IEREK PRESS
Academic Research Community

BAHETH
Arabian Researchers Database

BAHETH Print ISSN:(2536 - 9946)
http://www.ierek.com/press

CrossMark

المجلة الدولية في:
العمـــارة والهندســـــة والتكنولوجيـــــا

DOI: 10.21625/baheth.v1i1.203

اثر استخدام مواد وتقنيات النانو فى الغلاف الخارجى على جودة البيئة الداخلية فى المبانى

محمد سعد عطوة [1] اسماعيل محى الدين [2] منى محمود الحجر [3]

[1] *الأستاذ بقسم الهندسة المعمارية - جامعة الازهر*

[2] *الأستاذ المساعد بقسم الهندسة المعمارية - جامعة الازهر*

[3] *باحث ماجستير قسم الهندسة المعمارية - جامعة الازهر*

الكليمات الدلالية

تكنولوجيا النانو ؛ تطبيقات تكنولوجيا النانو ؛ الغلاف الخارجي للمبنى ؛ جودة البيئة الداخلية (. IEQ)

الملخص

ان توفير بيئة جيدة مريحة للانسان داخل المبنى هدف اساسى لعملية التصميم المعمارى ، ويعتبر غلاف المبنى هو العامل الاساسى فى توفير بيئة داخلية جيدة لساكنى المبنى نظرا لكونه العامل الناقل بين الظروف الخارجية والداخلية. الظروف الخارجية للمبنى هى نتيجة للعديد من المؤثرات البيئية ، لذلك يجب معالجة غلاف المبنى للحد من تلك المؤثرات .

المؤثرات البيئية التى سيتم التاكيد عليها فى هذه الورقة هى الاشعاع الشمسى ، الملوثات الخارجية والضوضاء . ويمكن تصنيف المواد المستخدمة فى معالجة غلاف المبنى الى ست فئات رئيسية هى مواد وتقنيات النانو للعزل الحرارى ؛ مواد النانو لتنظيم درجة الحرارة ؛ النوافذ الماصة للحرارة ؛ تقنيات النانو الذكية للتحكم فى الضوء والحرارة ؛ طلاءات تنقية الهواء ؛ طلاءات التنظيف الذاتى . وستتناول هذه الورقة استكشاف الصفات المبتكرة والخصائص لتلك المواد والتقنيات ، والمزايا المحتملة لاستخدام تلك المواد فى الغلاف الخارجى للمبنى على جودة البيئة الداخلية .

Abstract

Providing a good environment for human comfort inside the building is a fundamental goal of the architectural design process. The building's envelope is the main factor in providing a good internal environment for the occupants of the building as it is the carrier between external and internal conditions. The external conditions of the building are the result of many environmental influences, so the building envelope must be treated to limit these effects.

The environmental effects to be confirmed in this paper are solar radiation, external pollutants and noise.

Materials used in the treatment of the building's envelope can be classified into six main categories : insulation materials and nanotechnologies ؛smart nanotechnologies for light and heat control ؛temperature regulating nanomaterials ؛heat-absorbing windows ؛air purification coatings ؛self-cleaning paints.

This paper will explore the innovative qualities and characteristics of these materials and techniques, and the potential advantages of using these materials in the exterior of the building on the quality of the interior environment.

1. مقدمة :

أثرت المواد التى تعتمد على تكنولوجيا النانو تاثيرا كبيرا فى مجال التكنولوجيا خاصة فى مجالات الابحاث الفضائية والمستحضرات الطبية وعالم الالكترونيات . اما مجال العمارة فيعد احد أهم التطبيقات لتكنولوجيا النانو ، حيث ظهر مفهوم عمارة النانو ومواد النانو التى لها سلوكيات تفاعلية تحت ظروف معينة كنتيجة لتكنولوجيا النانو . وتستخدم مواد وتقنيات النانو فى العمارة فى التصميم الداخلى والخارجى والاثاث .

ولان توفير بيئة جيدة مريحة للانسان داخل المبنى هدف اساسى لعملية التصميم المعمارى ، كان لابد من دراسة تأثير استخدام مواد النانو فى معالجة غلاف المبنى على جودة البيئة الداخلية ، من خلال دراسة المؤثرات الخارجية على الغلاف الخارجى والتعرف على متطلبات الجودة فى البيئة الداخلية واستكشاف خصائص مواد النانوالمستخدمة فى معالجة الغلاف . الايروجل ، على سبيل المثال ، وهى مادة عازلة للحرارة تستخدم فى النوافذ بدلا من الزجاج التقليدى وذات نفاذية كبيرة للضوء المرئى ، وبذلك يمكن استخدام الزجاج بشكل أكثر حرية. هناك ايضا الطلاء العاكس للحرارة ،الذى باستخدامه يصبح السقف عنصرا للتبريد في المبنى وليس مصدرا للكسب الحراري غير المرغوب فيه . وهناك العديد من الإمكانيات الهائلة لمواد وتقنيات النانو التي يمكن استخدامها و تسخيرها في العديد من التطبيقات التي ترتبط مباشرة بجودة حياة الإنسان . وبذلك يمكن توفير بيئة داخلية جيدة داخل المبانى من خلال الاعتماد على المصادر الطبيعية مثل تحسين جودة الهواء الداخل للمبنى ، والاضاءة الطبيعية ، وحماية المبنى من العوامل الخارجية ، دون الحاجة لاستهلاك الطاقة ، مع الاهتمام بتطبيق استراتيجيات التهوية الطبيعية فى المبانى .

أختصارات

U-Value	معامل الانتقال الحرارى
SHGC	معامل الكسب الحرارى الشمسى
STC	فئة النفاذية الصوتية
Nm	نانومتر

2. ما هى تكنولوجيا النانو ؟

تكنولوجيا النانو " على حد قول اللجنة الفرعية للعلوم والتكنولوجيا النانوية الأمريكية (**NSET**) التابع للمجلس الوطني للعلوم والتكنولوجيا في الولايات المتحدة (**NSTC, White House**)، الذي ينسق المبادرة الوطنية للتكنولوجيا النانوية " هى : "البحث والتطوير التكنولوجي على المستويات الذرية والجزيئية أو الجزيئية ، في نطاق طول ما يقرب من 1- 100 نانومتر، لتوفير فهم أساسي للظواهر والمواد في نطاق النانو وخلق واستخدام الهياكل والأجهزة والنظم التي لديها خصائص ووظائف جديدة بسبب حجمها الصغير و / أوالمتوسط . [(9)]

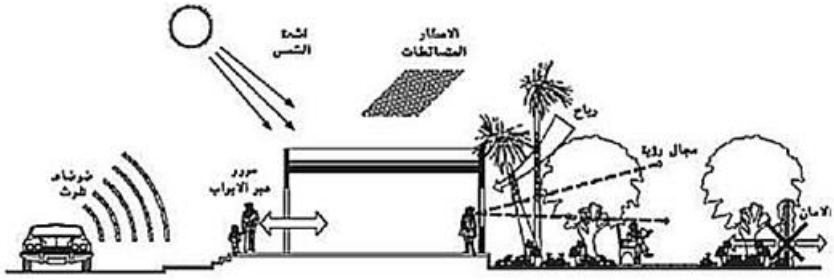
تسهم تكنولوجيا النانو إسهاما ملموسا في العديد من المجالات ، حيث تستخدم مركبات النانو سواء كانت جسمات نانوية او غيرها من المواد النانوية كمواد جديدة اويتم دمجها في المواد التقليدية بهدف تحسين خصائص المواد الأصلية ، اومنح تلك المواد الاصلية خصائص وظيفية جديدة مثل زيادة قوة الشد، والقدرة على التنظيف الذاتي، ومقاومة

الحريق أو حتى جعلها متعددة الوظائف[9] اما استخدام تكنولوجيا النانو في مجال العمارة فهو واسع ويختلف من المراحل المبكرة من الرسم وصولا الى اللمسات النهائية للتشطيب ، وخاصة في اختيار المواد المناسبة التي لن تنعكس فقط على التصميم ولكن أيضا لها تأثير كبير في منهجية التفكير المعمارية وفقا للخيارات الواسعة الجديدة [10] . وعند محاولة فهم ما هي تقنيات النانو التي يمكن أن تؤثر على تصميم المباني ، فإنه ينبغي أن يشار إلى طلاءات النانو ، مركبات النانو وجسيمات النانو .

