بالحاسب الآلي. كما أن نظام حساسات الطقس الموجود على المبنى من الخارج يراقب درجة الحرارة وسرعة الرياح ومستوى أشعة الشمس، ويقوم بغلق الستائر وفتح لوحات النوافذ عند الحاجة. أما شكل المبنى فهو مصمم بحيث يزيد من إستعمال ضوء النهار الطبيعي، ويقلل من الحاجة للإضاءة الإصطناعية، ويتيح مشاهدة مناظر خارجية طبيعية حتى لمن هم في عمق المبنى من الداخل . أنظر الصورة رقم (2-3) .



صورة رقم (2-3) برج (The Swiss Re Tower)

المصدر: <https://www.e-architect.co.uk,2017>

3-6-3 برج الحرية (Freedom Tower) :

وهو المبنى الأخضر الأكثر شهرة وهو موجود مؤقتاً على "لوحة الرسم" لحين إكمال مراحل إنشائه وهو الذي سيتم بناؤه في الموقع السابق لمبنى مركز التجارة العالمي في نيويورك. صمم بواسطة المعماريون سكيدمور وأوينجز وميريل وإستوديو دانيال ليبسكيند (Skidmore, Owings & Merrill and Studio Daniel Libeskind). حيث قاموا بدمج مزايا التصميم البيئي في جميع أرجاء المبنى الضخم. وسيحوي البرج الرئيس والذي سيرتفع (1.776 قدم) الألواح الشمسية بالإضافة إلى محطة طاقة هوائية (تعمل على الرياح)، التوربينات يتوقع أن تولد حوالي (1 ميغا واط) من الطاقة، وهو ما يكفي لتغذية البرج بنسبة (20%) من إحتياجه المتوقع من الطاقة. ومثل المباني الخضراء الأخرى فإن البرج سيعتمد على الإضاءة والتهوية الطبيعيين، بالإضافة إلى أنظمة وعناصر الإنارة ذات الكفاءة العالية في إستهلاك الطاقة. أنظر الصورة رقم (3-3) .



صورة رقم (3-3) توضح برج الحرية (Freedom Tower)

المصدر : <https://cdn.vox-cdn.com,2017>

3-6-4 برج ميسينياجا (Menara Mesiniaga) :

وهو من تصميم المعماري كين يانج (Ken Yeang) عام 1992، يقع المبنى في سبانج جايا (Subang Jaya) قرب كوالالمبور بماليزيا، ويعكس مبادئ وخبرة المصمم في العماره البيومناخيه (العماره الخضراء)، فالمبنى يعتبر كنموذج طبق قواعد العماره الماليزيه التقليديه والقواعد الحديثه على التوازي، كما يعتبر كنموذج مشرف للمباني المرتفعه الصديقه للبيئه، يعكس العلاقه القويه بين المبنى والمناخ والمساحات الخضراء، إذ يمكن توجيه المبنى لان يولد الطاقه بدلاً من إستهلاكها . أنظر الصورة رقم (3-4) .



صورة رقم (3-4) توضح برج ميسينياجا (Menara Mesiniaga)

المصدر: <https://3.bp.blogspot.com,2017>

أ- **مكونات المبنى** : يحتوي على ساحه دخول كبيره لعرض المنتجات، قاعات دراسيه، غرف جلوس، غرفه صلاه، كافيتيريا، مطبخ وخدمات اداريه، كراج سيارات اسفل المبنى وبدروم .

ب- **بيانات تقنيه** : يرتفع المبنى 63 متراً، ويتكون من طابق أرضي وأربعة عشر طابقاً وهو ذو مسقط دائري، وهيكلاً من أعمده فولاذيه تحمل بلاطات الارضيات الخرسانيه المثبتة على جمالونات فولاذيه . بمساحه طوابق إجماليه تقدر بحوالي 6503 متر مربع .

ج- **الفكره الرئيسي للمبنى** : حديقته سطح لوصل المبنى بالارض، تعمل كفراغ اجتماعي وتحتوي على بركه سباحه وجمنازيوم ومسطحات خضراء وتشجير يستمر لأعلى لتوليد الاكسجين و تبريد المبنى وتشمل :

- مسطحات خضراء لولبيته ترتفع على واجهه المبنى لاعطاء اطلاله للعاملين
- مسطحات خضراء مائله ومنحدره في الادوار السفليه لربط الطبيعه بالادوار العلويه
- نوافذ غاطسه في الواجهات الشرقيه والغربيه مزوده بكاسرات شمس من الالومينيوم
- حوائط زجاجيه Curtain Walls في الواجهات الشماليه والجنوبيه، أنظر الصورة رقم (3-5) .



صورة رقم (3-5) توضح برج ميسينياجا (Menara Mesiniaga)

المصدر : <https://mw2.google.com>, 2017

تم تجميع الخدمات الرئيسييه في الواجهه الشرقيه الحاره المعرضه للشمس لتوفير الحمايه للفراغات الداخليه من أشعه الشمس القويه وللسماح بالتهويه الطبيعيه للسلام والمساعد ودورات المياه والممرات، مع أستخدام كاسرات شمسيه في جانب المبنى المعرض للشمس، كما للمبنى شرفات خارجيه وأفنيه معلقه تلتف بشكل حلزوني حول الواجهات لتوفير التهويه الطبيعيه للفراغات الداخليه، وبذلك يوفر المبنى سنويا مايقارب 13590 دولار فقط من التهويه والتبريد . ويوجد نظام لتجميع مياه الامطار على السطح.

لقد تميز هذا المشروع بمعالجات مناخيه جريئه ومدروسه بعناية في منطقه ذات مناخ استوائي وبأساليب غير تقليديه وتنم عن وعي بيئي راقى، وتجعله نموذجا للمباني المرتفعه الصديقه للبيئه والتي تبني في البيئات الحضريه ذات المناخ الحار الرطب .

3-6-5 بنك الإستثمار الأوروبى (European Investment Bank) :

يمثل المبنى رئاسة بنك الإستثمار الأوروبى بمدينة لوكسمبورغ (Luxembourg)، وقد إكتمل بناءه فى عام 2008، تغطى المبنى واجهه زجاجيه بإرتفاع 35 متراً وعرض 170 متراً، وبماحة تبلغ 11.000 ألف متر مربع . وقد تم إستخدام زاج مزدوج مصمم خصيصاً له، ومعلق على أبيام فولازيه معلقه منحنيه . حيث تسمح القشرة الزجاجيه الخارجيه بأقصى إضاءة طبيعيه

ممكنة لكل فراغ مكتبي داخل المبنى، وتعمل أيضاً على العزل الحرارى وتقليل إستهلاك الطاقة للحدود الدنيا، كما توجد به حدائق شتوية توفر التهوية الطبيعية. ويمثل المبنى أول مبنى فى أوربا يحصل على المعايير الجيدة لل (BREEAM) ويحصل على شهادة (BESPOKE) والالتزام بالتشريعات والقوانين والإرادات المطلوبة. أنظر الصورتين رقم (6-3) و(7-3).



صورة رقم (6-3) توضح بنك الإستثمار الأوروبى

المصدر : <http://www.dorma-hueppe.com,2017>



صورة رقم (7-3) توضح بنك الإستثمار الأوروبى من الداخل

المصدر : <https://i0.wp.com/secondreading.uk,2017>

3-6-6 مبنى ريجون رون اليبس (Region Rhone Alpes) :

وهو مبنى مكتبي للحكومة المحلية في مدينة ليون بفرنسا، إكتمل بناؤه في عام 2011، إستخدمت فيه الواجهات الزجاجية بكل الإتجاهات، وحتى السقف والممرات أيضاً إستخدم فيها الزجاج لوصول الضوء الى الفراغات الداخية بحرية أكبر . حول هذا المبنى توجد عدة مباني إستخدمت فيها المسطحات الزجاجية الكبيرة، وهذا التطوير الحضري سمي بالملتقى (Confluence) لتصور المجاورة الخضراء لكل المباني لتقابل أكثر المعايير والإستراتيجيات في كفاءة إستخدام الطاقة . وقد حاز المبنى على جائزة (HQE) وهي جائزة فرنسية لأعلى معايير الأداء البيئي (High Environmental Performance) . أنظر الصورتين رقم (3-8) و(3-9) .



صورة رقم (3-9) توضح مبنى ريجون رون اليبس

المصدر: <http://17.alamy.com,2017>



صورة رقم (3-10) توضح مبنى ريجون رون اليبس من الداخل

المصدر: <https://farm8.staticflickr.com,2017>

3-6-9 مبنى تيفكن اوز ليفنت (Tefken Oz Levent) :

يوجد بمدينة إسطنبول بتركيا وهو مبنى مكتبي، وقد اكتمل العمل به في عام 2011، وتجمع فيه الواجهات الزجاجية المزدوجة المستخدمة في هذا المبنى بين خصائص الزجاج منخفض الانبعاثية وزجاج التحكم الشمسي، وذلك لتقليل فقد الطاقة في فصل الشتاء وإكتسابها في فصل الصيف، وقد استخدم زجاج عالي النقاء للإستفادة القصوى من الضوء الطبيعي بقدر الإمكان للفراغات الداخلية، وتقليل الحاجة للإضاءة الإصطناعية. وقد حاز المبنى على جائزة ال(LEED) الذهبية. أنظر الصورة رقم (3-10)، التي توضح المبنى



صورة رقم (3-10) توضح مبنى تيفكن أوز ليفنت

المصدر: <http://www.cevredostu.com,2017>

3-6-10 مبنى مين بوينت كارلين (Main Point Karlin) :

يقع المبنى بمدينة براغو (Prague) بجمهورية التشيك (Czech Republic)، حيث تم انهاءه في شهر أغسطس في العام 2011. يتفرد المبنى بواجهة زجاجية مزدوجة تجمع بين مميزات الزجاج المزود بطبقة قليلة الانبعاثية وزجاج يتحكم بفعالية في الإشعاع الشمسي، وذلك بهدف تقليل فقد الحرارة بفعالية كبيرة شتاً وتقليل إكتسابها صيفاً بنفس القدر من الفعالية مما ساعد المبنى بكفاءة في الحصول على الجائزة البلاتينية حسب معايير ال (LEED) الأمريكية. وساعده تفرده ذلك في الحصول أيضاً على الحصول على جائزة ال (MIPIM) عام 2012 كاحسن مبنى مكتبي لتطوير الأعمال (Best Office and Business Development).

أنظر الصورتين رقم (11-3) و(12-3) .



صورة رقم (11-3) توضح مبنى مين بوينت كارلين

المصدر: <http://www.psj.cz>, 2017



صورة رقم (12-3) توضح مبنى مين بوينت كارلين

المصدر : <http://www.psjinvest.cz>, 2017

3-7 الخلاصة :

يمكن تلخيص أهداف ومعايير تصميم الواجهات الزجاجية في نوعين من الأهداف هما :

أ- أهداف مرتبطة بالإشعاع الحرارى

- الأداء الحرارى الجيد للواجهة الزجاجية بتقليل نفاذ الحرارة صيفا للداخل وزيادة نفاذ الحرارة شتاء للداخل وتقليل نفاذ الحرارة شتاءً للخارج، بهدف تقليل درجة الحرارة الإشعاعية وأحمال التبريد والإبهار.
- توفير الإضاءة الطبيعية عن طريق زيادة كمية الإضاءة الطبيعية وحسن التوزيع ومنع الإبهار، لتوفير الطاقة وتحسين الرؤية وراحة العين، وإظهار الألوان وتفادي الإبهار .
- تحسين الرؤية عبر الفتحات والسماح بالرؤية للخارج والحجب الجزئى للمنظر الخارجى والسماح بالرؤية من الخارج، لتوفير الخصوصية والترويج للسلع والأنشطة التجارية .

ب- أهداف غير مرتبطة بالإشعاع

- التأثير على الشكل المعماري والتوافق مع الشكل، وعدم التأثير سلباً على القيمة الجمالية للمبنى، والتعبير السليم عن الفلسفة المعمارية للمصمم دون فرض تعبير معين
- تقليل تكاليف التشغيل وتقليل التكلفة الإبتدائية ومصروفات الصيانة والإستبدال والتشغيل، لإطالة العمر الافتراضى لمكونات الواجهة .
- سهوله التصنيع والتشغيل والصيانة لعناصر الواجهة وسهولة التركيب بالموقع، مع تقليل الإحتياج للمعدات المعقدة فى الصيانة فى البيئة المحلية .
- تحسين قدرة الواجهة على الاداء الصوتي الجيد، ومنع الضوضاء من النفاذ للداخل والعكس لتوفير الخصوصية و توفير الراحة الصوتية .
- توفير التهوية الطبيعية عبر حركة الهواء، و منع تسرب الهواء عند درجة الحرارة غير الملائمة
- توفير الأمن والسلامة وتقليل المخاطر والإصابات، وتحقيق بيئة آمنة وصحية وملائمة ومريحة وتقليل الأثر البيئي .

