



## المعالجات الحرارية لمتاحف الآثار في ظل مفهوم الاستدامة Thermal Curing for Antiquities Museums under the Concept of Sustainability

إعداد

م.م / رفيق رضا زارع موسى

قسم الديكور ، كلية الفنون الجميلة ، جامعة المنيا ، مصر.

**ملخص:**

يمثل تصميم متاحف الآثار الجديدة وإعادة تأهيل المتاحف القائمة في مصر فرصة كبيرة لتطبيق معايير الاستدامة وتحويل المبنى نفسه إلى معرضاً لعرضه ، إلا أن السيطرة والتحكم في المناخ الداخلي لمبنى المتحف يمثل موضوعاً معقداً جداً لأنه ينطوي على تلبية نوعين مختلفين من المتطلبات هما ، أولاً الظروف الملائمة لمستويات الراحة الحرارية للإنسان والتي تتمثل في درجة حرارة الهواء ، مقدار الإشعاع الحراري ، الرطوبة النسبية ، سرعة تدفق الهواء ، ونوعية الملابس المصرح بارتدائها لشاغلي المتحف. وثانياً الظروف الملائمة للحفاظ الوقائي للمجموعات المعروضة والمخزنة ، حيث الاهتمام الأكبر بتلك المخاوف المتعلقة بالتغيرات المناخية السريعة بالنسبة لدرجات الحرارة والرطوبة النسبية تبعاً للتغيرات الموسمية في المناطق المناخية المختلفة. إن دراسة وتحليل المخاطر التي تؤثر على مجموعات المتحف هو أمر ضروري لضبط المناخ الداخلي لمبنى المتحف ، والذي يعني ضرورة التخطيط في تنفيذ هذه العملية برمتها عبر مراحل المشروع المختلفة منذ البداية وحتى التسليم النهائي وأيضاً خلال فترة تشغيل المبنى ، حيث يلقي البحث الضوء على بعض المعالجات التصميمية لكفاءة الراحة الحرارية داخل مبنى المتحف بدءاً من اختيار الموقع ، توجيه المبنى ، وشكل كتلته مروراً بتقنيات بناء الغلاف الخارجي ثم فاعلية الأنظمة الميكانيكية الموجودة بالمتحف والتي من خلالها يتم السيطرة والتحكم في المناخ الداخلي لتلبية احتياجات مباني المتاحف عالية الأداء.

**الكلمات الدالة:** متحف ، الآثار المصرية ، الاستدامة ، الراحة الحرارية ، متاحف الآثار ، كفاءة الطاقة ، الحفاظ الوقائي للأثر ، عوامل تدهور الأثر.



**ABSTRACT:**

**Thermal Curing for Antiquities Museums under  
the Concept of Sustainability**

The design of new archaeological museums and the rehabilitation of existing museums in Egypt represent a great opportunity to implement sustainability standards and transform the building itself into an exhibition. However, controlling and controlling the internal atmosphere of the museum building is a very complex subject because it involves meeting two different types of requirements: The temperature of the air, the amount of thermal radiation, relative humidity, air flow velocity, and the quality of clothing authorized by the museum occupants. And secondly, the conditions for the precautionary conservation of the exhibited and stored populations, where the greatest concerns are related to rapid climate changes relative to temperature and relative humidity depending on seasonal variations in different climatic zones.

The study and analysis of the risks that affect the museum collections is necessary to control the internal climate of the museum building, which means that the whole process must be planned through the different stages of the project from the beginning to the final delivery and also during the period of operation of the building. The thermal comfort efficiency inside the museum building began with the choice of the site, the direction of the building, the mass of the building through the techniques of building the outer envelope and then the effectiveness of the mechanical systems in the museum through which control and control of the internal climate to meet the needs of buildings Tahv high performance.

**Keywords:** Museum, Egyptian Antiquities, Sustainability, Thermal comfort, Archeology museums, Energy efficiency, Preventive conservation of impact, Factors of degradation of impact.