طلاءات النانو : هي نوع من المركبات النانوية متناهية الصغر ، يكون سمكها عادة 1- 100 **nm** ، تتيح امكانية تغيير خصائص بعض المواد ، مثل تغيير انتقالية الإشعاع المرئي والأشعة تحت الحمراء في الزجاج ، أو إدخال خصائص جديدة مثل خاصية "التنظيف الذاتي". او احداث تحسينات هامة في الخواص الميكانيكية للطلاء (مثل الصلابة) ، والخصائص الكيميائية (مثل مقاومة التآكل) والخواص الكهربائية. [4]جسيمات النانو هي الجسيمات التى لها بعد واحد على الأقل أقل من **200nm**. ويمكن أن توصف الجسيمات النانوية المصنوعة من مواد شبه موصلة بالنقاط الكمومية إذا كانت صغيرة بما فيه الكفاية (عادة اقل من **10nm**) بحيث تحدث القفزات في مستويات الطاقة . اما مركبات النانو هى مركبات تنتج بإضافة الجسيمات النانوية إلى المادة السائبة من أجل تحسين خصائص تلك المواد . [6]

3. الغلاف الخارجي للمبنى:

"غلاف المبنى هو أكثر من واجهة ، فهو حلقة الوصل بين الفراغ الداخلي والعالم الخارجي " سواء كان إتصال الداخل بالخارج من خلال الاطلالة أو الدخول والخروج من المبنى ، أوإتصال الخارج بالداخل بالتأثير بالضوضاء أو الحرارة أو ما غير ذلك من العوامل الخارجية التى تؤثر على الفراغ الداخلى . كما يتضح من شكل (1) المؤثرات الخارجية على غلاف المبنى .



شكل 1. توضيح لأهم المؤثرات بين داخل وخارج المبنى من خلال الغلاف الخارجي له[2]

اما تعريف غلاف المبنى من حيث التكوين فهو عبارة عن مواد وتقنيات بناء تعمل على تغطية الفراغات الداخلية للمبنى ، وتكون هى العنصر الفاصل بين الظروف المناخية للبيئة الخارجية والبيئة الداخلية لفراغات المبنى .[2]

3 .1. المؤثرات الخارجية على غلاف المبنى :

3 .1 .1. العوامل المناخية : العوامل المناخة تشتمل على الشمس واشعتها و درجة الحرارة و الرطوبه والرطوبة النسبية ، حركة الهواء والرياح . وتختلف هذه العوامل طبقا للمناخ المحلى ، ولكل منها حدوده المريحة ، اما اذا تجاوزت العوامل تلك الحدود فانها تحتاج الى المعالجات لتدخلها فى مجال الراحة.

A .1.1. 3. الاشعاع الشمسى : عبارة عن الموجات الكهرومغناطيسية التى تبثها الشمس الى سطح الارض وتتراوح الاطوال الموجية للانواع المختلفة للاشعاع الشمسى من 0.28 الى 3.00 ميكرون (1ميكرون = 1000/1 من المليمتر) . وينقسم الاشعاع الشمسى بصفة عامة الى ثلاثة انواع رئيسية :

- الاشعة فوق البنفسجية Ultra violet: هى تمثل الاشعاع ذو الطول الموجى الاقل من 0.4 ميكرون وهى المسبب الاساسى لتدمير الاصباغ والالوان فى الخشب والمنسوجات والأسطح الملونة ، كما ان المواد الاساسية نفسها تتأثر أيضا. وبالتالي فإن الحماية الدائمة ضد الاشعة فوق البنفسجية أمر مرغوب فيه .
- الاشعة تحت الحمراء : Infra-redوهى تمثل الاشعاع ذوالطول الموجى الاكبر من 0.76 ميكرون .
- الضوءالمرئى : Visible light يمثل الضوء المرئى جزء صغير من الاشعاع الشمسى . وبالرغم من ان ذروة

الكثافة للاشعاع الشمسى تقع فى القطاع المرئى إلا ان أكثر الطاقة المنبعثة من الشمس مصدرها الاشعة تحت الحمراء.

B .1.1. 3. الرياح : يمثل فرق الضغط الجوى وطبيعة طبوغرافيا الموقع اهم العوامل المؤثرة على حركة الرياح وسرعتها .

C .1.1. 3 . المتساقطات : وهى تمثل الامطار والثلوج والبرد .[2]

3 .1. 2. الضوضاء : التلوث الضوضائى هو خليط متنافر من الاصوات ذات استمرارية غير مرغوب فيها ، وتقاس عادة بمقاييس مستوى الصوت ، والديسيبل هى الوحدة المعروفة عالميا لقياس الصوت وشدة الضوضاء. ومن المعروف ان الضوضاء تسبب الازعاج والتوتر العصبى ، واذا زادت نسبة الضوضاء عن 90 ديسيبل قد يفقد الانسان السمع[1] . تختلف نفاذية الصوت من مادة لاخرى ومن عنصر لاخر . ويعبرعن معدل نفاذية الصوت ب (**STC**). معدل ال (**STC**) يعطى فكرة تقريبية عن كمية الصوت التى يستطيع الحائط وقفها ، وكلما زادت قيمة **STC** كلما كانت المادة العازلة افضل .ويتضح من جدول (1) معدلات (**STC**) ودلالتها :

جدول 1. معدل ال (**STC**) ودلالته ، المصدر [11]

STC	اثر التطبيق **Track Application**
25	الكلام العادي يمكن سماعه وفهمه بسهولة
30	يمكن سماع خطاب بصوت عال وفهمه بسهولة
35	يمكن سمع خطاب عال دون فهمه
40	لا يكون الكلام بصوت عال سوى همهمه
45	الكلام الصاخب لا يسمع ، وأنظمة الموسيقى / الضجيج حركة المرور الثقيلة لا تزال مشكلة محتملة
50	الأصوات الصاخبة جدا مثل الآلات الموسيقية أو الستيريو يمكن سماعها بصعوبة
60	عازل للصوت ممتازة

3 .1. 3. الملوثات الخارجية : وتشمل الغبار والأبخرة والرطوبة وهي من بين الملوثات الرئيسية في الهواء الخارجى التي يمكن أن تخترق الأماكن المغلقة وتؤثر على صحة السكان .

ويعتبر غلاف المبنى هو العامل الاساسى فى توفير بيئة داخلية جيدة لساكنى المبنى نظرا لكونه العامل الناقل بين الظروف الخارجية والداخلية اللازمة لتوفير بيئة داخلية جيدة . وحيث ان البيئة الداخلية المطلوب تحقيقها تعتمد على عناصر غلاف المبنى ، كان من الاهمية معرفة تلك العناصرو المؤثرات المختلفة على كل عنصر.

3 .2. عناصرغلاف المبنى الرئيسية هى :

3 .2. 1. الاسقف : تتعرض اسقف المبانى الى اكبر قدرمن المؤثرات المناخية الخارجية مثل اشعة الشمس والامطار والثلوج على مدار اليوم . وتعتبر الاسقف هى الناقل الاساسى لانتقال الحرارة أو البرودة من اعلى . ونظرا لان سطح المبنى يتعرض لحرارة الشمس طوال اليوم بخلاف الحوائط التى تتعرض واجهاتها لاشعة الشمس على فترات مختلفة وبزوايا مختلفة ايضا ، فان الاهتمام بمعالجة الاسقف فى المبانى ضرورى لتحقيق الراحة لساكنى المبنى .

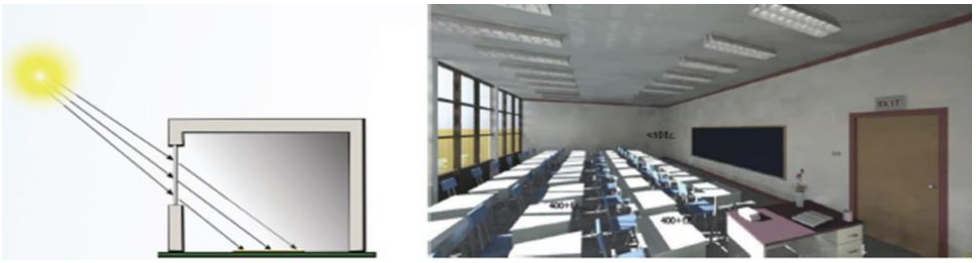
3 .2. 2. الحوائط : تمثل الحوائط النسبة الاكبر من غلاف المبنى من حيث المساحة ، وبذلك فهى من العناصر الهامة التى لها دوراساسى فى توفير بيئة جيدة لساكنى المبنى ، وان لم يتم عمل العزل المناسب لها فان الحرارة النافذة للمبانى قد تجعل درجة الحرارة الداخلية عالية لدرجة ان شاغلى المبنى لايشعرون بالراحة بداخله .ويتضح فى جدول (2) الاشعاع الشمسى الساقط على واجهات المبنى المختلفة :

جدول 2 - دراسة الاشعاع الشمسى الساقط على واجهات المبنى

الواجهة الجنوبية	تتعرض لمعظم اشعة الشمس طوال العام خاصة فى وسط النهار .
الواجهة الغربية	الاكثر حرارة وجفاف صيفا حيث تتعرض لأشعة الشمس المباشر بعد منتصف النهارو بجانب ذلك تتعرض للتيارات الهوائية الساخنة .
الواجهة الشرقية	تتعرض للإشعاع الشمسى المباشر منذ الشروق حتي منتصف اليوم .
الواجهة الشمالية	لا تتعرض للإشعاع المباشر إلا صيفا في اول النهار واخره أي أن المحصلة تكون صغيرة .