ويعتمد توفير الراحة في المناطق الحارة يعتمد على عدد من العوامل تتمثل في :

- 1- تقليل التدفق الحراري عن طريق الحمل . 2- تأخير زمن التدفق الحراري
 - 3- توفير التهوية الطبيعية وتبريد الجو العام . 4- تقليل الكسب الحراري من الإشعاع الشمسي.
- وللزجاج أدوار أخرى بجانب الجمال والسلامة وقوة التحمل، إذ أصبح بإستطاعة المعمارين العمل بحرية أكثر لإستخدام الزجاج فى مبانيهم، لتحقيق أفضل النتائج فى تحقيق المتطلبات وتوفير

الطاقة والراحة الحرارية والإضاءة الطبيعية وعزل الضوضاء الغير مرغوبة وتقليل الأثار السالبة على البيئة، ومن هذه الأمثلة السابقة نستخلص الأتى :

- يمكن التحكم فى الإشعاع الشمسى بفعالية، وتقليل فقد الحرارة بفعالية كبيرة شتاً وتقليل إكتسابها صيفاً بنفس القدر من الفعالية، عن طريق إستخدام واجهة زجاجية مزدوجة مزودة بطبقة قليلة الإنعاثية مما يساعد على تحقيق كفاءة المبنى .
- يوفر إستخدام الزجاج عالى النقاء الإستفادة القصوى من الضوء الطبيعى بقدر الإمكان للفرغات الداخلية بحرية أكبر، وتقليل الإضاءة الإصطناعية، وذلك بإستخدام واجهات زجاجية بكل الإتجاهات، وحتى السقف والممرات، مما يحقق أعلى معايير وإستراتيجيات إستخدام الطاقة .
- يمكن تطبيق قواعد العماره التقليديه والقواعد الحديثه على التوازي، وذلك بعكس علاقه القويه بين المبنى والمناخ والمسطحات بدمج مزايا التصميم البيئى في جميع أرجاء المبنى .
- يوفر الإعتماد على الإضاءة والتهوية الطبيعيتين، بالإضافة إلى أنظمة وعناصر الإنارة ذات الكفاءة العالية فى إستهلاك الطاقة، ويمكن أيضاً توجيه المبنى لان يولد الطاقه بدلاً من إستهلاكها بإستخدام الألواح الشمسية والطاقة هوائية .
- يحقق الشكل المعماري الجميل الكفاءة العالية فى إستهلاك الطاقة فى المباني الحديثه، من خلال التصميم المبدع والخلق مما يوفر إستهلاك الطاقة بحد كبير، كما أن تصميم شكل المبنى يمكن أن يزيد من ضوء النهار الطبيعى، ويتيح مناظر خارجية طبيعية للداخل .
- إستعمال التقنيات الحديثه كالستائر الموجهة بالحاسب الآلي ونظام حساسات الطقس على المباني من الخارج لمراقبة درجة الحرارة وسرعة الرياح ومستوى أشعة الشمس والتحكم بها، توفيراً كبيراً للطاقة مقارنة بأي مبنى تقليدي .
- يحقق إستخدام نوعيات خاصة من الزجاج للسماح بدخول ضوء الشمس الطبيعى وبقاء الحرارة والأشعة فوق البنفسجية خارج المبنى، مما يقلل فقدان الحرارة الداخلية فى فصل الشتاء والعكس فى فصل الصيف .

الفصل الرابع أنواع الزجاج وتقنيات استخدامه في الواجهات

1-4 مقدمة :

بعد التعرف على أهداف ومعايير تصميم الواجهات الزجاجية، والراحة الحرارية داخل المباني الزجاجية في الفصل السابق، يستعرض في هذا الفصل تقديم خلفية علمية عن الإشعاع الشمسي وكيفية نفاذه من الزجاج، لفهم آلية عمل الزجاج، ومعرفة أهم أنواع الزجاج المستخدم في المباني ومعرفة خواصه ومميزاته وعيوبه، وأهم التقنيات المستخدمة في الواجهات الزجاجية الستائرية ومعرفة أنواعها ومميزاتها، لتحقيق استخدامه بالطريقة الأمثل .

تعتبر الواجهات الزجاجية هامة للغاية سواءً من ناحية وظيفتها المعمارية لرؤية المنظر الخارجي وتحقيق الإتصال البصري حيث الداخل والخارج، أو من ناحية وظيفتها البيئية من خلال المساعدة في التهوية الطبيعيه ودخول أشعة الشمس والتحكم في الضوضاء .

وقد أخذ الزجاج قدراً كبيراً من التطوير الدائم والتحديث في تقنيات صناعته بواسطة كبرى الشركات العالمية، ونتيجةً لتطور التكنولوجيا في صناعة الزجاج فقد تم إنتاج أنواع مختلفة ذات أهمية كبيرة في ترشيد إستهلاك الطاقة الطاقة في المباني، فالحرارة تنتقل خلال الزجاج بالإشعاع المباشر وأيضاً بالتوصيل خلال الزجاج نتيجةً للفرق في درجات الحرارة . ويتم التحكم في سريانها بطرق ثلاث وهي:

✓ خفض الإنتقالية الحرارية (U value).

✓ خفض معامل إظلال الزجاج، (SHGC).

✓ التحكم في نفاذية الضوء عن طريق تكنولوجيا الأغشية الرقيقة.

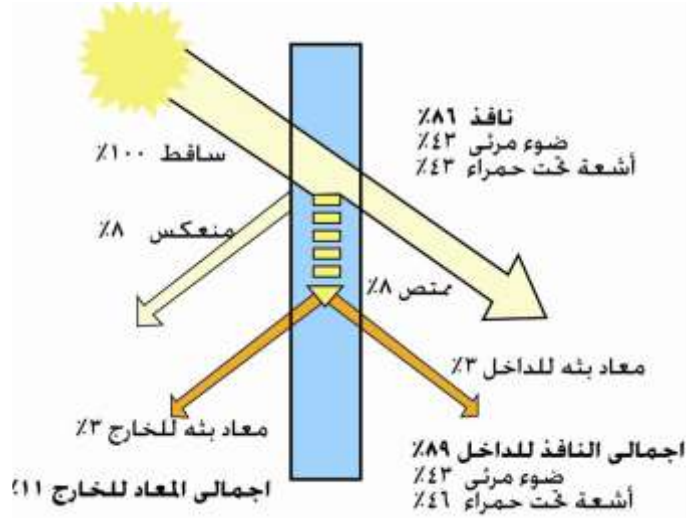
ولذلك لا بد من دراسة آلية إنتقال الحرارة عبر الألواح الزجاجية لمعرفة الفروق بين كل نوع وآخر من الناحية الحرارية . لان نسبة من الأشعة الشمسية تنعكس للخارج، ونسبة يمتصها الزجاج نفسه، ونسبة تنفذ للداخل حسب نوع الزجاج المستخدم .

تتكون أشعة الشمس (Solar Spectrum) من عدة أشعة بأطوال موجية مختلفة منها الأشعة فوق البنفسجة (Ultra Violet) و الضوء المرئي (Visible Light) والأشعة تحت الحمراء (Infra-Red) وكل نوع زجاج له سلوك مختلف تجاه كل نوع من الأشعة أعلاه .

ويعد أفضل نوع زجاج هو الذي يسمح للضوء المرئي بالدخول ويمنع الأشعه فوق الحمراء وتحت البنفسجة من الدخول الى الداخل. [Evans,1985]

2-4 نفاذ الإشعاع في الزجاج :

يمثل الإشعاع الشمسي جزءاً من الإشعاع الكهرومغناطيسي، وعند مروره عبر الألواح الزجاجية توجد خمسة خواص فيزيائية تحدد كيفية نفاذ الأشعة منه، وهي كالاتي :الانعكاس الخارجى، الإمتصاص والتشتيت، الانعكاس الداخلى، النفاذ إلى الفراغ وإعادة بث الإشعاع الحرارى . أنظر الشكل رقم (1-4) .



شكل رقم (1-4) سلوك الإشعاع الشمسي على الزجاج العادي

المصدر: د.الزعراني، و أ.م.د.فكري،الزجاج ذو النفاذية الاختيارية للإشعاع الشمسي مدخل للتصميم البيئي للفتحات الخارجية في المباني، مؤتمر قسم الهندسة المعمارية، ٢٠٠٦

1-2-4 الانعكاس الخارجي External Reflection :

عند سقوط الشعاع الشمسي على سطح لوح الزجاج ينعكس جزء منه بينما ينفذ الباقي إلى داخل الزجاج، فينعكس جزء منه من السطح الداخلي للزجاج، وتتوقف النسبة المنعكسة على معامل إنكسار الزجاج وزاوية السقوط، حيث تزيد النسبة المنعكسة بزيادة كل منهما.

2-2-4 الامتصاص Absorption :

الإشعاع الذي ينفذ من السطح الأول فيمتص ويتشتت جزء منه داخل، وتزيد النسبة الممتصة إلى الضعف عند زيادة سمك الزجاج، وتتحول إلى حرارة تسخن الزجاج ثم تنتقل من الزجاج بالتوصيل والإشعاع في صورة أشعة حرارية.

3-2-4 الانعكاس الداخلي Internal Reflection :

يصل الشعاع الذي لم يمتص إلى السطح الداخلي للزجاج فينفذ جزء منه إلى الفراغ الداخلي، وينعكس جزء آخر مرة أخرى ليدخل في سلسلة من الانعكاسات الداخلية.

4-2-4 إعادة بث الإشعاع الحراري :

يتحول الإشعاع الممتص إلى حرارة تسخن الزجاج ثم يعاد نقلها من الزجاج بالتوصيل وبالإشعاع في صورة أشعة حرارية (تحت حمراء)، فيتجه جزء من الشعاع للخارج وجزء للداخل.

5-2-4 النفاذ إلى الفراغ :

تتفد نسبة من الإشعاع الذي نجا من الإنعكاس والامتصاص إلى داخل الفراغ، وبالنسبة للزجاج الأبيض العادي يكون نصف هذا الشعاع تقريبا من الضوء المرئي بنسبة تبلغ (٤٧%) ونصفه من الأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية بنسبة تبلغ (٥٣%)، وكلما كانت نسبة النفاذ من الضوء المرئي أكبر، كلما كان أداء الزجاج أفضل. [الزعراني، وفكري، 2006]

3-4 أهم أنواع الزجاج المستخدم فى واجهات المباني لتوفير الراحة الحرارية : 1-3-4 الزجاج المسطح flat glass :

هنالك عدة أنواع من الزجاج المسطح منها :

أ- الزجاج المعوم float glass : بدأت طريقة تصنيعه فى عام 1959، وهو زجاج شفاف ملون أو غير ملون، يستعمل فى الأماكن التى تحتاج الى رؤية مثالية، ويتميز بفاعلية كبيرة فى إنتقال الضوء ويستعمل فى تطبيقات البناء والأثاث والديكور . أنظر الصورة رقم (1-4) .



صورة رقم (1-4) توضح الزجاج المعوم

المصدر: 2017، <http://www.robertkashouhco.com>

ب- الزجاج المطبوع Printed glass : هو زجاج مسطح معتم ملون أو غير معلم به نقوش بعدة أشكال، يستخدم فى المباني والأثاث والديكور . أنظر الصورة رقم (2-4) .



صورة رقم (2-4) توضح الزجاج المطبوع

المصدر: 2017، <https://i.pinimg.com>

2-3-4 زجاج الأمان Safety glass :

يصنع عن طريق إلصاق شرائح من مادة بلاستيكية بأخرى من زجاج معوم مسطح، الواحدة بعد الأخرى، ويستعمل هذا الزجاج المصفح عندما يخشى أن يحدث الزجاج المتطاير إصابات خطيرة وينقسم الى نوعين هما

أ- الزجاج المخلوط Tempered glass: هو زجاج معوم معالج حرارياً (يسخن بسرعة ويبرد بسرعة)، مما يجعله مقاوماً للكسر، وعند انكساره ويتشقق إلى قطع صغيرة ذات حواف غير حادة. أنظر الصورة رقم (3-4). [www.trosifol.com,2017].



صورة رقم (3-4) توضح الزجاج المخلوط
المصدر: <http://www.njuskalo.hr,2017>

ب- الزجاج المرقق Laminated glass: يتم تصنيع الزجاج الرقائقي عن طريق دمج طبقتين أو أكثر من طبقات من الزجاج جنباً إلى جنب بينهما غشاء بلاستيكي يسمى (رغوة البولي فينيل البلاستيكي plastic Polyvinyl Butyral) تحت الحرارة والضغط، لإنشاء وحدة واحدة من الزجاج مما يزيد من صلابته ويدعمه ضد الكسر، يمكن أيضاً إعطاء الزجاج خاصية عزل الصوت وتقليل الضوضاء، كما يوفر الحماية من الأشعة فوق البنفسجية
أنظر الصورة رقم (4-4). [https://ar.wikipedia.org,2017]



صورة رقم (4-4) توضح الزجاج المرقق
المصدر: <http://www.romag.co.uk,2017>

3-3-4 الزجاج الصوتي Acoustic glass :

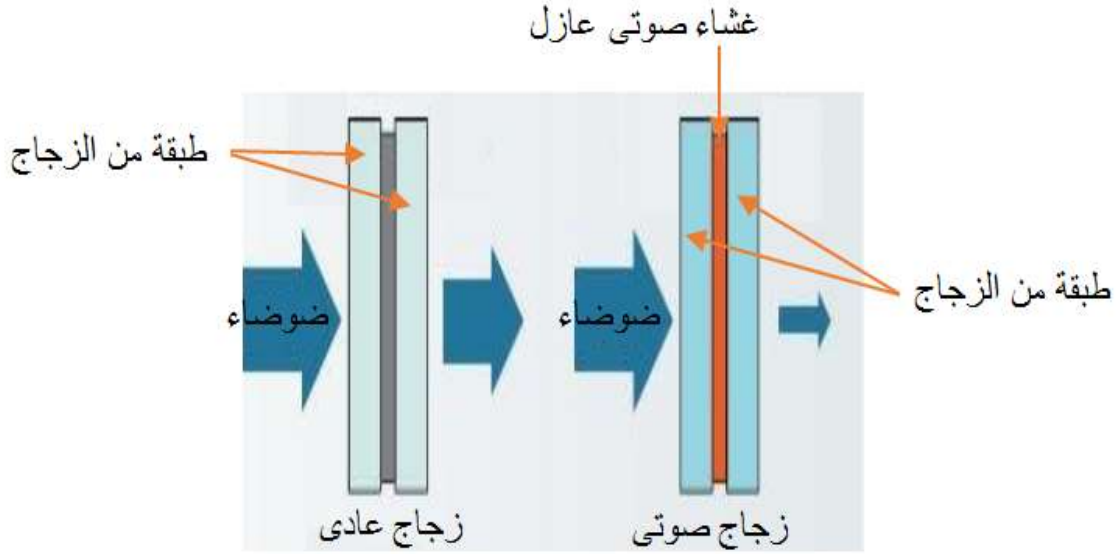
هو زجاج يمنع مرور الضوضاء من بيئة إلى أخرى، و يستخدم في البيئة ذات الضوضاء العالية كالمطارات أو الطرق السريعة لتحقيق الراحة الصوتية. أنظر الصورة رقم (5-4).