## ١ . مقدمة:

تصنف المتاحف كحالة خاصة جداً من المباني التي تجمع بين الغرض الأصلي في المحافظة على المقتنيات وعرض أجزاء من التراث الإنساني جنباً إلى جنب مع العديد من الوظائف الأخرى ، وتميل المتاحف اليوم إلى أن تكون مراكز متعددة الاستخدامات تجمع بين الثقافة والتعليم والترفيه ، ويمثل تصميم المتاحف الجديدة وإعادة تأهيل المتاحف القائمة فرصة كبيرة لتطبيق مبادئ الاستدامة وتحويل المبنى نفسه إلى "معرض لعرضه" ، مما يخلق فرصة عظيمة لتعليم وتشجيع الاستخدام الرشيد للطاقة والوعي البيئي فكلما زادت جودة البيئة الداخلية بتوفير المتطلبات البيئية داخل الحيز كلما قلت معدلات استهلاك الطاقة.

## ٢ . السيطرة والتحكم في المناخ الداخلي:

إن أجسامنا يتم التحكم بها للحفاظ على درجة حرارة أساسية ثابتة (قريبه من ٣٧ درجة مئوية) وهي تعمل في هذه الحرارة بشكل أفضل بينما تمثل أي اختلافات ضرراً على الجسم ، وقد تم استنباط هذه النتائج على مدى فترة طويلة وتحت تأثير العديد من المتغيرات. فالعامل الأهم هو ضرورة التخلص من الحرارة التي تولدها أجسامنا كمنتج ثانوي لنظم الأيض "التمثيل الغذائي" ، فالحرارة التي ننتجها تختلف من حوالي ١٠٠ واط عند الراحة إلى حوالي ١٠٠٠ واط عند النشاط الجسدي ، حيث ينتج الذكر البالغ في ظروف طبيعية في الداخل حوالي ١١٥ واط منها حوالي ٩٠ واط حرارة ملموسة والباقي ٢٥ واط حرارة كامنة<sup>(٧)</sup>.

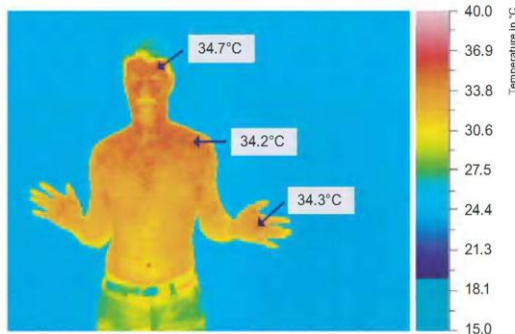
إن فقدان الحرارة من الجسم يحدث بعدة طرق ، فالحرارة الملموسة<sup>\*</sup> تفقد من الجلد أو عن طريق التنفس أو السطح الخارجي للملابس بواسطة انتقال الحرارة والإشعاع الحراري ، والحرارة الكامنة<sup>\*\*</sup> يتم فقدها من خلال تبخر الرطوبة المنتشرة من خلال الجلد والتعرق وتبخر الرطوبة أثناء التنفس ، حيث يعتمد معدل فقد الحرارة من الجسم على درجة حرارة الهواء ومتوسط الإشعاع الحراري لما يحيط بنا (مثل متوسط درجة حرارة الجدران ، والزجاج ، والسقف ، والأرضية في أحد الغرف) وسرعة الهواء ونوعية الملابس التي نرتديها .

<sup>\*</sup> الحرارة الملموسة: هي التي يمكننا الإحساس أو الشعور بها ويمكن كشفها من خلال التغيرات في درجة الحرارة.

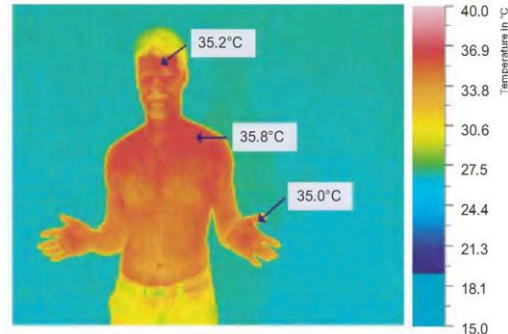
<sup>\*\*</sup> الحرارة الكامنة: هي الحرارة التي يمكن تحريرها عند درجة حرارة ثابتة أثناء تغير الحالة (مثل تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة أو الحالة الغازية).