3 .2. 2. الفتحات الخارجية والواجهات الزجاجية :
النوافذ ضرورية لدخول الاضاءة والتهوية. لكن الزجاج المستخدم غير قادر على مقاومة انتقال الحرارة والبروده خلاله لقلة سماكته وكثافته العالية ، لذلك كان المصممين يلجأون لتقليل الفتحات والنوافذ. ونظرا لكون النوافذ والفتحات الخارجية للمبنى هى اكبر عناصر دخول الحرارة والبرودة والضوضاء داخل المبنى ، فهى تحتاج الى معالجات للاستفادة منها والحد من تاثيرها السلبى على جودة البيئة الداخلية للمبانى .

كذلك ينتقل الضوء فى خطوط مستقيمة من خلال النوافذ ويصطدم بالارض.. جزء من الضوء يمتص ويتحول لحرارة بدلا من إضاءة الفراغ الداخلى بالتساوى والنتيجة هى حدوث الوهج وعدم وجود راحة حرارية بالاضافة الى الاضاءة الضعيفة وزيادة الكسب الحرارى الشمسى كما يتضح من شكل (2) . والبديل هو استخدام عنصر شفاف بزاوية انتشار ضوئى واسعة ، يرفع جزء من الضوء للفراغ بدلا من الارض وتوزيعه بالتساوى فى الفراغ لتكون النتيجة هى اختراق عميق للطيف الكامل للضوء الطبيعى بدون التباين الحرارى المفرط والاثار الضارة للوهج .



شكل (2) حدوث الوهج فى المبانى نتيجة انتقال الضوء فى خطوط مستقيمة ، المصدر [12]

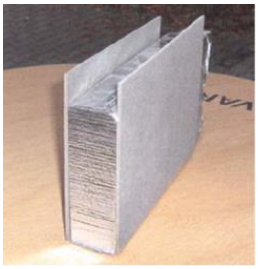
نجد مما سبق ان لكل عنصر من عناصر الغلاف الخارجى للمبنى دوره فى نقل المؤثرات بين الداخل والخارج ، وبالتالى يحتاج الى المعالجة للحد من انتقال تلك المؤثرات بهدف خلق بيئة داخلية جيدة .

4. تطبيقات تكنولوجيا النانو فى معالجة الغلاف الخارجى للمبانى : يمكن تصنيف المواد المستخدمة فى معالجة غلاف المبنى الى ست فئات رئيسية هى مواد وتقنيات النانو للعزل الحرارى ، مواد النانو لتنظيم درجة الحرارة ؛ النوافذ الماصة للحرارة ، تقنيات النانو الذكية للتحكم فى الضوء والحرارة ؛ طلاءات تنقية الهواء ؛ طلاءات التنظيف الذاتى .

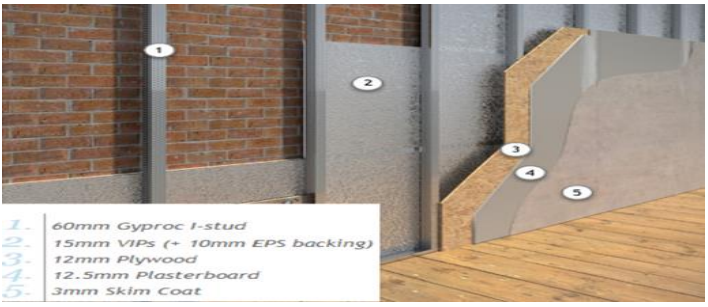
4. 1. تطبيقات النانو للعزل الحرارى : العزل هو وسيلة فعالة جدا لتقليل الاحمال الحرارية على غلاف المبنى . تقدم تكنولوجيا النانو مواد جديدة مع خصائص عزل افضل ومستدامة متقدمة الأداء :

A. 4. 1. Vacuum insulation panels (VIPs) : الواح العزل الحرارى للفراغات سمك الواح العزل (VIPs) يتراوح بين 2 ملم إلى 40 ملم ، الغلاف من رقائق بلاستيكية (مغلفة في كثير من الأحيان بالألومنيوم) أو من الفولاذ المقاوم للصدأ يحيط بالمادة المالئة للفراغ . المواد المالئة تأخذ شكل رغوة ، اومسحوق أو ألياف زجاجية وهى دائما مسامية ومقاومة للضغط ، كما يتضح فى شكل (3) .

(VIPs) هي أغلى من مواد العزل التقليدية لكنها توفرعزل أفضل وبذلك فهى تساهم بشكل اكبر فى تحقيق الكفاءة فى الطاقة و خفض كمية انبعاثات CO_2 ثانى اكسيد الكربون . يمكن تطبيقها على الجدران والاسقف والأرضيات ، كما يتضح فى الشكلين (4 و 5) . ويتضح من شكل (6) طرق تثبيت ألواح VIPs العازلة فى الواجهات .[13]

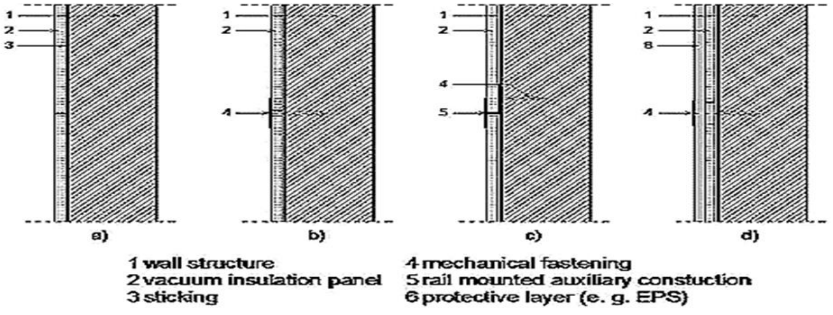


شكل (3) لوح عازل من ((VIP مغطى بطبقة حماية



شكل (4) العزل الحرارى الداخلى للحوائط ب ألواح VIPs، المصدر: [14]

شكل (5) العزل الحرارى الخارجى للاسقف والحوائط ب ألواح VIPs



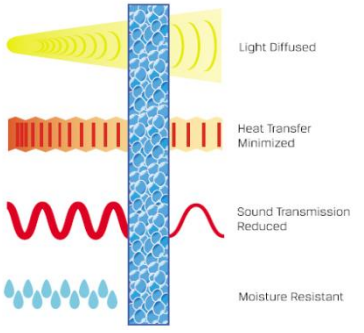
شكل (6) طرق تثبيت ألواح VIPs العازلة فى الواجهات ، المصدر [15]

B..1. 4. العزل الحرارى بالايروجل ***Aerogel :***

يطلق عليه اسم " الدخان المجمد" شكل (7) ، وهو يحتوي على نسبة 5 % فقط مادة صلبة و 95 % من الهواء ، ويقال أنه أخف مادة صلبة على الاطلاق (60 - -80 كجم/ م3). مسامية الايروجيل هى التى تمنع انتقال الحرارة وفى نفس الوقت تجعله حساس للرطوبة ، لذا غالبا ما يتم تسويقه فى شكل ساندوتش بين الواح مقاومة للرطوبة. و تتوفر الواح Aerogel مع شفافية تصل إلى 75 %. [(5)]

الايروجل هو مادة فريدة من نوعها يتميز بالانتقالية العالية للضوء ، ويتميز ايضا بالموصلية المنخفضة للحرارة ، يعمل على تقليل الكسب الحرارى من الشمس ، التقليل من الضوضاء المرسلة من الخارج ومضاد للاشعة فوق البنفسجية وبالتالى مقاوم للتغير فى اللون ، شكل (8) . [(3)]