صورة رقم (4-5) توضح الزجاج الصوتي

المصدر: 2017. <https://cache.vanderbiltindustries.com>

والشكل رقم (4-2) التالي يوضح طريقة عمل الزجاج الصوتي .



شكل رقم (4-2) يوضح الزجاج الصوتي

المصدر: 2017. <http://www.glassforeurope.com>

4-3-4 الزجاج الصوتي الرقائقي Acoustic Laminated glass : لم يتم إنتاجه تجاريا إلا في اليابان والصين، ولسماكته القليلة قدم العديد من الإمكانيات المعمارية الجديدة في مجال الحفاظ على المباني والعمارة التاريخية، حيث يمكن له أن يحل محل الزجاج الفردي التقليدي الذي يكون أقل كفاءة في استخدام الطاقة، أنظر الصورة رقم (4-6). [Lee,2005].



صورة رقم (4-6) توضح الزجاج الصوتى الرقائقى

المصدر: <http://www.eclat-digital.com>, 2017

4-3-5 زجاج مزدوج أو معزول (Double glass or insulating glass) :

يتكون الزجاج العازل أو الزجاج المزدوج من عنصر زجاجي من طبقتين أو أكثر من الزجاج الذي يفصل بينهما فاصل على طول الحافة ومغلقة بإحكام لخلق مساحة جوية بين الطبقات. هذا النوع من الزجاج لديه وظائف العزل الحراري والحد من الضوضاء، وتحقيق مبادئ تصميم العمارة المستدامة للمباني، ويمكن تجهيزه بستائر داخلية تضىء تأثيرات الجمالية. أنظر الصورة رقم (4-7).



صورة رقم (4-7) توضح الزجاج المزدوج

المصدر: <https://sc01.alicdn.com>, 2017

والشكل رقم (4-2) التالى يوضح طريقة عمل الزجاج الصوتى



شكل رقم (3-4) يوضح الزجاج المزدوج

المصدر: <https://is.alicdn.com,2017>

6-3-4 الزجاج الملون Coloured glass :

تلوين الزجاج هو عملية صب أو سكب الألوان الممزوجة بالمواد الكيميائية على سطح الزجاج، لتكوين طبقة من الزجاج الملون سمكها لا يزيد عن مليمترين، وتدعم بإضافة مادة مطاطية لاصقة. وتتم هذه العملية وفق معادلة كيميائية معينة وفي وسط حراري عالي نسبياً . أنظر الصورة رقم (8-4) .



صورة رقم (8-4) توضح الزجاج الملون

المصدر: <https://esguk.files.wordpress.com,2017>

وهناك نوعين من الزجاج الملون هما :

أ- الزجاج المطلى Painted glass : يتم إنتاجه من زجاج معوم، مطلى بنوع خاص من الطلاء عند تصنيعه، ولتعدد ألوانه يستخدم في الأثاث والمباني والمحلات والمتاحف، ويمكن أن تتم عملية التلوين أو الرسم باستخدام الفرشاة و الألوان التقليدية، ويستخدم هذا النوع من الزجاج في الزخرفة الداخلية و الفواصل، ومن مميزات أنه يتيح : أولاً : مشاهد تشكيلة لونية غير محدودة مما تضيفي بريقاً وجمالاً عليه .

ثانياً : هذه العملية يمكن أن تتم على أي من سماكات الزجاج المختلفة وعلى أي مقاس .

أنظر الصورة رقم (9-4) .



صورة رقم (9-4) توضح الزجاج المطلي

المصدر: <http://www.glasscentre.ie>, 2017

ب- الزجاج المطبوع Printed-Screen glass : هو نوع من الزجاج تغطي أحد طرفية تصاميم ديكورية دائمة . أنظر الصورة رقم (10-4) .



صورة رقم (10-4) توضح الزجاج المطبوع

المصدر: <https://i.pinimg.com>, 2017

7-3-4 زجاج خاص Special glass :

ينتج عن طريق تقنيات متقدمة جدا بواسطة طبقات وأغشية دقيقة جداً من مواد متنوعة، مما يضيف بعض الخواص والأبعاد والمميزات الجديدة، وذلك حسب الإستخدام والبيئة المعنية .

8-3-4 زجاج التحكم الشمسي Sun Protection glass :

يتم إستخدامه للتقليل من إكتساب الحرارة الشمسية ويساعد على التحكم في الوهج، في مناطق محددة من المبنى كالأوجهات الزجاجية والنوافذ والبلكنات لتغطيتها، وتوفير بيئة أفضل وتحقيق الكفاءة في إستخدام الطاقة، يمكن إستخدامه أيضاً للسيطرة على الأشعاع الشمسي مع مستويات عالية من الضوء الطبيعي، ولتقليل تكاليف تكييف الهواء . و يمكن أن يكون زجاج التحكم الشمسي خاصة في حالة كسب

الحرارة الشمسية غير المبررة مشكلة كبيرة بسبب الواجهات الكبيرة والممرات الزجاجية . أنظر الصورة رقم (11-4) .



صورة رقم (11-4) توضح الزجاج التحكم الشمسي
المصدر: <https://sourceable.net,2017>

9-3-4 الزجاج ذاتي التنظيف Self-Cleaning glass : هذا النوع من الزجاج مطابق تماماً للزجاج العادي لضمان الرؤية الواضحة في كل الظروف حتى في الجو الماطر، يمتاز بمتانتته العالية التي لا تقل مع مرور الزمن، يستخدم دائماً في الأجزاء الخارجية من المباني كالواجهات والبلكنات ومناطق التلوث العالي . أنظر الصورة رقم (12-4) .



صورة رقم (12-4) توضح الزجاج ذاتي التنظيف
المصدر: <https://www.saint-gobain.com,2017>

10-3-4 الزجاج قليل الانعكاس Low Reflection glass : هو زجاج معوم مسطح مغطى بطبقة رقيقة من المعادن لتقليل أثر الشمس، واستخدام طبقة المعدن يعطي الزجاج خاصية عدم الشفافية من جهة الطبقة حيث لا يمكن الرؤية من خلال الزجاج خلال النهار بسبب عكس الزجاج للأشعة، يستخدم في المعارض والمتاحف والأماكن التي تحتاج الى عدم التأثر بالظلال والضوء المنعكس من الزجاج . أنظر الصورة رقم (13-4) . [Silver, McLean,2008].



صورة رقم (4-13) توضح الزجاج قليل الإنعكاس
المصدر: <http://images.glassinchina.com,2017>

4-3-11 الزجاج متعدد الإنعكاس Multi-Reflection glass : أستخدمت الشرائح المعدنية يمكن التحم في خصائصها الضوئية في تصنيع الزجاج ، فاصبح هذا النوع من الزجاج يمتلك معامل إنعكاس كبير للأشعة تحت الحمراء، مما ساعد في تخفيض الأشعة الشمسية بنسبة 85% عن الزجاج العادي، ومعامل نفاذية كبير للضوء المرغوب فيه بهدف تحقيق الإضاءة الطبيعية . ينتج على شكل وحدات مزدوجة من لوحين بينها فراغ هوائي وفواصل من المطاط حتى لا ينكسر الزجاج نتيجة لتمدده عند إرتفاع درجة الحرارة . أنظر الصورة رقم (4-14). [Lee, 2005].



صورة رقم (4-14) توضح الزجاج متعدد الإنعكاس
المصدر: <https://www.tradearabia.com,2017>

4-3-12 الزجاج منخفض الانبعاثية Low Emissivity glass : يعالج الزجاج المغلف بمادة إنبعائية منخفضة لعكس طاقة الأشعة تحت الحمراء المشعة، مما يشجع الحرارة المشعة على البقاء على نفس الجانب، مع السماح بمرور الضوء المرئي، مما يؤدي إلى نوافذ أكثر كفاءة يتميز مظهر الزجاج غير الملون ويستعمل في واجهات المباني التجارية الزجاجية، ويكون هذا النوع إما مفرد أو مزدوج (بطبقتين من الزجاج بسبك 3 ملم أو 6 ملم) بينهما فراغ به غاز

خامل (كريبتون، أرجون، زينون،... الخ) يعمل كعازل حرارى يخفض الإنبعائية . كذلك تم تطوير زجاج منخفض الإنبعائية ليصبح ذاتى التنظيف . [Berkeley, 2000].
أنظر الصورة رقم (15-4) .



صورة رقم (15-4) توضح الزجاج منخفض الإنبعائية

المصدر: <https://www.thefuturebuild.com,2017>

13-3-4 الزجاج الضوئى Photo Chromic Glass :

يتميز هذا النوع بتغير خواصة الحرارية تبعاً لمستوى شدة الإضاءة الساقطة عليه، فيصبح معتم عند التعرض لضوء الشمس وشفاف عند غياب الأشعة الشمسية. وبذلك يصبح مناسباً للإستخدام فى واجهات المباني طوال العام، وقد أمكن تطويره ليعمل كمنظم حرارى لأشعة الشمس الساقطة عليه و التحكم فى كمية الحرارة الداخلة الى المبنى من خلاله . ويتواجد بألوان متعددة فاتحة فقط من الأخضر بدرجاته والأبيض، وهناك نوع آخر منه وهو الزجاج المحفور (Fritted) بأشكال هندسية مستقيمة أو دائرية وتلوينه بألوان متنوعة ومتداخلة تضىفى عليه شكل جمالى وتحقق الراحة الحرارية المطلوبه. أنظر الصورة رقم (16-4) . [Poirazis, 2004].



صورة رقم (16-4) توضح الزجاج الضوئى

المصدر: <http://en.focchi.it,2017>

14-3-4 الزجاج عالى الوضوح Extra-Clear glass : يتميز هذا النوع بكونة عالى الشفافية بدون ال الأخرى التى فى الزجاج الملون . [Berkeley, 2006].
أنظر الصورة رقم (17-4) .



صورة رقم (17-4) توضح الزجاج عالى الوضوح

المصدر: <https://www.sageglass.com,2017>

15-3-4 الزجاج المحفور بالحمض Acid Etched glass : هو زجاج معالج بمادة حمضية يتميز بمظهر نصف شفاف و شكلاً ناعماً، ليوفر حداً أقصى من الإنارة والخصوصية، وهو لا يتقشر أو يفقد لونه مع مرور الزمن وغير قابل للخدش جداً، بسبب جودته الثابتة ومتانته ومظهره اللامع، مما يتيح عدة خيارات جمالية للمعماري والمصمم والداخلي . ينقسم الى أربعة أقسام وهى الزجاج المحفور بالحمض الشفاف، الملون، المنقوش الملون والمنقوش الشفاف .
أنظر الصورة رقم (18-4) . [Dligatch, and M. Ng,2008].



صورة رقم (18-4) توضح المحفور بالحمض

المصدر: <http://walkerglass.com,2017>

16-3-4 الزجاج المحفور Etched glass : يتم الحفر على سطح الزجاج بواسطة مادة كيميائية (بودرة) او بالضرب بالرمل باستخدام آلات معدة خصيصاً لهذا الغرض، وللحفر على الزجاج أنواع كثيرة منها الخفيف السطحي والعميق والمتعدد، وجودة الزجاج المحفور تعتمد على مهارات الفني و جودة المواد المستخدمة. أنظر الصورة رقم (4-19) .



صورة رقم (4-19) توضح الزجاج المحفور

المصدر: <http://www.yorkshiredecorativeglass.co.uk>, 2017

17-3-4 الزجاج المقاوم للحريق Fire Rated glass : به نسبة عالية من السليكا كما أنه يحتوي في العادة على حمض البوريك . ويكون معامل تمدده من تحمل تغيرات كبيرة في درجة الحرارة دون أن يتشقق، والزجاج المقاوم للحريق لا يعني مادة الزجاج فقط لكن النظام التركيبي المستخدم بالكامل ونظام التركيب ومادة الزجاج ويجب إختبار نظام الإطار والمادة التي تتلاءم مع الزجاج ويكون بإضافة عوامل أخرى مثل طبقات الحماية من الحريق و خاصية نقل و انعكاس الصوت بواسطة الزجاج . أنظر الصورة رقم (4-20) .