"ففي المناخ المعتدل يكون ضغط بخار الماء الجوي له تأثير طفيف على تدفق الحرارة من الجسم ، بعكس المناخ الحار الذي يمتد فيه تأثير الرطوبة بشكل أكبر ، فيمكن للجسم العاري (إذا كان مظلاً من الشمس) أن يكون مستريحاً إلى حد كبير في حوالي (٢٨ - ٣٠ درجة مئوية) وفي رطوبة نسبية معتدلة حوالي ٥٠٪. كما أن درجات الحرارة المحيطة ترفع استجابة الجسم إلى توجيه المزيد من الدم إلى السطح ، مما يزيد من درجة حرارة الجلد وفقدان الحرارة بالإضافة إلى التعرق لفقد الحرارة من خلال التبخر ، ونبدأ في الشعور بعدم الارتياح عندما تصبح هذه الاستجابات بالغة.

وعندما تنخفض درجات الحرارة المحيطة ، فإن الجسم سيحدد من فقدان الحرارة عن طريق الحد من تدفق الدم إلى السطح ، مما يقلل من درجة حرارة الجلد وعدم التعرق ، وتتسبب البثور الجلدية بفعل عضلات متناهية الصغر في رفع الشعر من على الجلد ، مما سيقلل من تدفق الهواء وفقدان الحرارة عبر السطح هذا بالإضافة إلى استخدام الملابس لمواجهة البرودة. ومع درجة حرارة الهواء فيما بين (٢٠ - ٢٦ درجة مئوية) نحد من فقدان الحرارة لدينا باستخدام الملابس ولكن عموماً نشعر بالارتياح ، وتزداد كمية الملابس التي نحتاجها مع انخفاض درجة الحرارة ويصبح الجو العام أقل راحة ، وإذا كان فقد الحرارة من خلال ملابسنا كبيراً جداً فيتم توليد المزيد من الحرارة عن طريق الارتجاف أو الارتعاش الذي يحدث خصيصاً للتحكم في درجة الحرارة<sup>(٧)</sup>.



شكل (٢) تصوير بالأشعة تحت الحمراء ، يوضح درجة حرارة سطح الجلد لشخص في مستويات منخفضة من النشاط البدني ، وفي بيئة محيطة حوالي ٢٦ درجة مئوية.



شكل (١) تصوير بالأشعة تحت الحمراء ، يوضح درجة حرارة سطح الجلد لشخص في مستويات مرتفعة من النشاط البدني ، وفي بيئة محيطة حوالي ٢٦ درجة مئوية.



وعلى ذلك فهناك هدفان ذات صلة بتصميم المبنى :  
أولاً ، جعل المبنى مريحاً من خلال الحفاظ على معدلات مناسبة لدرجات الحرارة بحيث لا يكون مقدار التغير كبيراً كما بالبيئة الخارجية الغير متحكم فيها .  
ثانياً ، أجسامنا قادرة على الحفاظ على درجة حرارة أساسية مستقرة جداً مع الحرارة الناتجة عن عمليات الأيض "التمثيل الغذائي" وهي إلى حد ما ثابتة على مدى واسع من درجات الحرارة الخارجية ، ويتم ذلك مع القليل أو المعدوم من إنفاق الطاقة من خلال مزيج من عمليات التحكم كالتعرق وتغيير تدفق الدم (وبالتالي فقدان الحرارة عن طريق الجلد) وتغيير الملابس لتناسب الظروف والتغيرات المختلفة . وقد حققت المباني الحديثة الهدف الأول المتمثل في الحفاظ على معايير الراحة الداخلية ثابتة إلى حد ما ، ولكن مع استخدام كميات كبيرة من الطاقة لتوفير التدفئة أو التبريد لمواجهة البيئة الخارجية المتغيرة ، ويمكن خفض كمية الطاقة المستخدمة بشكل كبير إذا اعتمدت المباني مبادئ التحكم الفسيولوجية الحيوانية ، وبذلك نحتاج أولاً إلى فهم الراحة البشرية وكيف يتم إنفاق الطاقة ليتمكن توفيرها .  
"إن معايير الراحة هي مسألة شخصية تختلف من فرد إلى آخر ، وهي تنطوي على العديد من المتغيرات بعضها ذات طبيعة بيولوجية مثل العمر والجنس والحالة الصحية والنظام الغذائي وبعضها مادي له قاعدة فسيولوجية أساسية ، فتشتمل الراحة الحرارية على ما يلي :