شكل (7) الايروجل المسامى يشبه الدخان المجمد، المصدر :[(9)]



شكل (8) مخطط توضيحي لخصائص الايروجيل فى العزل الصوتى والضوئى والحرارى وعزل الرطوبة. [(16)]

بالنسبة لتطبيقات الايروجل فى عزل غلاف المبنى ، فهى نوعين :

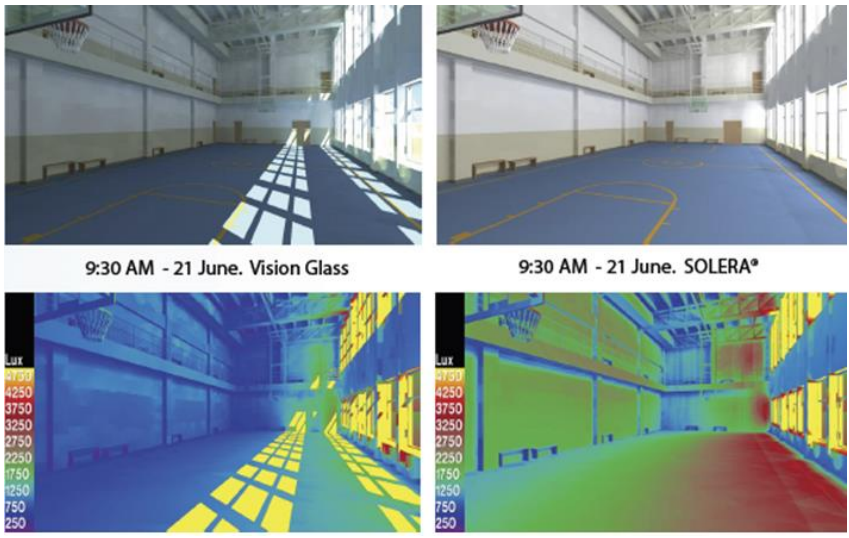
- وحدات الايروجل للنوافذ والفتحات : تقدم SOLERA العديد من منتجات الايروجل لتوفير الاضاءة الطبيعية للفراغات مع مدى واسع من العزل الحرارى ، الا ان احدث تلك المنتجات والذي يعد بديلا للمنتجات السابقة له هو SOLERA® R5+Aerogel. يتوافر R5+Aerogelبمساحات(1,524 mm x 3,658 mm) =′5 x 12′ وسمك (25.4mm =″1)، ومعامل تظليل .0.50 – 0.11 و بمقارنة SOLERA® R5+Aerogel ببعض الوحدات الزجاجية المعزولة والغير معزولة التقليدية الشائعة من حيث قيمة الانتقالية الحرارية **U**-Value فى جدول (3) :

جدول (3) مقارنة بين SOLERA® R5+Aerogel وبعض الوحدات الزجاجية المعزولة والغير معزولة التقليدية الشائعة ، المصدر : [(17)] ,[(12))].

(STC)	(SHGC)	U-Value W / m2K	نفاذية الضوء الطبيعى	نوع الزجاج	
32	0.81	6.19	89%	الزجاج الاحادى النقى	
35	0.7	2.73	79%	الزجاج المزدوج	الزجاج العازل التقليدى
39	0.35	2.04	74%	الزجاج العازل الثلاثى	
may exceed 52	0.10 – 0.42	1.14	10% – 45%	SOLERA® R5+Aerogel المصدر[27]	

من المقارنة السابقة نجد ان **U-Value** و معامل الكسب الحرارى الشمسى (**SHGC**) للايروجل هى الاقل . وبما انه كلما قلت قيمة الانتقالية الحرارية **U-Value** للمادة كلما كانت المادة افضل ، لذا فإن الايروجل فى النوافذ افضل من الوحدات الزجاجية التقليدية من حيث كفاءة العزل الحرارى .

وللحصول على اضاءة طبيعية جيدة يجب الاتقل نفاذية الضوء الطبيعى عن 45%و تتراوح نفاذية الايروجل للضوء الطبيعى بين 10% – 45% وهى نسبة قليلة مقارنة بالوحدات الزجاجية التقليدية الا ان قدرة الايروجل على نشر الضوء كما يتضح فى شكل (9) ، وبالتالى الحد من التباين او البهر تجعله الافضل .



شكل (9) محاكاة الإشعاع النهاري لصالة العاب رياضية ، توضح كيفية نشرالواح SOLERA للضوء الطبيعي مما يقلل من التباين (الوهج) ويزيد من مستوى الإضاءة المحيطة. المصدر: [12]

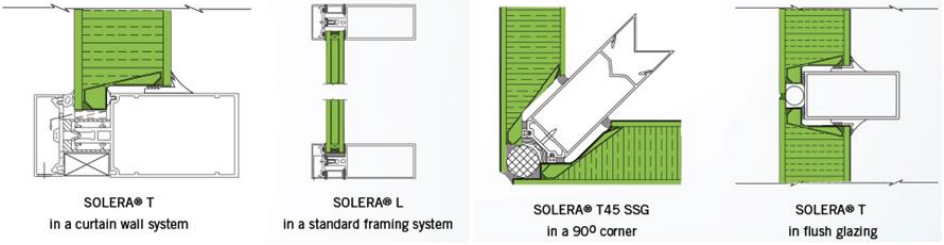
بالنسبة لفئة النفاذية الصوتية (**STC**) نجد ان الايروجل يحقق قيمة 52 وهذا يعنى ان الأصوات الصاخبة جدا مثل الآلات الموسيقية أو الستيريو يمكن سماعها بصعوبة .هذه القيمة هى الاكبروبما انه كلما زادت القيمة كلما كانت المادة العازلة افضل فان الايروجل هو الافضل من حيث العزل الصوتى .

تم تصميم وحدات **SOLERA** لتوفير الاضاءة الطبيعية للفراغات مع مدى واسع من العزل الحرارى مع التحكم فى نفاذية وانتشار الضوء ، السيطرة على الكسب الحرارى ، تقليل نفاذية الصوت ، تحقيق الجانب الجمالى ، الامان ،

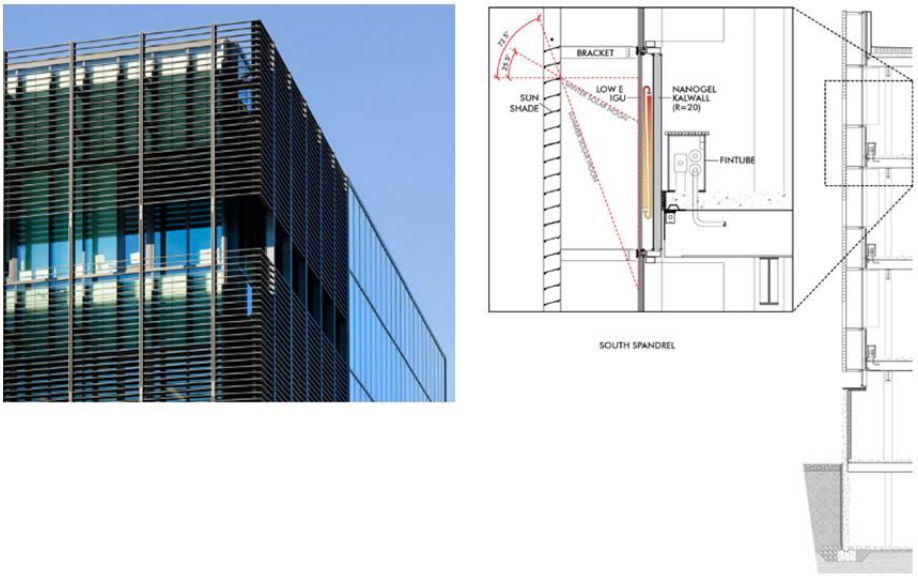
والعزل الحرارى . وهى مصممة لتناسب انظمة التأطير القياسية المختلفة مثل الحوائط الستائرية والنوافذ والوحدات الزجاجية فى الاسقف شكل (10) . الايروجل مضاد للاشعة فوق البنفسجية وبالتالى مقاوم للتغير فى اللون .[12]

شكل (10) SOLERA مصممة لتناسب انظمة التأطير القياسية المختلفة مثل الحوائط الستائرية والنوافذ ، المصدر : [12]

استخدام الايروجل فى التزجيج يسمح بفتح النوافذ والواجهات الزجاجية فى اى اتجاه دون القلق من حدوث التباين او البهربعد ان كان الاتجاه المفضل للفتحات والنوافذ هو الشمال . ايضا استخدام الايروجل فى الفتحات والنوافذ يلغى



المفاضلة التاريخية بين العزل الحرارى مقابل الضوء الطبيعى . يوضح شكل (11) قطاع راسى فى نوافذ الايروجل العازلة فى مبنى النحت بجامعة ييل (Yale University) . أيضا يوضح شكل (13) أنظمة الاضاءة الطبيعية باستخدام الايروجل .