صورة رقم (4-20) توضح الزجاج المقاوم للحريق

المصدر: <http://suzhou-yilinglass.com>, 2017

18-3-4 الزجاج المقسى Annealed glass: من أكثر الأنواع شيوعاً واستخداماً في مجال العمارة يتميز بانه مسطح تماماً، لأنه غير معالج بالحرارة . عند الكسر يتهشم الى قطع متعرجة وحادة جدا . ويعتبر المادة الأولية للعديد من الأنواع الجديدة خلال عمليات التقسية بالحرارة والتلوين وغيرها. أنظر الصورة رقم (4-21). [Schodek , Others,2006]



صورة رقم (4-21) توضح الزجاج المقسى

المصدر: <http://www.fgglass.com>,2017

19-3-4 الزجاج المرآيا Mirror glass: يلعب هذا النوع دوراً بارزاً في الال لاسباب وظيفية فضلاً عن تأثيره الجمالى يستخدم هذا النوع في صناعة المرايا التي نستخدمها في حياتنا اليومية. ومن أنواعه

1. الزجاج الشمسي
2. الزجاج شبه الشفاف
3. الزجاج الممتص للحرارة
4. الزجاج المسلح

أنظر الصورة رقم (4-22) .



صورة رقم (4-22) توضح الزجاج المرآيا

المصدر: <https://d2v9y0dukr6mq2.cloudfront.net>,2017

20-3-4 الزجاج المنقوش Pattern glass: هو زجاج يظهر علي سطحه الخارجى أشكالاً منظمة، يستخدم عادةً في العمارة اداخلية والديكور والأبواب والشبابيك . أنظر الصورة رقم (4-23) .



صورة رقم (4-23) توضح الزجاج المنقوش

المصدر: <http://images.glassinchina.com,2017>

4-3-21 الزجاج المطلي Coated glass : في هذا النوع يطلى الزجاج لتعديل مظهره وإعطائه خواص ومميزات إضافية ووظائف أخرى، كالمتانة، عكس الأشعة، مقاومة الخدش والتاكل. [أبو سخيلة، 2015] أنظر الصورة رقم (4-24).



صورة رقم (4-24) توضح الزجاج المطلي

المصدر: <https://neufert-cdn.archdaily.net,2017>

4-4 الجدران الستائرية الزجاجية :

تعتبر الجدران الستائرية أحد أنواع إكساء واجهات المباني، وغلاف يحيط بالمبنى ويعزله عن الظروف البيئية بالخارج، وهي جدران غير حاملة توضع على الواجهات الخارجية وليست من مكونات الإطار الهيكلي للمبنى، وتعتبر الجدران الستائرية الزجاجية (glass curtain wall) إطارات معدنية بينها ألواح زجاجية.

و تدعى بالواجهات الزجاجية لأن الشيء السائد فيها هو الزجاج .وتعتبر حالياً من أهم الأغلفة التي تغطي واجهات المباني الحديثة، وترتبط بالغلّاف بتثبيتها في الأعمدة وبلاطات الأسقف. تتميز بخفة وزنها وبالصيانة القليلة وسرعة التنفيذ .

وتتكون الجدران الستائرية من المعدن بأنواعه المختلفة و يمكن إستخدام الحجر أو الأخشاب في تكوينها أيضاً، ولكن أكثر الأنواع شيوعاً هي الجدران الستائرية المعدنية حيث تنقسم في مكوناتها الى 3 أجزاء رئيسية هي :

- 1- الاطار : وهو هيكل مكون من عوارض رأسية (Mullions) وأفقية (Transom).
 - 2- الغلاف : أو القشرة الخارجية للجدران و تكون من الزجاج أو الخشب أو الخرسانة الخفيفة .
 - 3- وصلات التثبيت : تثبت بها الجدران الستائرية أما باللحام أو بالربط بالمسامير .
- والطرق المستخدمة في تجميع و تثبيت الالواح الزجاجية هي :
- أولاً : اللصق بالسيليكون . structural sealant glazing
- ثانياً: التثبيت الميكانيكي و له نوعان
- أ- (التثبيت النقطي) point holder : وذلك بواسطة المسامير الركنية .
- ب- التثبيت بالطريقة العنكبوتية Spider systems .
- تنوعت طرق تقنيات تثبيت الزجاج و فيما يلي أهم أنظمة الجدران الستائرية وحسب ظهورها :

4-5 نظام القضبان (Stick System) :

ظهر هذا النظام في منتصف القرن العشرين الميلادي، وهو من أكثر النظم انتشاراً ويمنح حرية تصميمية للجدران الستائرية .

أنظر الجدول رقم (4-1) لمعرفة مميزات و عيوب هذا النظام

جدول رقم (4-1) يبين مميزات و عيوب نظام القضبان (Stick System)

المصدر : الباحث

| عيوبه : | مميزاته: |
|---|-------------------------------------|
| يحتاج إلى وقت أكبر للتركيب مقارنة مع بقية الأنظمة بسبب تركيبه بشكل كامل في الموقع | يستخدم لأشكال المباني غير المنتظمة. |
| يحتاج إلى عدد كبير من الوصلات و عمالة أكبر للتركيب | يناسب تغيرات إطار المبنى وتحركاته |
| تعتمد مشاكل التسرب المائي والهوائي في هذا النظام على مهارة العامل في تجميع التوصيل بشكل محكم. | |

ويتكون من شبكة قضبان رأسية تركيب على بلاطة السقف وبعد ذلك يتم تركيب القضبان الأفقية على الراسية. و تملأ الشبكة بالزجاج أو الألمنيوم، ثم تثبت بالهيكل الرئيسي للمبنى بالضغط أو بالمسامير، ثم يستخدم السيليكون . [Barau,2010]

أنظر الشكل رقم (4-4) التالي للتعرف على كيفية تركيب نظام القضبان .



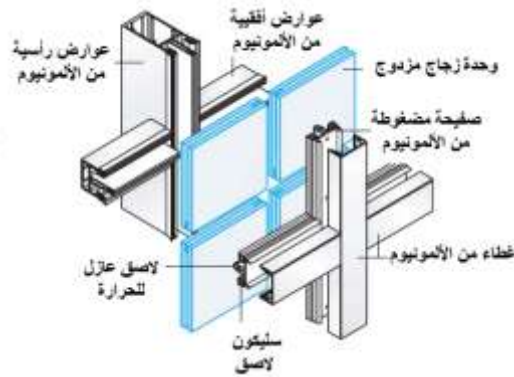
شكل رقم (4-4) يوضح كيفية تركيب نظام القضبان

المصدر : <http://www.burbankinnandsuites.com>, 2017

وله أنواع كثيرة تختلف باختلاف التصميمات المعمارية من أنواعه

6-4 نظام الحوائط الستائرية ظاهر الفواصل (Bimolecular Curtain Walling System):

وهنا تجمع الوحدات المكونة للحائط الستائري، وتركب علي الهيكل ولكن تكون فواصل التجميع واضحة وظاهرة في الواجهة، مما يؤدي إلي خلق خطوط أفقية ورأسية للواجهة وتجمع بمادة السيليكون لملئ الفراغات بين الوحدات، أنظر الشكل رقم (4-5) لمعرفة كيفية تركيبه .



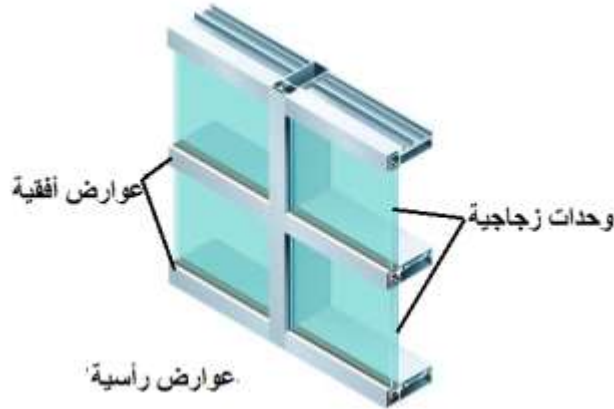
شكل رقم (4-5) يوضح نظام الحوائط الستائرية ظاهر الفواصل

المصدر: <http://uk.saint-gobain-glass.com>, 2017

7-4 نظام الحوائط الستائرية مغطى الفواصل (Capped Curtain Walling System):

هنا أيضاً تكون فواصل التجميع المكونة للجدار ظاهرة للعيان مما يؤدي الى خلق خطوط أفقية ورأسية واضحة في الواجهة لكنها تكون بمستوى أعلى من مستوى الزجاج حيث يتم تستخدم

ألواح الألمنيوم لتغطية فواصل التجميع ، وهذه الطريقة ذات كلفة أعلى من الأولى نتيجة تغطية فواصل التجميع، أنظر الشكل رقم (6-4) لمعرفة كيفية تركيبه .



شكل رقم (6-4) يوضح نظام الحوائط الستائرية مغطى الفواصل

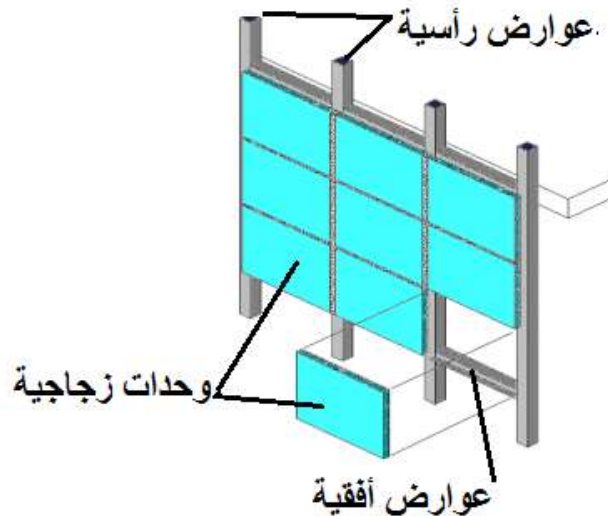
المصدر: <http://diamondglass.com,2017>

ويعتبر نظام الـ Stick system هو النظام التقليدي ويندرج تحته أكثر من نوع أو هو النظام الذي أستخدم في ايجاد باقي الأنظمة .

8-4 نظام الألواح (Panellised System) :

هذا النظام عبارة عن ألواح كبيرة وضخمة مسبقة الصنع تصنع في مصانع خاصة وفقا لقياسات العوارض الرأسية (Mullions) والعوارض الأفقية (Transom) التي تثبت الجدران ولوزنها الكبير تستخدم روافع واليات لرفع وتركيبها في الموقع .

أنظر الشكل رقم (7-4) لمعرفة كيفية تركيبه . [http://arch3dmax.blogspot.com,2011]



شكل رقم (7-4) يوضح نظام الألواح

المصدر: <http://www.cwct.co.uk,2017>

وتتميز هذه الألواح بسهولة التركيب والتبديل عند الحاجة، ويتم ملأ الفراغات بين الألواح عادةً بمادة السليكون . والجدول رقم (2-4) يوضح مميزاته وعيوبه .

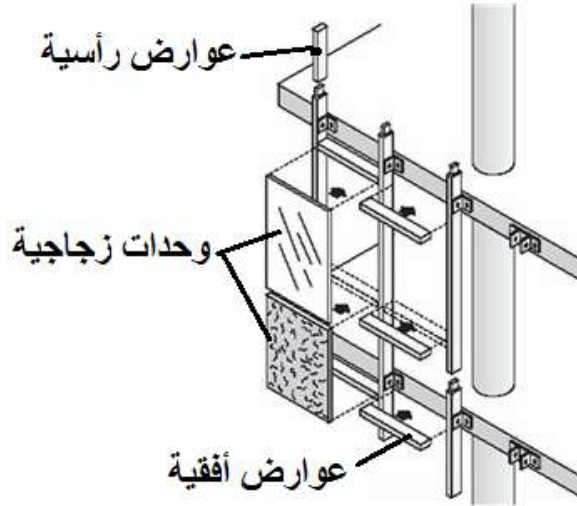
جدول رقم (2-4) يبين مميزات و عيوب نظام الألواح (Panellised System)

المصدر : الباحث

| مميزاته: | عيوبه : |
|---|-----------------------------------|
| يعطي جودة أكبر نظراً لتركيبه آلياً فى المصنع. | سعره أعلى من نظام الوحدات. |
| سرعة تثبيت أكبر وبأقل عدد من الوصلات ويحتاج إلى عمالة أقل | لا يمكن استخدامه في المباني كافة. |
| لا يحتاج إلى مهارة لتركيبه يساعد في حمل الوزن الزائد. | |

9-4 نظام الوحدات (Unitized System) :

يسمى بالنظام المجمع أو نظام الوحدات وهي ألواح كبيرة وصغيرة الحجم مسبقة الصنع، كالنوع الأول، تصنع في مصانع خاصة ويتم تركيبها على الهيكل في الموقع ويربط الهيكل الذي يحتضنها بالهيكل الانشائي للمبنى، ويختلف طول وعرض الألواح وفقاً للشركة المصنعة وللتصميم المعماري للجدار الستائري .



شكل رقم (8-4) يوضح نظام الوحدات

المصدر: <http://www.beriti.it,2017>

ويعد من أكثر الأنظمة كفاءةً، ولكنه أقل مرونة من الأنظمة الأخرى من ناحية التركيب، أنظر الشكل رقم (8-4) لمعرفة كيفية تركيبه . والجدول رقم (3-4) يوضح مميزاته وعيوبه .