— درجة حرارة الهواء وتدرجها — الإشعاع الحراري

— حركة الهواء — ضغط بخار الماء المحيط

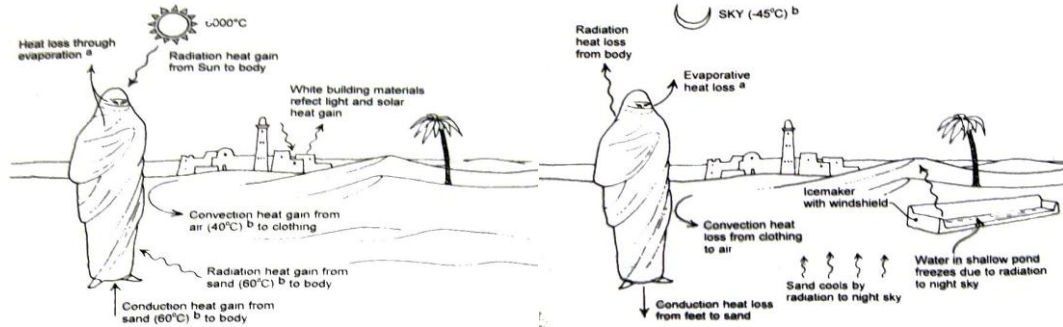
— كمية الملابس التي يرتديها شاغلي المبنى — مستوى نشاط شاغلي المبنى

وهناك عوامل أخرى تؤثر على الراحة العامة مثل مستويات الإضاءة ، وكمية الضوضاء ، ووجود بعض الروائح ، حيث يتأثر الأفراد بمثل هذه العوامل النفسية التي تسيطر على بيئتهم وتتحكم في متعتهم أثناء تأدية أعمالهم ، وبالنسبة لبعض المتغيرات فمن الممكن تحديد معدلات مقبولة لهذه العوامل لكن القيم المثالية لها تعتمد على كيفية تفاعلها مع بعضها البعض ، على سبيل المثال درجة الحرارة وسرعة الهواء وبعض الأولويات الشخصية المفضلة<sup>(٣)</sup> . إن السيطرة والتحكم في المناخ الداخلي لمبنى المتحف يمثل موضوعاً معقداً جداً لأنه ينطوي على تلبية نوعين مختلفين من المتطلبات هما ، الظروف

### الملائمة لتحقيق الراحة الحرارية للإنسان والظروف الملائمة للحفاظ الوقائي للأثار. ٣. الراحة الحرارية للإنسان:

لتحقيق الراحة الحرارية يجب أن لا يشعر الفرد بالحرارة الشديدة أو بالبرودة الشديدة أو يكون لديه أي جزء من الجسم حار جداً أو بارد جداً ، ليصبح الأساس الفسيولوجي لهذا هو أن كمية الحرارة التي ينتجها الجسم في توازن مع الحرارة التي يفقدها بشكل مريح داخل آلية التحكم في الجسم ، وينبغي أن لا يكون هناك أي أجزاء من الجسم قد اضطرت للعمل خارج هذه الحدود المريحة من أنظمة التحكم.

هناك العديد من الآليات التي تنقل الحرارة وبالتالي تؤثر على هذا التوازن ، فالحرارة تتدفق دائماً من الأجسام الساخنة إلى تلك الباردة ، وقد يكون اكتساب أو فقدان الأفراد للحرارة اعتماداً على درجة الحرارة النسبية لأجسادهم وما يحيط بها ، فإنها قد تكتسب الحرارة فعلاً من خلال آلية واحدة وفي الوقت ذاته تفقدها من خلال آلية أخرى. فعلى سبيل المثال ، في يوم حار جداً في الصحراء يكون كلاً من الهواء والرمال على الأرجح أكثر سخونة من جسم الشخص ، وبالتالي يتم تسخين الجسم بفعل الرمال التي يقف عليها بالإضافة إلى الهواء والشمس اعتماداً على درجة حرارة الهواء والجسم ذاته ، فإن آلية التبريد الوحيدة قد تكون عن طريق التبخر من خلال التنفس والتعرق.



شكل (٤) آليات التوصيل الحراري في الصحراء خلال فترة النهار

شكل (٣) آليات التوصيل الحراري في الصحراء خلال فترة الليل

إن العمليات الأربعة للنقل الحراري من التوصيل ، والانتقال الحراري ، والإشعاع الحراري ، والتبخر والتكثيف ، تلك العمليات الفيزيائية الأساسية التي تنطبق على كلاً من البشر والمباني على حد سواء.