شكل (11) قطاع راسى يوضح نوافذ الايروجيل الشفافة العازلة، توفر الاضاءة الطبيعية للفراغات الداخلية. **Yale University Sculpture Building** ، المصدر [13]

Structural Composite Panels for Skylights and Façades

Structural Polycarbonate Skylight Systems

Polycarbonate Façade Systems

U-Channel Glass

Insulated Glass Units

Continuous Vaults and Ridges with Ventilation Systems

Unit Skylights, Rooflights, and Smoke Vents

Tensile Structures /Fabric Roofing

شكل (12) : أنظمة الاضاءة الطبيعية باستخدام الايروجل ، المصدر[16]

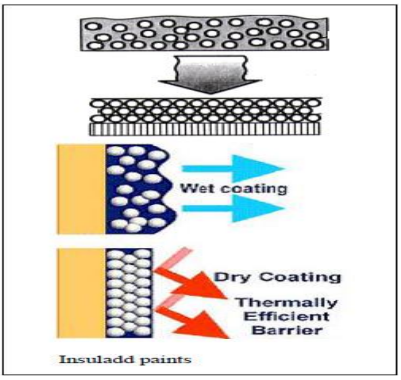
من الطرح السابق يمكن القول بان الايروجل افضل من النوافذ التقليدية فى العزل الصوتى والحرارى ونفاذية الضوء بجودة عالية .

Aerogel Blankets- للعزل الداخلى :

باستخدام Aerogel Blanketsيمكن الحصول على مستوى عال من العزل باستخدام سمك صغير من المواد. Aerogel Blanketsمسامية ولذلك فهى جيدة لمنع الرطوبة من التراكم ومنع تكون العفن داخل الجدار .العزل الداخلي للحوائط بالايروجل يقلل من قيم **U** بنسبة 44٪ ، ويقلل من استخدام الطاقة وبالتالى يقلل من انبعاثات الكربون. يتضح فى شكل (13) العزل الداخلى لحائط مصمت بالايرجل .

شكل (13) العزل الداخلى لحائط مصمت بالايرجل ، المصدر [18]

C..1 .4طلاءات العزل الحرارى ***INSULADD :*** المزيج المعقد من كريات السيراميك المجهرية المجوفة و التي تشكل إنسولادكما يتضح فى شكل (14) لها فراغ داخلى مثل زجاجات الترمس الصغيرة ، تم تصميمها لتخلط مع أي نوع من الطلاء ، وعند خلطها مع الطلاء وتطبيقها على الجدران الداخلية والخارجية ، والسقوف ، فإنها تكون بمثابة حاجز للإشعاع الحراري ، وتقلل من استخدام الطاقة بنسبة تصل إلى 20 في المئة . وبالمقارنة مع مواد العزل التقليدية مثل الألياف الزجاجية والسليلوز والصوف الصخري ، يفوز إنسولاد لأن هذه المواد لا يمكن أن تعكس الطاقة المشعة ، التي تمثل ما يصل إلى 93 في المئة من الحرارة المكتسبة في الصيف وتصل إلى 75 في المئة من الحرارة المفقودة في فصل الشتاء. فى الوقت الذى تسمح فيه هذه المواد للجدران والسقوف والأسقف لامتصاص الحرارة بدلا من انعكاسها.[19]



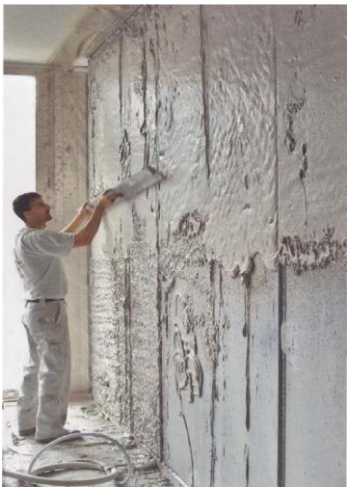
شكل (14) دهانات INSULADD [20]

4.1 . 2. النوافذ الماصة للحرارة ***Heat absorbing films :*** يحتوي زجاج النوافذ الماصة للحرارة على مواد كيميائية تتفاعل مع الحرارة . ويؤدي هذا التفاعل إلى امتصاص الطاقة بدلا من نقلها من خلال الزجاج ويقلل السطوع والوهج . الألوان الأكثر شيوعا للنوافذ تشمل البرونز والرمادي والأخضر أو الأزرق .
وتشمل الفوائد القدرة على الحد بشكل انتقائي من نفاذية الطاقة الشمسية بالنسبة للضوء المرئي ومنع الحرارة الشمسية بالاضافة الى 99 % من الأشعة فوق البنفسجية في حين يسمح بمرور الضوء المرئي من خلاله . شكل (15) . [21]

شكل (15) نانوفيلم للسيطرة على الحرارة والطاقة الأحمال في المبنى ، المصدر[22]

4.1 . 3.تطبيقات النانو لتنظيم درجة الحرارة : [9]
(PCMs) Phase change materials with Temperature regulation : ، يمكن استخدام (PCM)) كوسيلة فعالة لمعالجة تذبذب درجات الحرارة في المساء وخفض درجات الحرارة العالية نهارا. اى يمكن استخدامها على حد سواء للتدفئة وكذلك التبريد .
يتم صنع PCMs من البارافين paraffin و هيدرات الملح salt hydrates، حيث يتم جمع كريات البارافين الدقيقة التي يبلغ قطرها بين 2 و 20 نانومتر في كبسولات بلاستيكية محكمة . ويمكن دمج هذه المواد في مواد البناء ، حيث يسع سنتيمتر واحد مربع حوالي 3 ملايين كبسولة .
يمكن أن تمتص PCM درجات الحرارة العالية ، مما يسمح ببقاء الفراغات الداخلية أكثر برودة لفترة أطول ، مع الاحتفاظ باالحرارة في PCM لتستخدم فى تسييل البارافين . فعندما ترتفع درجة الحرارة ، تذوب المحتويات الشمعية للكبسولات ، ويتغير البارافين من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة . ونفس المبدأ يعمل في الاتجاه الآخر.
PCM متاح في شكل مواد مضافة (كبسولات) يمكن دمجها في مواد البناء التقليدية مثل اللصقات والواح الجبس لإضافة وظيفة تنظيم درجة الحرارة إلى الداخل ، (شكل 16) ، وايضا يمكن استخدام الواح الزجاج او كتل الخرسانة المعبأة ب PCMs مع خصائص احتفاظ محددة لتجهيز المبنى بخاصية التخزين الكامن للحرارة من البداية.

يحتاج PCM إلى التعرض للدفء لتقوم بوظيفتها. لذا لن يكون من المنطقي عمل عزل داخلى للجداراو السقف المعالج ب PCM لأن العزل سيعيق فعالية PCM .ايضا المواد التي تحتوي على PCMيجب أن تكون ذات موصلية حرارية جيدة لضمان النقل الحرارى السريع من وإلى **.** PCM



شكل 16. تطبيق PCM plasterعلى الجدران الداخلية يوفر العزل الحراري .المصدر [9] :

من بين المشاريع التي استخدم فيها PCM هو : **S**ur Falveng" housing" شكل (17) وهو مبنى يضم 20 شقة معزولة حراريا لذوي الاحتياجات الخاصة في جبال الألب السويسرية. جميع الشقق لديها مساحات واسعة من الزجاج تواجه الجنوب، اعتمادا على الموسم ، يتم تسخين الشقق عن طريق الاكتساب الشمسي السلبي . يحتوي مركز الزجاج المركب بسمك 8 سم على مادة تعبئة عبارة عن هيدرات الملح التي تعمل كمخزن حراري كامن للحرارة الشمسية وتحمي الغرف من السخونة الزائدة. يمتلك مخزن الحرارة الكامن قدرة امتصاص حرارية تعادل

جدار خرساني سمكه 15 سم . الواح الزجاج تكون شفافة عند ذوبان مواد التعبئة وتصبح بيضاء عند التجمد . وبالتالي فإن التغير فى حالة المواد ينعكس على الفور في مظهر المبنى.