جدول رقم (3-4) يبين مميزات و عيوب نظام الوحدات (Unitized System)

المصدر : الباحث

| مميزاته: | عيوبه : |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| أسرع في التركيب. | أكثر تعقيداً وصعوبة من نظام القضبان. |
| يحتاج تركيبه إلى عمالة أقل. | يحتاج إلى مهارة أكبر. |
| يحتاج وصلات أقل من نظام القضبان لذلك | أعلى سعراً من نظام القضبان. |
| تقل فيه مشاكل التسرب المائي والهوائي | يحتاج إلى آلات ضخمة لتركيب الوحدات. |

10-4 نظام التثبيت العنكبوتي (Spider System) :

وهو قائم على وجود شنابر بعدد أذرع معين وزوايا معينة تقوم بحمل الألواح الزجاجية وتثبت بالمسامير ويملأ الفراغ بين الألواح الزجاجية بمواد عازلة، يجب أن يكون الزجاج المستخدم مع هذا النظام مقسى ومقاوم للقوى الخارجية، يتميز النظام بإعطاء قدر كافي من الشفافية للرؤية، ويقدم حلول متنوعة لتركيب الزجاج لا يقدمها أي نظام آخر، يستخدم في واجهات الأبنية والمحال التجارية والمظلات الزجاجية والديكورات الداخلية . أنظر الصورة رقم (4-25) لمعرفة شكل نظام التثبيت العنكبوتي .

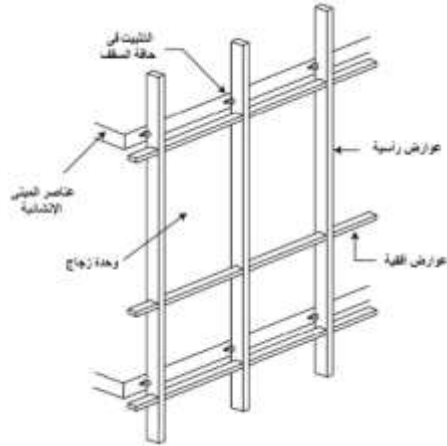


صورة رقم (4-25) توضح نظام التثبيت العنكبوتي

المصدر: <http://1.bp.blogspot.com,2017>

11-4 نظام الوحدة والفواصل (Unit and Mullion System) :

يجمع بين نظامي القضبان (Stick System) ونظام الوحدات (Unitized System)، بداية يتم تثبيت الفواصل (Mullions) في الموقع ثم توضع إطارات يثبت عليها الزجاج بطريقة اللصق . أنظر الشكل رقم (4-9) لمعرفة طريقة تركيبه . [Wong ,2003] .

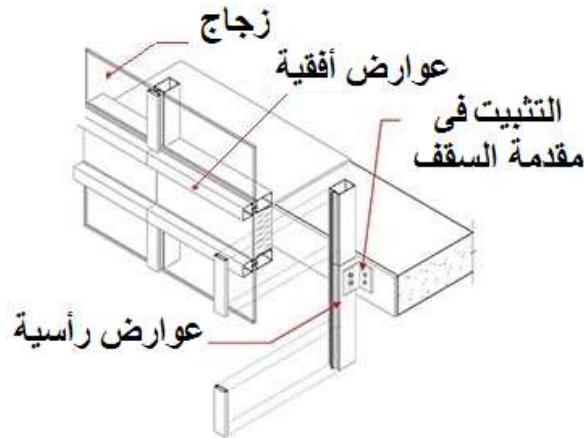


شكل رقم (9-4) يوضح نظام الوحدة والفواصل

المصدر: <https://content.iospress.com,2017>

12-4 نظام الألواح الزجاجية الإنشائية (Structural Glazing System)

وهو يقوم على تثبيت الألواح الزجاجية بمواد تثبيت مرنة ومحكمة، فأما أن تثبت الألواح الزجاجية بالكمرات المعدنية والخرسانية للمبنى عن طريق إطار من مادة تثبيت محكمة ومرنة مثل مادة النيوبرين (Neoprene)، أو أن تثبت الألواح الزجاجية بالسليكون الإنشائي. أنظر الشكل رقم (10-4) لمعرفة طريقة تركيبه.



شكل رقم (10-4) يوضح نظام الألواح الزجاجية

المصدر: <https://theconstructor.org,2017>

13-4 الخلاصة :

ساعد الإتقان والدقة في عمليات تصنيع الزجاج علي إيجاد أنواع جديدة، والحصول علي أداء وظيفي وجمالي في المجالات المعمارية الخارجية والداخلية مع التوافق مع البيئة .
وهناك عدة أنواع من الزجاج يمكن تلخيصها على حسب ثلاثة أشياء وهي كالاتي :-
● المظهر : من أنواعه : الزجاج المسطح وله عدة أنواع منها كالزجاج

- 1- المعموم : ويستعمل فى الأماكن التى تحتاج الى رؤية مثالية، ويتميز بفاعلية كبيرة فى إنتقال الضوء ويستعمل فى كثير من الصناعات وتطبيقات البناء والأثاث والديكور .
 - 2- المطبوع : مسطح معتم ملون أو غير معتم منقوش يستخدم فى المباني والأثاث والديكور.
 - 3- الملون : مكون من طبقات تمتص أشعة الشمس و الأشعة فوق البنفسجية للسيطرة على قوة الإضاءة الداخلة للمبنى وإستخداماته لا تعد و لا تحصى فى الواجهات والقواطع .
 - 4- المطفى : يوضع عليه طلاء من أكسيد معدني شفاف مما ينجم عنه عكس الإشعاع الشمسي.
 - 5- محفور بالحمض : يوفر حداً أقصى من الإنارة وفى نفس الوقت الخصوصية، ويستخدم فى التصاميم الداخلية فى الحمامات والمكاتب والأبواب الداخلية والخارجية .
 - 6- المرايا : يقوم بعكس الإشعاع الشمسي ويعطى إحساس بإتساع الأماكن .
 - 7- المنقوش : يوفر أشكال جميلة على الواجهات ويوفر الخصوصية .
- الأمان : وله أنواع كثيرة منها :

- 1- الزجاج الرغوى : مقاوم للكسر ويستخدم فى المباني المالية .
- 2- الزجاج المقوى حرارياً : يقاوم الكسر ويستخدم فى مظلات الخارجية للأبنية العالية .
- 3- المقاوم للحريق : مقاوم للحريق والحرارة ويستخدم فى المستشفيات والمدارس والأبنية التجارية والسكنية .

4- المخلوط : يحتوي على إضافات تغير لونه ومظهره وتقلل من قدرته على نقل الضوء.

5- المقسى : يتميز بقاومته للحرارة ويستخدم فى المعارض والمكاتب .

• الأداء : (الحرارة، والصوت، الضوء) : وله أنواع كثيرة منها :

- 1- الزجاج العازل : يعطى عزلاً صوتياً وحرارياً بحدود 85%، ويستخدم فى المدارس والمستشفيات ونوافذ و حوائط إستوديوهات الإذاعة و التسجيل .
- 2- الزجاج المجلتن يعمل على ضبط إنتقال الطاقة الشمسية و العزل الصوتى، ولذلك يستعمل فى المباني التعليمية والأمنية .

3- المزدوج : عبارة عن زجاج يحتوي على طبقة أو فجوة مفرغة بين لوحيه تستخدم لحل مشاكل الزجاج المعروف بانخفاض قيمة الفاقد الحراري لكل متر مربع .

4- المرقق : ينقل الضوء ويضبط العزل الصوتى يستعمل فى المباني التعليمية والأمنية .

5- المنخفض الإنبعائية : السماح لضوء الشمس الطبيعى ويخفض الكسب الحرارى و يمنع الأشعة الشمسية ويستخدم فى كافة أنواع المباني .

6- الصوتى : مكون من لوحين أو أكثر من الزجاج العادي ويعمل على ضبط الطاقة الشمسية ومن الأشعة البنفسجية و من الأشعة المرئية ومن الأشعة ما دون الحمراء كما أنه يضبط العزل الصوتى ويستخدم فى المطارات و فى المباني الواقعة على الطرق العامة السريعة .

7- الضوئى : سمح بانتقال الضوء ويوفر المشاهدة على الجانبين .

8- التحكم الشمسي : يعمل على توزيع الأشعة الساقطة عليه و توزيعها ويستخدم فى السالم الداخلية الثابتة و المتحركة و الدريزينات و كبائن المصاعد و أبوابها و كسوة الحوائط الزخرفية استخدامه فى الأسقف و الوسائل المختلفة لإنارتها .

9- زاتى التنظيف : يتميز بسهولة التنظيف ويققل نفاذ الأشعة فوق البنفسجية .

- 10- متعدد الانعكاسات : يمنع الأشعة تحت الحمراء و يخفض الاشعة الشمسية بنسبة 85%، يسمح بالضوء المرغوب ويحقق الإضاءة الطبيعية .
- 11- عالي الوضوح : يستخدم للتوافق مع البيئة مثل الشفافية (الرؤية من خلال الزجاج من الداخل والخارج) و حفظ الطاقة وقدرته علي التحكم في الأشعة الشمسية .
- يجب أن تحقق الواجهات الزجاجية الأهداف النفعية والجمالية المطلوبة كأهداف الإجتماعية والمعمارية والإنشائية والبيئية والتي تشمل (راحة صوتية عن طريق إستخدام زجاج مزدوج أو مجلتن أو الأثنين معاً، وراحة ضوئية تتمثل في الإستفادة من الإضاءة الطبيعية وذلك بإختيار درجة الشفافية المناسبة، وراحة مناخية بالتحكم في (الحرارة، التهوية و الرطوبة) .
- وقد ظهرت طرق تثبيت متنوعة للزجاج من قبل مجموعة متنوعة من الخيارات التي يجب أن تتناسب مع التصميم، والتي تحافظ على الزجاج وتثبته ليتحمل العوامل الجوية كالحرارة والرياح وأحمال الهيكل الزجاجي، ومن أول هذه الأنظمة وأقدمها هو نظام القضبان ومنه ظهرت وتطورت بقية الأنظمة، كنظام الأواح، نظام والوحدات، نظام المدمج من الفواصل والوحدات والنظام العنكبوتى، وكل نظام له مميزات وعيوب، على حسب التصميم المعين والتكلفة .

الفصل الخامس عرض وتحليل الحالات الدراسية

1-5 مقدمة :

في هذا الفصل سيتم معرفة تاريخية ومعمارية عن مدينة الخرطوم، ودراسة الخصائص المناخية، وأسباب إختيار مدينة الخرطوم لإجراء البحث الميداني، والأسس التي على أساسها تم إختيار نماذج الدراسة، ثم دراسة وتحليل لنماذج مختارة من للمباني التي تم فيها إستخدام الواجهات الزجاجية بمدينة الخرطوم، ودراستها وفقاً لمعايير تحقيق التصميم وتوفير الراحة الحرارية الإستدامة، وعرض النتائج التي تم التوصل إليها عن طريق الدراسة الميدانية.

2-5 خلفية تاريخية عن مدينة الخرطوم :

هي عاصمة السودان وحاضرة ولاية الخرطوم، تقع عند نقطة التقاء النيل الأبيض بالنيل الأزرق المقرن، ليُشكل معاً نهر النيل . وهي مركز الحكم في السودان حيث يوجد فيها مقر رئيس الجمهورية والحكومة، ورئاسة الوزارات المركزية المختلفة ومعظم المؤسسات السياسية. وتعتبر قلب أفريقيا بالنسبة لخطوط الطيران، وذلك لمرور خطوط الطيران التي تقطع شمال القارة تجاه جنوبها وتلك التي تمر عبر غرب القارة وشرقها، يوجد بالمدينة العديد من الجامعات والكليات الحكومية والخاصة والمؤسسات التعليمية المختلفة ورئاسات الشركات والبنوك الوطنية وفروع الشركات الأجنبية.

وتتميز المدينة بموقعها الإستراتيجي في وسط السودان، مما يجعل منها منطقة جذب سياحي تزخر بالمعالم الطبيعية والأثرية، ومحور نقل واتصالات محلية وإقليمية.

يرجع تاريخ تأسيس الخرطوم كعاصمة، إلى العقود الأولى من القرن التاسع عشر أثناء فترة الحكم العثماني المصري في السودان حيث أخذت عاصمة للبلاد، إلا أن تاريخها كموقع استيطان بشري أبعد من ذلك بكثير فقد تواجد فيها الإنسان منذ العصر الحجري، كما كان موقعها موطن حضارة قديمة عُرفت بمملكة علوة وشهد القرن الماضي أول مرحلة من مراحل ازدهارها عندما شيّدت العمارة في العهد البريطاني المصري على النسق المعماري الإنجليزي والذي لا يزال ماثلاً للعيان في الأبنية القديمة بجامعة الخرطوم وبعض المرافق الحكومية المطلة على النيل وتحول بعضها إلى متاحف مفتوحة للجمهور، وفي بعض الجسور القديمة المقامة على نهر النيل والتي تربطها بما يحيط بها من مناطق حضرية .