شكل 17. مبنى " Sur Falveng" housing للمسنين في جبال الألب السويسرية ، المصدر [9] :

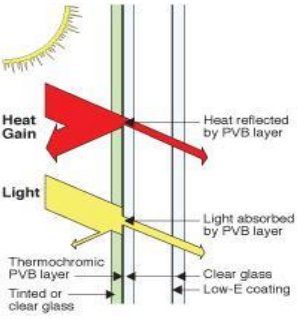
4.1 . 3. استخدام التقنيات " الذكية " فى النوافذ للتحكم فى الضوء والحرارة :
يعد التحكم في الضوء ، و الحد من الفقد والاكتساب الحرارى من خلال النوافذ أمر بالغ الأهمية للحد من استهلاك الطاقة في المباني . تقلل تقنيات النانو من الفقد والاكتساب الحرارى عن طريق الزجاج بفضل عدة تقنيات وهى :[5]

4.1A . 3. . Thin film coatings:هى اسطح حساسة للضوء يتم تطبيقها على زجاج النوافذ لها القدرة على فلترة الأشعة تحت الحمراء الغير مرغوب فيها للحد من الكسب الحرارى في المباني .

4.1B . 3. . : Thermo chromic Technology (نفاذية الضوء الطبيعى 54%-8%- معامل الكسب الحرارى . - 0.36 0.16

التقنيات الحرارية تتفاعل مع اى تغير فى درجات الحرارة وتوفر العزل الحرارى اللازم للحماية من الحرارة وفى نفس الوقت توفر اضاءة كافية. شكل (18) عبارة عن رسم تخطيطى يوضح انعكاس الحرارة وامتصاص الضوء من خلال Thermo chromic glass. شكل (19) يوضح اثر تفاعل الزجاج مع التغير فى الحرارة المحيطة .

قيمة U-valueللزجاج Thermo chromic، متغيرة و يمكن الحصول على U-value محددة عن طريق تحديد الصبغة الزجاجية المستخدمة ، ونوع الطلاء منخفض الانبعاثية Low-e coating المستخدم و مقدار الفراغ الهوائى . فالنوافذ ببساطة تتلون حسب المستوى المطلوب على أساس التعرض لأشعة الشمس فى كل يوم من أيام السنة ، في أي وقت من اليوم، ولأي اتجاه على المبنى .[23]



شكل 18 . رسم تخطيطى وامتصاص الضوء من خلال المصدر :[23]

يوضح انعكاس الحرارة طبقة Thermo chromic،

شكل 19 . Thermo chromic glass يتفاعل مع اى تغير فى درجات الحرارة ، المصدر [24]

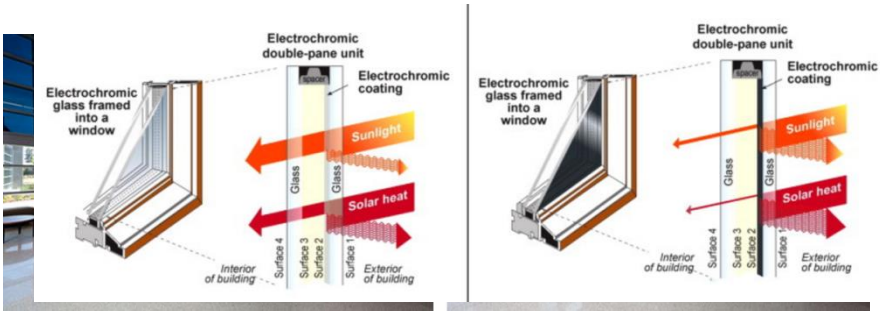
4.1C. 3. .:Photochromic Technology التقنيات اللونية الضوئية تتفاعل مع اى تغيرات فى شدة الضوء عن طريق زيادة وتقليل امتصاص الضوء. فهنا يسبب ضوء الشمس نفسه اظلام الزجاج تلقائيا دون تبديل . [25] فهى تسمح بدخول ضوء النهار بما يكفي لأغراض الإضاءة ، وتقلل من دخول ضوء الشمس الزائد الذي يسبب الوهج والتحميل الزائد على نظام التبريد . [26]

4.1 D. 3. . Technology : Electro chromic (يصل معدل نفاذية الضوء الطبيعى ل 50%-70 فى حالة الشفافية و 2%- 50% فى حالة التلون . أما u- value فهى حوالى [27] . 0.29)

تتفاعل الطلاءات الكهرومغناطيسية مع التغيرات في الجهد المستخدم باستخدام طبقة من اكسيد التنجستين ليصبح الزجاج مظلم بلمسة زر واحدة للحد من التاثيرات الغير مرغوب فيها مثل الوهج ، والحرارة الزائدة دون فقد الاتصال بالطبيعة المحيطة، (شكل - 20) . مفتاح واحد هو كل ما هو مطلوب لتغيير درجة نفاذية الضوء من حالة إلى أخرى

، أي للتغير من الشفافية للاظلام ومفتاح اخر للتغيير مرة أخرى (شكل-21) . وتعد الطاقة الكهربائية المطلوبة لتلوين طبقة الطلاء الرقيقة جدا هى الاقل، وعملية التحول نفسها تستغرق بضع دقائق .

شكل 20 . Glass Electro chromic تتفاعل الطلاءات الكهرومغناطيسية مع التغيرات في الجهد المستخدم.
المصدر: The Chabot College Community and Student Services Center's atrium ، [26]



شكل 21 . glass Electro chromic فى حالة الشفافية والتلون ، المصدر [27]

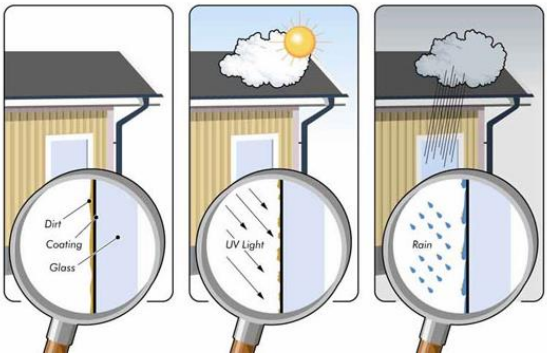
2.4. الحماية من تأثير الملوثات الخارجية (الاتربة والغبار) :

1.2.4. طلاءات التنظيف الذاتى – تاثير اللوتس : طلاءات التنظيف الذاتى - تاثير اللوتس هى طلاءات كارهه للماء Hydrophobic شكل (22) . استخدام طلاء التنظيف الذاتى (تأثير لوتس) يناسب معظم الأسطح التي تتعرض بانتظام لكميات كافية من المياه ، مثل مياه الأمطار. وكثيرا ما تؤدي كميات قليلة من الماء إلى وجود قطرات ماء تشكل مع الاتربة والاوساخ بقع جافة تاركة السطح اسوأ . [9] اى انه بدون وجود الماء ، استخدام هذه السطوح لا معنى له .و يمكن استخدامه فى جميع الواجهات لانه لا يحتاج للاشعة فوق البنفسجية .

شكل 22 . الية عمل تاثير اللوتس [9]

2.2.4. طلاءات التنظيف الذاتى بالتحفيز الضوئى :
الزجاج ذاتي التنظيف هنا يستخدم الخصائص التحفيزية لثاني أكسيد التيتانيوم TIO_2 الذى يصبح طاردا للماء عندما يتعرض للأشعة فوق البنفسجية. [4] ولكى يقوم طلاء التنظيف الذاتى فى وجود التحفيز الضوئى بالوظيفة المطلوبة ، شرط اساسى وجود الأشعة فوق البنفسجية ، والأكسجين والرطوبة الجوية ، شكل (23) والسطوح المناسبة يجب أن يكون مائلة وتتعرض لكميات كافية من المياه . لذلك يستخدم على واجهات المبنى وكل مواد البناء المستخدمة فى الواجهات ، التى تتطلب أن تكون مجهزة بسطح له خاصية التنظيف الذاتي . لكن افضل الواجهات لاستخدام طلاءات التنظيف الذاتى بالتحفيز الضوئى هى الجنوبية والشرقية والغربية . وحيث ان هذا الطلاء شفاف فيمكن تطبيقه على الزجاج دون تاثير على الشفافية .
لا يعمل تأثير التنظيف الذاتي بدون ماء ، لذا ينبغي تصميم البروزات مثل الافاريز بحيث لا تمنع مياه الأمطار أو الندى من الوصول إلى الواجهة . ومن الضروري أيضا في الزجاج ، الامتناع عن استخدام مانعات التسرب المصنوعة

من السيليكون – لان الزيوت التي تحتويها تنتقل على الزجاج وتتعارض مع طلاء السطح ، مما يجعلها كارهه للماء (hydrophobic) جزئيا وبالتالى تتواجد بقع متسخة غيرمرغوبة .