3-5 تطور مدينة الخرطوم معمارياً :

لا يوجد نمط معماري معين محدد تتميز به المدينة إذ توجد مختلف الأشكال والأنماط والألوان في المدينة، إلا أن من الممكن التمييز بين خطوط معمارية واضحة في طراز الأبنية من حيث تاريخ بنائها، ففي المنطقة الشمالية المطلة على النيل الأزرق يظهر النمط الإستعماري (colonial) الذي يعود إلى القرن التاسع عشر والعصر الفيكتوري وما قبله، وفن العمارة المملوكية ويتمثل في مباني الوزارات والدواوين الحكومية القديمة التي بناها الإتراك ومن بينها سراي الحكمدار (القصر الجمهوري) في المنطقة المحاذية للنيل الأزرق .

ونجد نماذج لأنماط العمارة المعاصرة مثل قصر المؤتمرات (المسمى بقاعة الصداقة) والذي بناه الصينيون في سبعينيات القرن الماضي، وتشمل العمارة الحديثة جداً مثل مباني الأبراج العالية مثل برج الاتصالات، فندق كورينثيا (برج الفاتح سابقاً)، وبرج شركة بترودار، وإدارة الخطوط الجوية السودانية ومبنى بنك السودان المركزي الجديد ذو الواجهة الزجاجية وغيرها، من المباني التي تأخذ أشكالاً هندسية، وتتركز مباني الأبراج في وسط الخرطوم ومنطقتي المقرن وبري. وتميزت هذه الفترة المعمارية الأخيرة بانتشار مواد بناء جديدة مثل

- استخدام ألواح الألمونيوم والواح الزجاج واستخدام الحديد أكثر من الخرسانة.
- استخدام مواد البناء القديمة كالطوب والخشب ومواد تشطيبات حديثة كالرخام على

الواجهات . [https://ar.wikipedia.org,2017]

4-5 عناصر المناخ الرئيسية :

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1-4-5. الإشعاع الشمسي | 2-4-5. درجة الحرارة |
| 3-4-5. الرطوبة | 4-4-5. الرياح |
| 5-4-5. المتساقطات | 6-4-5. الظواهر الخاصة |

وبتحليل هذه العناصر يمكن تحديد وفهم نوع المناخ السائد بالمنطقة المعنية ولذلك لتحديد مجال الراحة الحرارية للإنسان وتأثير ذلك على التصميم .

وأهم العناصر التي يجب دراستها لعرفة الصورة العامة عن كل العوامل السابقة هي : -
أ- العوامل المؤثرة على العنصر المناخي .

ب- وحدة القياس .

ج- البيانات الازمة لإعطاء صورة واضحة عن العنصر المناخي .

5-5 دراسة الخصائص المناخية لمدينة الخرطوم :

1-5-5 درجات الحرارة :

تعتبر الخرطوم واحدة من أكثر المدن الرئيسية حرارة . فقد تتجاوز درجات الحرارة فيها 48 درجة مئوية في منتصف الصيف، حيث يبلغ المتوسط السنوي لدرجات الحرارة القصوى حوالي 37.1 درجة مئوية، وفي ستة أشهر في السنة يزيد المتوسط الشهري لدرجة الحرارة فيها عن 38 درجة مئوية، ولا يوجد في جدول حالة الطقس الخاص بالخرطوم معدلاً لدرجة الحرارة الشهرية العليا يقل عن 30 درجة مئوية، خاصةً عندما تتم مقارنتها بمدن رئيسية أخرى ذات مناخ صحراوي حار ممائل كالرياض، أو بغداد أو فينيكس بولاية أريزونا . وغالباً فإن درجات الحرارة في الخرطوم تهبط بمعدل كبير ليلاً، إلى أدنى من 15 درجة مئوية في شهر يناير / كانون الثاني وقد تصل إلى 6 درجات مئوية عند مرور جبهة هوائية باردة.

2-5-5 الأمطار :

يسود المناخ الصحراوي الحار الجاف في مدينة الخرطوم في معظم أشهر السنة باستثناء شهري يوليو وأغسطس، حيث تسقط الأمطار المدارية الشديدة، بمعدل يزيد قليلاً عن (155) ملمتر سنوياً في المتوسط، وفي الفترة من ديسمبر وحتى فبراير حيث تنخفض درجة الحرارة نسبياً. في الشتاء وهي الفترة من ديسمبر وحتى فبراير يكون الجو لطيفاً إلى حد ما، حيث تنخفض درجات

الحرارة في الصباح وحتى الظهر وبعد غروب الشمس . وتتراوح درجة الحرارة خلال هذه الفترة ما بين 32 درجة مئوية 28 درجة مئوية.

5-5-3 حركة الرياح :

توجد عواصف ترابية نشطة تحدث في مناطق وسط السودان بما فيها الخرطوم وذلك عندما تهب رياح جنوبية رطبة في شهري مايو ويوليو ويمكن أن تقل بشكل مؤقت مدى الرؤية إلى الصفر. بجانب دراسة العوامل المناخية يراعى عند التصميم المناخى تأثير العوامل المحيطة بالموقع على المناخ المصغر (Micro Climate) الخاص به مثل طبيعة التضاريس وخصائص سطح الارض سواء كانت طبيعية او صناعية وما يحتويه الموقع من مبان وأسوار وأشجار.

[https://ar.wikipedia.org ,2017]

أنظر الجدول (1-5) .

جدول (1-5) بيانات مناخ مدينة الخرطوم(2016): [لإرصاد الجوى/2016]

| ELEMENT Month الشهر | Mean Temperature °C متوسط درجات الحرارة | | Relative Humidity % الرطوبة النسبية | Total Rainfall (MM) معدل سقوط الامطار | SUNSHINE DURATION (HOURS) مدة الاشعاع الشمسى | Wind الرياح | |
|---------------------------|---|----------------|---|---|--|-----------------|----------------------------|
| | MAX. العليا | MIN. الصغرى | | | | DIR. الاتجاه | SPEED (KNOTS) السرعة |
| January يناير | 31.6 | 17.3 | 25 | 0.0 | 9.7 | N | 9 |
| February فبراير | 32.4 | 18.4 | 21 | 0.0 | 9.8 | N | 9 |
| March مارس | 37.4 | 23.1 | 14 | 0.2 | 8.8 | N | 10 |
| April ابريل | 40.9 | 27.4 | 16 | TR | 7.0 | N | 9 |
| May مايو | 41.0 | 28.4 | 17 | 4.6 | 7.8 | N | 8 |
| June يونيو | 42.0 | 25.0 | 21 | TR | 6.4 | WSW | 6 |
| July يوليو | 36.9 | 26.1 | 45 | 73.6 | 6.1 | SW | 10 |
| August اغسطس | 34.7 | 25.5 | 54 | 52.3 | 6.6 | S | 9 |
| September سبتمبر | 37.2 | 26.3 | 45 | 29.4 | 7.2 | S | 8 |
| October اكتوبر | 38.0 | 26.5 | 27 | 5.7 | 9.3 | N | 8 |
| November نوفمبر | 34.7 | 22.1 | 21 | 0.0 | 10.2 | N | 9 |
| December ديسمبر | 33.3 | 19.3 | 29 | 0.0 | 9.9 | NNW | 8 |
| Total/annual المجموع | | | | 165.8 | | | |

ملاحظات:

Max = Maximum العليا
Min = Minimum الصغرى
Dir = Direction الاتجاه
Knot = 1.85 km/hr = 0.5 m/s
1.15 mile/hr = 1.69 feet/s

N = North الشمال
S = South الجنوب
W= West الغرب
E = East الشرق
TR = Trace

5-6 أسباب اختيار مدينة الخرطوم (منطقة البحث) :

تم إختيار مدينة الخرطوم لإجراء البحث الميدانى لعدد من الأسباب كالاتي:

- تمثل مدينة الخرطوم العاصمة والواجهة الحضارية وتعتبر ذات أهمية في السودان
- قلة الدراسات التي تتناول تطور الواجهات الزجاجية المباني بالمدينة.
- كثرة المباني ذات الواجهات الزجاجية، فكان لابد من معرفة مشاكلها، وتقديم المعالجات لها بصورة أكثر ودقة وفاعلية، وبما يخدم أهداف البحث والمجتمع.

5-7 أسس إختيار النماذج المدروسة :

البحث الميدانى شمل إختيار 5 مباني مختلفة (حكومية وخاصة) متعددة الطوابق بمدينة الخرطوم تم إنشاؤها على فترات زمنية مختلفة لمعرفة مدى التطور فى تصميم المباني ذات الواجهات الزجاجية وتطور طرق تصميمها وانواع الزجاج المستخدم .
تم إختيار العينات للوصول الى إستنتاجات توضح مشاكلها وإيجابياتها بكل بوضوح، وبذلك يصبح عدد الحالات الدراسية الكلى 5 مباني .

5-8 نماذج المباني التي تم إختيارها :

- 1-9-5 مبنى الهيئة القومية للإتصالات .
- 2-9-5 مبنى واحة الخرطوم .
- 3-9-5 مبنى ابراج الخرطوم .
- 4-9-5 مبنى الشركة العربية للدواجن أرابكو .
- 5-9-5 مبنى وزارة النفط والغاز .

5-9 أسس ومحاو دراسة النماذج المختارة: تتلخص فى الأتى :

- 1-8-5 الموقع
- 2-8-5 المكونات
- 3-8-5 الفكرة الرئيسية للمبنى
- 4-8-5 أسباب إختيار الزجاج خارجياً
- 5-8-5 نوع الزجاج وطريقة تثبيته
- 6-8-5 التوافق مع البيئة المحلية

5-10 وصف النماذج المختارة :

- 1-10-5 مبنى الهيئة القومية للإتصالات
(معلومات المبنى)

- 1- الموقع : فى منطقة بري اللاماب مربع 9 قطعة رقم 453 مساحة 4798 متر مربع المساحة المشيدة للطابق الأرضي فقط 3000 مترمربع.
- 2- المكونات : يتكون المبنى من 29 طابق بإرتفاع 106 متراً بدون الهوائي الذي يرتفع 28 متر، حيث يبلغ الإرتفاع الكلي 135 متراً ويعتبر أعلى برج في السودان . أنظر الصورتين رقم (5-1)، (2-5) .



صورة رقم (1-5) توضح الواجهة الشمالية للمبنى
المصدر: الباحث، 2017



صورة رقم (5-2) توضح الواجهة الشرقية للمبنى
المصدر: الباحث، 2017

- 3- الفكرة الرئيسية للمبنى : برج إدارى فى أعلاه مطعم سياحى مطل على النيل الأزرق، مع صدفتين أسفله، بمساحة متكررة للطابق بالبرج تبلغ 870 متر مربع ماعدا الطابق 22 و 23 فان المساحة حوالي 970 متر مربع (المطعم السياحي) .
- 4- أسباب إختيار الزجاج : إرتفاع المبنى وتوفير إطلالة جيدة على النيل، وسهولة تركيب الحوائط الستائرية .
- 5- نوع الزجاج وطريقة تثبيته : هناك نوعين من الزجاج المستخدم في البرج، النوع الأول زجاج يحول الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية فى الواجهة الغربية، يتم تشغيل المبنى بها عند إنقطاع التيار، أما النوع الثاني فهو زجاج معالج حرارياً مزدوج مكون من لوحين زجاجيين بسمك 6 ملم بينهما فراغ (1.2سم) عازل للرطوبة.
- تم تركيب الزجاج المزدوج في الكافتريا الأرضية بالنظام العنكبوتى، وذلك ليوفر الرؤية الواضحة لأطلالة الكافتريا على النيل الأزرق، وركب هذا الزجاج بواسطة مواسير من الحديد المجلفن المثبت بالأرضية بالمسامير، حيث تحمل كل ماسورة 4 الواح مربوطة ببعضها البعض على هيئة شبكة عنكبوتية وتملأ الفراغات بالسيليكون لمنع التسريب، أما النوع الثاني تم تركيب الزجاج المزدوج به عن طريق إطار من الألومينيوم، ثم ثبت عليه الزجاج وملأت الفراغات بالسيليكون .
- 6- التوافق مع البيئة المحلية : تم عمل عدة معالجات منها :
عمل كاسرات شمسية على شكل بروزات في الأعمده لتقليل وصول أشعة الشمس للواجهات الزجاجية.

عدم وجود مساحات كبيرة متواصلة من الواجهات الزجاجية، وذلك بهدف تقليل إمتصاص الزجاج لاشعة الشمس وزيادة أحمال التبريد، مما قلل إستهلاك الطاقة الكهربائية .
إستخدام الطاقة الشمسية لتشغيل وتبريد المبنى وذلك بتركيب خلايا شمسية في الواجهة الجنوبية الغربية، مما يقلل أيضاً إستهلاك الطاقة الكهربائية.
توفير الضوء الطبيعي لداخل المبنى .

5-10-2 مبنى واحة الخرطوم

(معلومات المبنى)

- 1- الموقع : الخرطوم السوق العربي شمال مجموعة بنك النيلين للتنمية الصناعية. عدد
- 2- المكونات : يتكون المبنى من 16 طابق، أنظر الصورتين رقم (3-5)، (4-5) .



صورة رقم (3-5) توضح الواجهة الجنوبية الغربية للمبنى
المصدر: الباحث، 2017



صورة رقم (4-5) توضح الواجهة الشرقية الجنوبية للمبنى
المصدر: الباحث، 2017

3- الفكرة الرئيسية للمبنى : المبنى عباره عن أربعة أبراج بإرتفاع 12 طابق مثبتة على قاعدة مستطيلة (تمثل مول تجارى)، الأبراج الشرقية فنادق و الأبراج الغربية مكاتب للإيجار، وتم تشييد المبنى علي مساحة 12600 متر مربع .

4- أسباب إختيار الزجاج : تم عمل دراسة بواسطة الجهة المشرفة على المشروع، تم بموجبها تغيير مواد التشطيبات من البياض والدهانات، وإستخدام الحوائط الستائرية، نسبة لعدم إستواء السطح الخارجي للخرسانات المنفذة، وإن البياض الخارجي بالسلك المتعارف عليه يصعب تنفيذه، وبعد عمل مقارنة بين تكلفة والوجهات الزجاجية والواجهات التقليدية، وجد أن هناك توفير في ميزانية المشروع ، ولذلك تم التحول للواجهات الزجاجية .

5- نوع الزجاج وطريقة تثبيته : أستخدمت الحوائط الستائرية المكونة من طبقتين من الزجاج بسمك 6 ملم بفراغ بينهما يبلغ (1.2 سم) عازل للرطوبة .
وتم تركيب الزجاج بنظام الألواح الزجاجية، وذلك بواسطة تثبيت الألواح الزجاجية بالكمرات المعدنية والخرسانية للمبنى عن طريق إطار مثبت بزوايا صغيرة من الألمنيوم بواسطة مادة النيوبرين (Neoprene)، وعند الزوايا تم تفريغ جزء من الإطار لتوصيل الزجاج من الإتجاهين على شكل زاوية قائمة.

6- التوافق مع البيئة المحلية : لألائم المبنى البيئة المحلية للعوامل الأتية :
إستخدام مساحات كبيرة من الواجهات الزجاجية في الواجهتين الشمالية والجنوبية، مما يتسبب بزيادة أحمال التبريد وإستهلاك الطاقة الكهربائية.
عدم وجود كاسرات لتقليل الأشعاع الشمسى .
عدم وجود دراسة أولية لمواد تشطيب الواجهات، وعملها لقلّة التكلفة فقط .
عدم الدراسة البيئية الكافية وعوامل المناخ قبل التصميم .

5-10-3 مبنى أبراج الخرطوم (معلومات المبنى)

- 1- الموقع : الخرطوم غرب وكالة السودان للأنباء سونا
- 2- المكونات : يتكون المبنى من عدد 16 طابق (طابق + ارضي 2 + تحت الارض)، على مساحة تبلغ 7000 متر مربع .
- 3- الفكرة الرئيسية للمبنى : برج مكتبي من كتلة مستطيلة واحدة، المحاور الطويلة شمال جنوب، وهو أستثمارى للأفراد والشركات يمتلكه (صندوق الضمان الاجتماعي) .
- 4- أسباب إختيار الزجاج : يعتبر من أوائل المباني التي إستخدمت نظام الحوائط الستائرية في السودان، بالرغم من تأخر تنفيذه لعدة سنوات، وتم إختيار الزجاج لإعطاء المبنى الشفافية والشكل الجميل عن طريق الواجهات الزجاجية وألواح الألمنيوم، وتمكين دخول الضوء الطبيعي.
أنظر الصورتين رقم (5-5)، (5-6) .



صورة رقم (5-5) توضح الواجهة الشمالية للمبنى
المصدر: الباحث، 2017



صورة رقم (5-6) توضح الواجهة الغربية للمبنى
المصدر: الباحث، 2017

- 5- نوع الزجاج وطريقة تثبيته : تم إستخدام زجاج مزدوج من طبقتين من الزجاج بسمك (6 ملم) بينهما عازل للرطوبة.
تم إستخدام نظام الألواح الزجاجية المثبتة على العوارض الرأسية والأفقية، وتم ملأ الفراغات بين الألواح بمادة السليكون .
- 6- التوافق مع البيئة المحلية : تمثل عدم توافق المبنى للبيئة الحلية فى :
إستخدام الواجهات الزجاجية المستمرة بدون كاسرات للإشعاع الشمسى .
عدم وجود فتحات متحركة للتهوية وكل الاعتماد على التكييف .

4-10-5 مبنى الشركة العربية للدواجن أرابكو (معلومات المبنى)

- 1- الموقع : غرب شارع أفريقيا مطل على عفراء مول من الناحية الغربية شرق المركز الأفريقي لسرطان الثدي .
- 2- المكونات : يتكون المبنى من 6 طوابق، بمساحة كلية للمبنى مساحتها 1000 متر مربع .
أنظر الصورتين رقم (5-7)، (5-8) .



صورة رقم (5-7) توضح الواجهة الجنوبية للمبنى
المصدر: الباحث، 2017



صورة رقم (5-8) توضح الواجهة الشمالية للمبنى
المصدر: الباحث، 2017

- 3- الفكرة الرئيسية للمبنى : الغرض من المبنى : إداري مبنى ادارة الشركة العربية للدواجن أرابكو مبنى الرئاسة .
- 4- أسباب إختيار الزجاج : يعود سبب إختيار الحوائط الستائرية في هذا المبنى لإعطائه التميز حيث أن هذا المبنى مغطى بالواجهات الزجاجية من جهتين وبالرغم من أن المبنى لايعتبر من المباني العالية إلا أن تصميمها قصد به نقل الواجهات الزجاجية للسودان حسب طلب المالك .
- 5- نوع الزجاج وطريقة تثبيته : طريقة التركيب: تعتبر طريقة تركيب الواجهات الزجاجية بتركيب إطار من الألمونيوم على الواجهات الخارجية . إستخدم الزجاج المزدوج بسمك (6 ملم) بينهما عازل للرطوبة، أما الواجهة الغربية فقد ركبت ألواح الالمونيوم المسماه (Sandwich Panel) .
- 6- التوافق مع البيئة المحلية : يعتبر هذا المبنى نموذجا للمباني غير الملائمة للبيئة المحلية، فوجود واجهتين زجاجيتين بمساحات كبيرة على طول المبنى، مع عدم الحاجة لها نتيجة لوجود الأشعة الشمس التي تستمر لفترة طويلة، مما يزيد أحمال التكييف وإستهلاك الطاقة الكهربائية مع الاضافة لصعوبة نظافته.

5-10-5 مبنى وزارة النفط والغاز (معلومات المبنى)

- 1- الموقع : يحد الموقع من الشرق على شارع أفريقيا والساحة الخضراء وغربا مركز التدريب النفطي وشمالاً شارع مامون بحيري وجنوبا شركة سودابت
- 2- المكونات : يتكون المبنى من سبعة طوابق على شكل قوس للمكاتب وصالة إجتماعات كبيرة ومصلى، أنظر الصورة رقم (5-9) .



صورة رقم (5-9) توضح الواجهة الشمالية للمبنى
المصدر: الباحث، 2017

3- الفكرة الرئيسية للمبنى :

4- أسباب إختيار الزجاج :

إستخدم الزجاج لتوفير الإطلالة الجيدة والتواصل البصرى مع الخارج،

5- نوع الزجاج وطريقة تثبيته :

تم إستخدام زجاج مزدوج أخضر عاكس للتحكم فى الإشعاع الشمسي وتقليل إكتساب الحرارة في المبنى، فى كل الواجهات، مع نوافذ غائرة لتوفير تظليل لها، وتوفير بيئة أفضل وتحقيق الكفاءة فى إستخدام الطاقة، و للحصول على مستويات عالية من الضوء الطبيعي .

إستخدم نظام الوحدة والفواصل فى تثبيت الزجاج، حيث تم تثبيت الفواصل (Mullions) والإطارات التى ثبت عليها الزجاج باللصق بمادة السيليكون .

6- التوافق مع البيئة المحلية :

إستخدمت الواجهات الزجاجية فى الواجهة الغربية المعرضة للإشعاع الشمسي المباشر لفترة طويلة، وذلك لا يتناسب مع البيئة المحلية ، مما يتطلب تكلفة عالية فى التبريد.

5-11 جدول تحليل الحالات الدراسية :

جدول (1 - 5) تحليل الحالات الدراسية

المصدر : الباحث

| المبنى | الواجهات التى بها زجاج | نوع الزجاج المستخدم | المزايا | العيوب | التوافق مع معايير التصميم والبيئة |
|----------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---|------------------------------------|--|
| 1. مبنى الهيئة القومية للإتصالات | الشرقية والجنوبية الغربية | زجاج المزدوج مع فاصل هوائى وزجاج ضوئى | إستخدام زجاج يعمل على توليد الطاقة الكهربائية ويعزل الحرارة | عدم إمكانية فتح النوافذ والإستفادة | تحسين الأداء الحرارى وتوفير الإضاءة الطبيعية وتقليل الإضاءة الصناعية، وعزل الضوضاء وتوفير إطلالة جيدة، و أستخدام |

| | | | | | |
|--|--|--|---|---|---------------------------------------|
| الطاقة الشمسية وتوفير بيئة داخلية آمنة وصحية . | من التهوية الطبيعية | الرؤية والإطلاله الجيدة على النيل | | | |
| عدم تحسين الأداء الحرارى و عدم تقليل إستهلاك الطاقة و عدم الإستفادة من التهوية الطبيعية و عدم دراسة العوامل المناخية | زيادة الحمل الحرارى بإستخدام الزجاج فى الجهة الغربية | توفير إطلالة جيدة والضوء الطبيعي | زجاج مزدوج فاصل هوائى للرطوبة | الشمالية والجنوبية وبنسب قليلة جدا فى الجهتين الرقية والغربية . | 2. مبنى واحة الخرطوم |
| توافق الشكل الجميل مع النواحي المناخية وتوفير الرؤية عبر الفتحات، توفير عزل الضوضاء والإضاءة الطبيعية و عدم وجود كاسرات للأشعة الشمسية | عدم الإستفادة من التهوية الطبيعية | الشفافية وتمكين دخول الضوء الطبيعي | زجاج مزدوج مع فاصل للرطوبة | الشمالية والجنوبية | 3. مبنى أبراج الخرطوم |
| عدم الإستفادة من شكل التصميم بما يحقق التوافق مع المناخ، عدم الدراسة الكافية لإستخدام الزجاج كاسرات الشمس، و عدم الإستفادة من التهوية الطبيعية | وزيادة الحمل الحرارى وأحمال التكيف | توفير الإضاءة الطبيعية، وتقليل الحوجة للإضاءة الصناعية | زجاج مزدوج مع فاصل هوائى لعزل للرطوبة | الشمالية والشرقية والغربية | 4. مبنى الشركة العربية للدواجن أرابكو |
| خلق الشكل الجميل وتحقيق التواصل البصرى وعدم الإستفادة من التهوية الطبيعية ، وعدم فعالية الأداء الحرارى، وعدم الإستفادة الواجهاات المعرضة للأشعة الشمسم فى توليد الطاقة . | إستخدام الزجاج فى الواجهاات المعرضة للشمس | إستخدام النوافذ الغائرة لتظلل النوافذ، وتوفير الإضاءة الطبيعية | زجاج مزدوج عاكس للحرارة مع عازل هوائى للرطوبة | الشمالية والجنوبية والرقية والغربية | 5. مبنى وزارة النفط والغاز |

12-5 الخلاصة :

من النماذج المدروسة نجد أن جميع إتفقت فى الأتى :

- توفير الراحة النفسية والمنظر البصرى الجيد للمستخدمين، دون الإهتمام الكافى بالأداء الوظيفى والربط بالتراث والنسيج العمرانى المحلى .
- تم إختيار المواقع بعناية لتوفير الإطلالة الجيدة .
- تم توفير ضوء الشمس الطبيعي لداخل المبانى، وتحقيق الربط البصرى بالخارج .
- إستخدام زجاج مزدوج معالج حرارياً، مع عازل بطبقة هوائى للرطوبة.
- عدم البحث عن أنواع زجاج جديدة ومتطورة لتوفير أفضل أداء حرارى .
- عدم دراسة توجيه المبنى بعمق، وعمل الزجاج فى الواجهاات فى المعرضة للشمس .

- عدم الاستفادة من مصادر الطاقة النظيفة وتقليل الطاقة المستهلكة، وتقليل الأثر البيئي .
- عدم الأهتمام بدراسة العوامل المناخية للإستخدام الأمثل للزجاج فى الواجهات .
- عدم مراعاة الجانب الإقتصادى لتقليل تكاليف التصميم والتركييب والصيانة والإستبدال والنظافة، وإمتداد العمر الإفتراضى .

• عدم إستخدام الكاسرات الشمسية بالصورة الفعالة لتحقيق الأداء الحرارى الأمثل .
ومما سبق نجد أن تصميم الواجهات الزجاجية لا تعتبر كعنصر وظيفى للرؤية أو عنصر جمالى بالواجهة فقط بل لها دور أساسى فى تحقيق الراحة الحرارية لمستخدمى المبنى، فلذلك لابد للمصمم من أن يقوم بدراسة التوجيه ونسبة مساحة الزجاج فى الواجهة، وذلك لتحقيق أقصى إستفادة من من العوامل المناخية المساعدة فى تحقيق أفضل أداء حرارى داخل الفراغ، والحد من تأثير العوامل المناخية المسببة لعدم الراحة الحرارية لمستعملى الفراغ .
إذ تعتبر الواجهات الزجاجية هى الأساس فى إتصال المبنى بالخارج عن طريق :

1. الإضاءة الطبيعية .

2. التهوية الطبيعية .

3. إتصال الداخل بالخارج .

4. منع الضوضاء .