شكل 23 . رسم توضيحى ، لكى يقوم طلاء التنظيف الذاتى فى وجود التحفيز الضوئى بالوظيفة المطلوبة ، شرط اساسى وجود الأشعة فوق البنفسجية . والأكسجين والرطوبة الجوية. المصدر[28]

3.2.4. طلاءات النانو لتنقية الهواء : تطبيقات تنقية الهواء في الخارج بتقنية النانو هى وسيلة لمعالجة والحد من التلوث الموجود وتحسين نوعية الهواء في الخارج عن طريق تقليل كمية المركبات العضوية المتطايرة (VOCs) وأكسيد النيتروجين في الهواء إلى حد كبير[9]. وقد طور باحثون يابانيون الآن مادة جديدة لتكنولوجيا النانو تزيل بفعالية المركبات العضوية المتطايرة وكذلك أكاسيد النيتروجين والكبريت من الهواء عند درجة حرارة الغرفة. كما وردفي مجلة : Angewandte Chemie" أكسيد المنغنيز المسامي المدعم بجسيمات الذهب النانوية يزيل المركبات العضوية المتطايرة من الهواء ويحللها " .[29]

وقد تبين أن طلاءات التنظيف الذاتى بالحفز الضوئى لديها أيضا تأثير إضافي بشان تنقية الهواء . وقد أظهرت الابحاث أن كل 1000 م2 من الواجهة المعالجة بطلاء التنظيف الذاتى بالتحفيز الضوئى لها تأثير يعادل 70 شجرة نفضية اى متساقطة الاوراق متوسطة الحجم . ويمكن تطبيقها فى الدهانات و بلاطات الرصف . [9]

فى شكل (24) نجد كنيسة "Jubilee Church " فى ايطاليا : تظهر ثلاثة أشرعة عملاقة تصل إلى 36 متر في السماء تعطي هذه الكنيسة ومركز المجتمع مظهرها . الاشرعة مصنوعة من الخرسانة الجاهزة عالية الكثافة ، لونها الأبيض هو نتيجة لإضافة رخام كارارا وثاني أكسيد التيتانيوم إلى الخليط . خاصية التنظيف الذاتي بالتحفيز الضوئي تمكن المهندس المعماري من تحقيق ألوانه البيضاء في بيئة حضرية ملوثة بشدة بغازات عوادم السيارات . المبنى لا يبقى فقط نظيف ، بل تساعد المساحة الكبيرة من الأشرعة على مكافحة التلوث عن طريق الحد من كمية المركبات العضوية المتطايرة (VOC) وأكسيد النيتروجين في الهواء إلى حد كبير .

شكل 24 . استخدام طلاءات التنظيف الذاتى بالتحفيز الضوئى ، Jubilee Church, La Chiesa del Dio Padre Misericordioso, Rome, Italy

3.4. تقليل الضوضاء : النوافذ هى اكبر عناصر الغلاف المبنى انتقالية للصوت . بعض مواد العزل الحرار ى مثل Nano gel هى عازلة للصوت . عند دمجها في الواجهات الزجاجية والوحدات الزجاجية فى الاسقف و النوافذ و المناور الأنظمة التالية ، فإنه يعمل على تقليل الضوضاء المرسلة من الخارج . [3]

4.4. الحماية من الامطار : استخدام طلاءات التنظيف الذاتى تأثيراللوتس الذى لديه سطح شديد الطرد للماء يقلل منطقة الاتصال للمياه ، ومايتطلبه من ميول للاسطح يسهل عملية جمع مياه الامطار او انجراف الثلوج .

5. أثر استخدام تكنولوجيا النانو فى الغلاف الخارجى للمبانى على تحسين جودة البيئة الداخلية (IEQ) :

1.5. جودة البيئة الداخلية: ***(IEQ)*** طبقا لما يُعرف بعلم بيئة المباني فإن جودة البيئة الداخلية تشير إلى مدى كفاءة إقامة وراحة الناس بالمساحات الداخلية وفقا لما يتم تفسيره بمجموع ردود افعالهم النفسية والعضوية لعوامل التصميم المعماري . وهناك أربعة عناصررئيسية تشكل ما يسمى جودة البيئة الداخلية الجيدة وهي ؛ التهوية و جودة الهواء الداخلى ، والراحة الحرارية ، وضجيج الصوت ، ومستويات الإضاءة .

1.1.5. التهوية وجودة الهواء الداخلى : ***(IAQ)*** تعتبر التهوية الطبيعية مكون اساسى من مكونات جودة البيئة الداخلية فالتهوية الجيدة تعمل على تحسين الصحة و من ثم الانتاجية في حين ان معدلات التهوية السيئة قد تتسبب في مجموعة من الاثار الصحية و الحسية . ويمكن توضيح اهمية التهوية الطبيعية فى المبنى فى النقاط التالية:

- تبريد عناصر ومكونات المبنى من الاثاث والحوائط الداخلية والارضيات والاسقف والتى تتاثر بالحرارة المحيطة وتحتفظ بها فى اوقات الظهيرة .

- تحقيق الراحة الفسيولوجية للسكان والتى تعتمد على درجة الحرارة والرطوبة وحركة الهواء .

- الحفاظ على جودة الهواء الداخلى : جودة الهواء الداخلى هو مصطلح يشير الى نوعية الهواء داخل وحول المبنى . فالهواء يتلوث بالغازات مثل اول وثانى اكسيد الكربون والمركبات العضوية المتطايرة VOCs، والملوثات الجرثومية مثل العفن والبكتيريا . وللتخفيف من تلك الملوثات يجب التحكم فى مصادرها .

- التخلص من نسبة ثانى اكسيد الكربون الناتج عن تنفس مستعملى الفراغ واحلال الاكسجين بدلا منه .

- التخلص من الروائح الكريهة والضارة داخل الفراغ .

- التخلص من الرطوبة فى المبنى .

ويختلف معدل الهوية من فراغ لاخر حسب النشاط داخل الفراغ فعلى سبيل المثال فى غرفة المعيشة يكون معدل تجديد الهواء المناسب من 1 الى 1.5 مرة فى الساعة بعكس المطبخ مثلا حيث يصل معدل تجديد الهواء من 4الى 5 مرات فى الساعة نظرا لارتفاع نسبة الروائح وثانى اكسيد الكربون .

2.1.5.الراحة الحرارية :

الراحة الحرارية من اهم العوامل الفسيولوجية التى تؤثر بشدة على حالة الانسان ، ويشعر الانسان بالراحة الحرارية عندما يمكن للجو المحيط إزالة حرارة الجسم ورطوبته الزائدة بنفس معدل انتاجهما . وتعد العوامل المناخية المتمثلة فى الاشعاع الشمسى ودرجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية وحركة الهواء ، هى العوامل ذات التاثير المباشر على احساس الانسان بالراحة من عدمه .

3.1.5. الضوضاء : تسبب الضوضاء الازعاج والتوتر العصبى وإذا زادت الضوضاء عن 90 ديسيبل قد يفقد الانسان السمع . ويمكن معالجة الضوضاء داخل المبانى باستخدام مواد عازلة للصوت .

4.1.5. الاضاءة الطبيعية : هي الاضاءة التي يكون مصدرها الشمس ، وللضوء الطبيعى اهمية كبيرة فى التصميم الداخلى حيث يساعد فى توفير الراحة النفسية لشاغلى فراغات المبنى حيث يربط شاغلى المبنى بصريا بالبيئة الخارجية ، كذلك يربط الانسان بالوقت وبظروف الطقس وبدون دخول ضوء النهار يفقد الانسان الاحساس والارتباط بالطبيعة . بالاضافة الى فوائده فى تنظيم الوظائف البيولوجية فى جسم الانسان .
وهناك عدة عوامل تحدد كمية الاضاءة داخل الطبيعية النافذة الى الفراغ وهى ؛ اتجاه الفتحات وعلاقتها باتجاه الشمس ، وتوجيه المبنى ، والمساحة المزججة كالنوفذ والفتحات السقفية ، والخصائص الضوئية لمادة الزجاج .