وقد تطورت الواجهات الزجاجية مع تطور العمارة عبر العصور المختلفة، حتى أصبحت الواجهات الزجاجية تشكل عبئاً على المبنى لرقة وسماكة ألواح الزجاج، وخاصة فى المساحات الكبيرة، كما أن فتحات الواجهات الزجاجية تؤثر على التهوية الطبيعية .
كما أن موضع الفتحات يرتبط ارتباطاً مباشراً بتحقيق التهويه والإضاءة داخل الفراغ، ويجب أن تصمم الواجهات الزجاجية بعد دراسة الاتى :

1. العوامل المناخية بصورة جيدة .

2. الإشعاع الشمسى

وذلك لتوفير أفضل الحلول وتحقيق الراحة الحرارية والضوئية والصوتية للمستخدمين والتوافق مع البيئة .

الفصل السادس النتائج والتوصيات

1-6 مقدمة:

نستعرض من خلال هذا الفصل النتائج والخلاصات التي توصلنا اليها من خلال دراسة البحث فى الفصول السابقة، وتحليل نتائج الحالات الدراسية المختارة، للخروج بالنتائج لمعرفة كيفية تطوير الواجهات الزجاجية، ثم الخروج بالتوصيات المناسبة بناء على ذلك.

ومما سبق يتضح إن عملية تطوير الواجهات الزجاجية تتم عن طريق تحسين أداء المبنى، التى تتطلب ان يكون المبنى ذو تصميم متناسب مع الظروف المناخية المتغيرة (كفاءة الأداء الحرارى، والصوتى والضوئى)، وتحسين البيئة الداخلية وتوفير الراحة للمستخدمين، وهذا يمكن تحقيقه بإتباع الأسس والمعايير (التى ذكرت فى الفصل الثالث) عند عملية التصميم لتحقيق الكفاءة ولتقليل إستهلاك الطاقة، مع إختيار نوع الزجاج المناسب مع تلك المفاهيم، وإستخدام أنسب الطرق لتثبيته (كما ذكر فى الفصل الرابع)، وأخذ التحديات البيئية والإقتصادية بعين الإعتبار، للوصول الى تصاميم معمارية تقوم بإستهلاك أقل للطاقة وحماية أكبر للبيئة .

2-6 النتائج:

- فى الحالات الدراسية التى تمت دراستها وتحليلها تم الوصول الى الخلاصات الآتية :
- 1-2-6 إتفقت جميع الحالات الدراسية على توفير المنظر البصرى الجيد للمستخدمين، دون الإهتمام بالأداء الحرارى كما فى حالة مبنى الشركة العربية للدواجن ووزارة النفط والغاز .
 - 2-2-6 إستخدمت جميع الحالات الدراسية الزجاج المزوج مع فاصل هوائى لتحسين الأداء الحرارى، ماعدا فى حالة مبنى الهيئة القومية للإتصالات حيث أستخدم نوع آخر بالإضافة للزجاج المزوج وهو زجاج به خلايا ضوئية مدمجة لتوليد الطاقة الكهربائية .
 - 3-2-6 عدم الإستفادة من التهوية الطبيعية وإمكانية فتح النوافذ فى أربعة حالات، إلا فى حالة واحة الخرطوم حيث يمكن فتح النوافذ والإستفادة من التهوية الطبيعية .
 - 4-2-6 لم تستعمل الكاسرات الشمسية، ماعدا فى حالة مبنى وزارة النفط والغاز حيث تم عمل الكاسرات عن طريق النوافذ الغائرة، ومبنى الهيئة القومية للإتصالات عن طريق بروزات فى الأعمدة .
 - 5-2-6 إستخدام الزجاج فى الواجهات الزجاجية الغربية المعرضة للشمس كما فى حالة مبنى الهيئة القومية للإتصالات ومبنى وزارة النفط .
 - 6-2-6 لم يتم ربط تصاميم المباني بالتراث المحلى والنسيج العمرانى فى جميع الحالات .
 - 6- تمت دراسة وإختيار المواقع بعناية فى جميع الحالات الدراسية .
 - 8-2-6 توفير ضوء الشمس الطبيعى وتقليل الإضاءة الصناعية فى جميع الحالات الدراسية .
 - 9-2-6 تحسين الأداء الحرارى عن طريق نوع زجاج واحد فقط، وهو الزجاج المزوج العازل للحرارة مع طبقة عازلة لتحقيق بيئة داخلية مريحة وصحية فى جميع الحالات الدراسية .

6-2-10 لم تتم الاستفادة من مصادر الطاقة النظيفة بالصورة الفعالة، ما عدا فى حالة مبنى الهيئة القومية للإتصالات، لإستغلال الأمثل لها وتقليل إستهلاك الطاقة والأثر البيئى السالب .
6-2-11 الإهتمام بدراسة العوامل المناخية بصورة أكثر عمقاً، إلا فى حالة مبنى واحة الخرطوم.
6-2-12 تم تصميم الواجهات الزجاجية كعنصر جمالى ووظيفى، والمساهمة فى تحقيق الراحة الداخلية والصوتية والضوئية أيضاً فى جميع الحالات الحالات الدراسية .
6-2-13 عدم الإهتمام الكافى بتصميم شكل المبنى لتحقيق الكفاءة الحرارية والإستفادة من العوامل المناخية ماعدا فى حالة برج الإتصالات .

6-3 التوصيات:

توصلت الدراسة من خلال الحقائق والمعلومات المستنتجة من الخلاصات التى توصل إليها البحث وتحليل الحالات الدراسية الى عدة توصيات تتمثل فى النقاط الآتية :
6-3-1 توفير المنظر البصرى الجيد للمستخدمين، كما تم فى جميع الحالات الدراسية، والإهتمام بالأداء الحرارى كما فى حالة مبنى الشركة العربية للدواجن، ووزارة النفط والغاز .
6-3-2 إستخدام الزجاج المزدوج مع فاصل هوائى لتحسين الأداء الحرارى، كما تم فى جميع الحالات الدراسية، وإستخدام زجاج به خلايا ضوئية مدمجة لتوليد الطاقة الكهربائية، مثل مبنى الهيئة القومية للإتصالات.
6-3-3 الإستفادة من التهوية الطبيعية وإمكانية فتح النوافذ، كما تم فى حالة واحة الخرطوم .
6-3-4 إستعمال الكاسرات الشمسية عن طريق النوافذ الغائرة، كما فى حالة مبنى وزارة النفط والغاز، أو عن طريق بروفات فى الأعمدة، كما فى مبنى الهيئة القومية للإتصالات.
6-3-5 عدم إستخدام الزجاج فى الواجهات الزجاجية الغربية المعرضة للشمس كما فى حالة مبنى الهيئة القومية للإتصالات ومبنى وزارة النفط .
6-3-6 ربط تصاميم المباني بالتراث المحلى والنسيج العمرانى فى جميع الحالات .
7- دراسة وإختيار المواقع بعناية، كما تم فى جميع الحالات الدراسية .
6-3-8 توفير ضوء الشمس الطبيعى وتقليل الإضاءة الصناعية، كما تم فى الحالات الدراسية .
6-3-9 تحسين الأداء الحرارى عن طريق الزجاج المزدوج العازل للحرارة مع طبقة عازلة لتحقيق بيئة داخلية مريحة وصحية، كما فى تم فى جميع الحالات الدراسية .
6-3-10 الإستفادة من مصادر الطاقة النظيفة بالصورة الفعالة، كما فى حالة مبنى الهيئة القومية للإتصالات، لإستغلال الأمثل لها وتقليل إستهلاك الطاقة والأثر البيئى السالب .
6-3-11 الإهتمام بدراسة العوامل المناخية بصورة أكثر عمقاً، إلا فى حالة مبنى واحة الخرطوم.
6-3-12 تصميم الواجهات الزجاجية كعنصر جمالى ووظيفى، والمساهمة فى تحقيق الراحة الداخلية والصوتية والضوئية أيضاً، كما تم فى جميع الحالات الحالات الدراسية .
6-3-13 الإهتمام الكافى بتصميم شكل المبنى لتحقيق الكفاءة الحرارية والإستفادة من العوامل المناخية، كما فى حالة برج الإتصالات .

4-6 توصيات لبحوث مستقبلية :

هنالك إمكانية كبيرة لعمل بحوث ودراسات مستقبلية حول الواجهات الزجاجية ، لكي تساعد الممارين والمهتمين بالبيئة في التعامل مع إستخدامها بالطريقة المثلى ، سواءً على المستوى العلمي أو البحثي، وذلك من أجل تحسين الأداء الحراري بالواجهات الزجاجية، وتقليل إستهلاك الطاقة، وتحسين تصميم المظهر البصري للجلاف الخارجي والبيئة الداخلية.

حيث تلعب الجهات الرسمية دوراً كبيراً في هذا المجال، عن طريق دعم البحوث وتدريب المهندسين والتقنيين لإكتساب الخبرة في مجال تصميم الواجهات الزجاجية ووضع أسس وضوابط لإستيفاء معايير تصميم الواجهات الزجاجية، وتضمين عقود الإنشاء للدراسات المناخية قبل التصميم وذلك للتوافق مع البيئة.

كما يجب الإستفادة من التجارب العالمية في مجال تطوير الواجهات الزجاجية وأنظمتها الجديدة، وإعداد نماذج ومقترحات تصميمية تتناسب مع الظروف المحلية والبيئية.

المراجع

أ. المراجع بالعربية :

1. العلوش، ربا /2012/ رسالة ماجستير / دراسة تصميم الواجيات الزجاجية للمباني العامة فى مدينة دمشق / جامعة دمشق / دمشق / سوريا .
2. الزعفرانى / د.عباس وفكرى / أ.م.د أحمد، /2006/ مؤتمر الهندسم المعمارية / الزجاج ذو النفاذية الإختيارية مدخل لتصميم الفتحات الخارجية للمباني / جامعة القاهرة / القاهرة .
3. أبوسخيلة، إسماعيل/2015/ رسالة ماجستير/أثر اتقنيات الحديثة فى تصميم الغلاف الخارجى وتحسين البيئة الداخلية للمباني / الجامعة . الإسلامية/ غزة/فلسطين .
4. عز الدين، حازم / وآخرون / 2009/ رسالة ماجستير / نحو مدخل تكاملى لخفض إستهلاك الطاقة بناطحات السحاب المؤتمر المعمارى الخامس / جامعه القاهرة / القاهرة / مصر .
5. العلوش، ربا /2014/ ورقة علمية / دراسة تحليلية لسّمات الجدران الستارية الزجاجية / جامعة دمشق/ دمشق /سوريا
6. عبد العزيز السديس، سالم /2010/ رسالة ماجستير / أثر توجيه ومساحة ونوع النوافذ الزجاجية على الأداء الحرارى للفتراغات الداخلية فى المباني فى المناطق الحارة الجافة / جامعة الملك سعود / الرياض /السعودية .
7. شفق العوضى الوكيل، محمد عبدالله السراج/1989 /المناخ و عمارة المناطق الحارة/الناشر مركز التميز لعلوم الادارة والحاسب / القاهرة .
8. عاطف إلهامى، د.محمد /2004/ ورقة علمية / الاستدامة واستخدام نظام الأغلفة المزدوجة فى واجهات المباني / جامعة القاهرة / القاهرة / مصر .

ب. المراجع بالإنجليزية :

1. Curving ,Raymond ,2010 ,Construction and performance of curtain wall system for high-rise building .
2. Wong, Raymond,2010, Construction and Performance of Curtain Wall Systems for Super HighriseBuildings, City University, Hong Kong.
3. Oliver Beier Costa, and others,2013, GlassTime, technical manual
4. Barau Muhammad, Ladifa, 2010, Systematic Evaluation of Curtain Wall Types, Eastern Mediterranean University,Cyprus.
5. International Conference ,2005 ,Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment, Santorini, Greece .

6. Velikov, Kathy and others ,2010, The Benefits of Glass, Prepared by, University of Michigan Taubman , College of Architecture and Urban Planning .
8. Deepak, Gahlowt, 2009, and others, Guidelines on use of Glass in Buildings - Human Safety.
9. Martin Evans , “ Housing , Climate & Comfort “ , Jon Willy & Sons ,New York , 1985 P 20
10. David Button & Brian pye, Glassing Building,1994.
11. Advanced connection system rchitectural glazing, 2010
12. Harris Poirazis, Ake Blomsterberg, Maria Wall, "Energy simulations for glazed office buildings in Sweden" Energy and Buildings (2007) p1.

ج. المواقع الإلكترونية :

- <https://www.structuralglass.com>,2017 موقع شركة الزجاج الأنشائي
- [https:// www.arabic.cnn.com](https://www.arabic.cnn.com),2017 موقع الشركة العربية لتصنيع الزجاج
- [https:// www.bankmuscat.com](https://www.bankmuscat.com),2017 موقع بنك مسقط
- [https:// www.greenpix.org](https://www.greenpix.org),2017 موقع شركة قرين بكس للزجاج
- [https:// www.Pilkington](https://www.Pilkington),2017 موقع شركة بيلكنغتون البريطانية لتصنيع الزجاج
- [https:// www.glassforee.com](https://www.glassforee.com) ,2017 موقع الشركة الأوربية للزجاج
- [https:// www.Saint-Gobain Glass Exprover](https://www.Saint-Gobain Glass Exprover),2017 موقع سانت قوبين للزجاج
- <https://ar.wikipedia.org>,2017 موقع وسوعة ويكيبيديا
- <https://www.info@itthdglss.com>,2017 موقع شركة الإتحاد
- <https://www.springer.com>,2017 موقع شركة إسبر سنقر