2.5. أثر استخدام تكنولوجيا النانو فى الغلاف الخارجى للمبانى على جودة البيئة الداخلية (*IEQ*) :

جدول 4 . ملخص أثر استخدام تكنولوجيا النانو فى الغلاف الخارجى للمبانى على جودة البيئة الداخلية

عناصرجودة البيئة الداخلية	اثر استخدام تكنولوجيا النانو فى الغلاف الخارجى	استخدام مواد وتقنيات النانو فى الغلاف الخارجى للمبنى + الاهتمام باستراتيج يات االتهوية الطبيعية = بيئة داخلية جيدة
الراحة الحرارية	توفر تقنيات النانو مواد عزل جديدة للحماية من الحرارة الناتجة عن الاشعاع الشمسى مثل ال VIPs فى الحوائط والارضيات وAerogel فى الحوائط والنوافذ والفتحات الزجاجية فى الحوائط والاسقف و Thin-film insulation وHeat absorbing films ، التقنيات " الذكية "فى النوافذ والفتحات الزجاجية فى الاسقف والواجهات ، بالاضافة الى طلاءات INSULADD للعزل الحرارى فى الحوائط الداخلية والخارجية والاسقف . اما درجة حرارة او برودة الفراغات الداخلية فنجد PCMs لتنظيم درجة الحرارة لتلك الفراغات . وبذلك تكون تكنولوجيا النانو قد وفرت التحكم و الحماية من تاثير الاشعاع الشمسى وتنظيم ارتفاع او انخفاض درجة الحرارة الفراغات الداخلية . أما تحقيق بقية العوامل اللازمة لاحساس الانسان بالراحة الحرارية والمتمثلة فى حركة الهواء والرطوبة النسبية يستدعى حدوث التهوية الطبيعية .	
الاضاءة الطبيعية	يحتاج الانسان لدخول الاضاءة عبر النوافذ وبما ان النوافذ التقليدية هى اكبر عناصر دخول البرودة والحرارة لقلة سماكتها وقلة مقاومتها لانتقال الحرارة ، لذلك كان المصممين يلجأون لتقليل الفتحات والنوافذ والنتيجة هى محدودية الاستفادة من الاضاءة الطبيعية . توفر تكنولوجيا النانو ، تقنية Thermo chromicالتى تستجيب لاى تغير فى درجات الحرارة وتوفر العزل الحرارى اللازم للحماية من الحرارة وفى نفس الوقت توفر اضاءة كافية . وعند دمج النانو جل في الواجهات الزجاجية والوحدات الزجاجية فى الاسقف و النوافذ و المناور ، فإنه يحقق الكفاءة الحرارية وفى نفس الوقت يسمح بنفاذية ضوء النهاردون حدوث التباين او البهر. وبزيادة خصائص العزل للزجاج مع الاحتفاظ بخاصية النفاذية للضوء الطبيعى يمكن استخدام الزجاج بحرية دون التقيد بعدد الفتحات اومساحة التزجيج ، والنتيجة هى تحقيق اقصى استفادة من الاضاءة الطبيعية .	
	استخدام طلاءات التنظيف الذاتى على الزجاج يمنع تراكم الاوساخ والاتربة التى قد تعوق نفاذية الضوء الطبيعى .	
جودة الهواء الداخلى	الهواء المستخدم فى التهوية الطبيعية فى المبنى قد يكون محملا بالملوثات مثل المركبات العضوية المتطايرة . استخدام تقنيات النانو لتنقية الهواء فى الغلاف الخارجى للمبنى يقلل تلك الملوثات و يحسن نوعية الهواء .	
العزل الصوتى	النوافذ التقليدية هى اكثر عناصر المبنى نفاذية للضوضاء ، استخدام الايروجل فى النوافذ والفتحات الزجاجية يحقق كفاءة فى العزل الصوتى .	

النتائج :

- يمكن توفير بيئة داخلية جيدة داخل المبانى من خلال الاعتماد على المصادر الطبيعية مثل تحسين كفاءة الهواء الداخل

للمبنى ، والاضاء ة الطبيعية ، وحماية المبنى من العوامل الخارجية ، باستخدام مواد النانو .

- خصائص تحكم الغلاف فى توفير بيئة داخلية جيدة يعتمد اساسا على المواد والتقنيات المستخدمة فى معالجة عناصرالغلاف من الحوائط والاسقف والفتحات الزجاجية والنوافذ .
- باستخدام مواد النانو اصبح بالامكان الحصول على بيئة داخلية جيدة دون الحاجة للتعقيدات الميكانيكية والالكترونية ، ودون الحاجة لاستهلاك الطاقة .
- استخدام مواد النانو فى الغلاف الخارجى للمبانى لا يحل محل التهوية الطبيعية .

التوصيات :

- على المصمم توظيف مواد النانو فى غلاف المبنى لتحقيق بيئة داخلية جيدة ومناسبة لشاغلى المبنى وتوعية الزبائن حول اهمية استخدام مواد النانو فى توفير بيئة داخلية جيدة وتوفير الطاقة .
- عند معالجة غلاف المبنى بمواد وتقنيات النانو ، على المصمم الاهتمام بتطبيق استراتيجيات التهوية الطبيعية فى .

المراجع العربية :

١ -أبو سخيلة ، إسماعيل . "أثر التقنيات الحديثة على تصميم الغلاف الخارجي وتحسين البيئة الداخلية للمباني ، رسالة (ماجستير) ، كلية الهندسة ، الجامعة الاسلامية ، قسم العمارة ، 2015 .

٢- محمد ، عيسوى . " تأثير تصميم الغلاف الخارجى للمبانى على الاكتساب الحر ارى والراحة الحرارية للمستعملين : منهج لعملية التصميم البيئى للغلاف الخارجى للمبانى" ، رسالة ماجستير غير منشورة ، جامعة القاهرة ، ٢٠٠٣.

References

3 - Fouad ،Faten . " Nano Architecture and Sustainability ،Master thesis ،Department of Architecture Faculty of Engineering, University of Alexandria ،2012.

4-Filipponi ،Luisa, Sutherland ،Duncan. "NANOTECHNOLOGIES: Principles, Applications, Implications and Hands-on Activities" , the European Commission Directorate-General for Research and Innovation Industrial technologies (NMP), 2013.

5-George Elvin ،Nano technology for Green Building ،Green Technology Forum 2007.

6-Hanafi ،Ahmed. "Nanotechnology and Sustainable Building Design and Construction : with Focus on Passive Building Systems ،" (NTC 2012) ،p3.

7-Hemeida ،Fahd. "GREEN NANO ARCHITECTURE ،" Master thesis ،Department of Architecture Faculty of Engineering, University of Alexandria ،2010.

8- Hosny ،Inas , Nano materials and their applications in interior design, American International Journal of Research in Humanities, Arts and Social Sciences.

9-Leydecker, Sylvia. "Nano Materials in Architecture, Interior Architecture and Design" , Birkhauser, Basel, Boston, Berlin **. 2008** ،

10-Waked ،Anaheed. “Nano materials applications for conservation of cultural heritage”. Department of Architecture, Modern Academy for Engineering &Technology, Cairo, Egypt, WIT Transactions on The Built Environment, Vol. 118, © 2011 WIT Press, page 577.

Web sites

11- http://www.soundproofingcompany.com/soundproofing101/understanding-stc/

12- http://www.advancedglazings.com/product-overview/# ،2017

13- http://kierantimberlake.com/posts/view/137/ ،2017

14 - http://www.kevothermal.eu/internal-wall-insulation-diagra ،2017

15- https://www.researchgate.net/figure/289128493_fig1_Figure-2-Fixing-methods-of-vacuum- insulation-panels-on-facade-walls ، 2017

16- http://www.cabotcorp.com/solutions/applications/construction/daylighting ،2017

17- http://www.timberbuiltrooms.com/glass.html ،2017

18- http://www.aerogel.uk.com/about-blanket.html ، 2017

19- http://www.insuladd.com/ ،2017

20- http://greendimensions.wikidot.com/nanotechnology-in-architecture ، 2016
21- http://www.zissil.com/topics/Heat-Absorbing-Glass-Windows، 2017
22- http://www.saflex.com/en/DownloadLibrary.aspx?f1=archi ، 2011
23- http://www.commercialwindows.org/thermochromic.php ، 2017
24-http://earthtechling.com/2010/06/ravenwindow-smart-windows-darken-to-cool-your-home/ ، 2017
25-
http://www.kkavazi-interiors.com/nano-materials-in-architecture-interior-architecture-and-design/ , 2017
26- http://www.commercialwindows.org/ ، 2017
27- http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212609012000118 ،2017
28 -http://root.xlwindows.co.uk/activ/activ.htm ،2017
29- http://www.nanowerk.com/news/newsid=1710.php ، 2017