#### ٤ . مستويات الراحة الحرارية للإنسان:

جميع العمليات السابق ذكرها تساهم في التوازن الحراري لدينا وهي مجموع آثار الحرارة المتبادلة من قبل الجسم مع بيئته ، ونحن نشعر بالراحة في بيئتنا إذا كنا نستطيع الحفاظ على توازننا الحراري دون بذل الكثير من الجهد وعدم الراحة إذا كان على أجسامنا أن ترتجف لتوليد الحرارة أو تعرق بغزارة لإنقاذها . ومن الواضح أن مستويات الراحة الحرارية تقع ضمن حدود الارتجاف والتعرق والتي تعتمد على أربعة من العوامل البيئية هي درجة الحرارة ، والإشعاع الحراري ، والرطوبة ، وسرعة الهواء . كما تشير فيزياء نقل الحرارة إلى أن الظروف المثلى تعتمد أيضاً على اثنين من العوامل الشخصية هما نشاط الشخص وملابسه ، وقد تم تأكيد ذلك من خلال البحوث حول تفضيل الشاغلين في مجموعة متنوعة من الظروف الحرارية .

##### ٤ . ١ . درجة حرارة الهواء "Air Temperature":

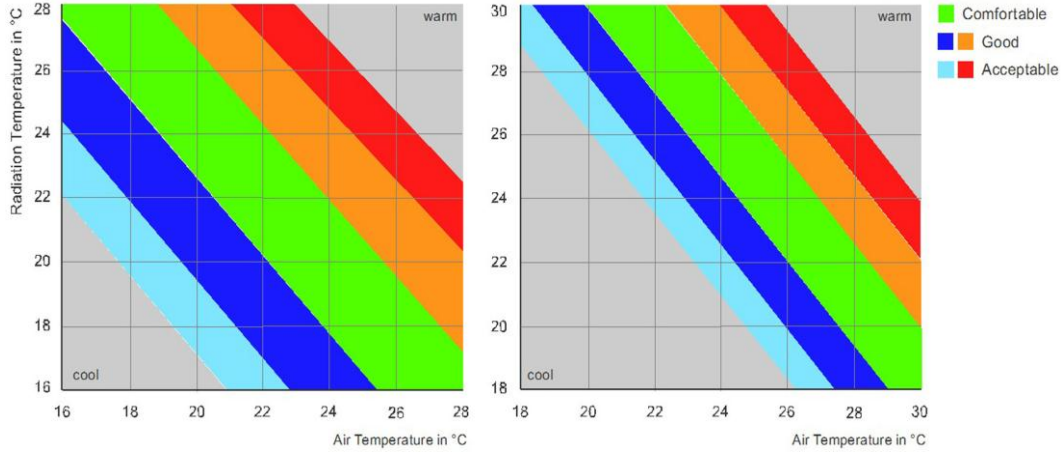
إن المناخ الذي يعمل فيه الشخص له تأثير عميق على كيفية تصرفه ومدى نجاحه ، وعادة ما يكون كل شخص مختلف وما هو مريح تماماً لشخص قد يكون غير مريح للغاية بالنسبة لجاره ، ولكن بشكل عام يقع نطاق الراحة في الأماكن المغلقة في منتصف مخطط القياس النفسي للشاغلين ، وعادة تكون الحدود المقبولة للراحة في فصل الشتاء حيث تتراوح درجات الحرارة ما بين (٦٨ - ٧٥ درجة فهرنهايت) أي ما بين (٢٠ - ٢٤ درجة مئوية) ، وفي فصل الصيف حيث تتراوح درجات الحرارة ما بين (٧٢ - ٨٠ درجة فهرنهايت) أي ما بين (٢٢ - ٢٧ درجة مئوية)<sup>(٥)</sup> .

##### ٤ . ٢ . الإشعاع الحراري "Thermal Radiation":

"هو تأثير الإشعاع الشمسي المباشر أو الإشعاعات الأخرى على الجلد ، والتي يمكن أن تؤثر على راحة الأشخاص داخل المبنى عندما تكون هناك أشعة شمس مباشرة بدون تظليل أو حماية داخل الفراغ"<sup>(٥)</sup> ، حيث تزداد الحرارة بزيادة كمية الإشعاع الشمسي .

وبالنسبة للحيزات المغلقة ذات المدة الطويلة للإقامة ، فإنه درجة حرارة التشغيل تعتبر من أهم المعايير الواجب تحديدها بدقة ، وهي عبارة عن متوسط القيمة الناتجة عن درجة حرارة الأسطح الداخلية أو درجة الإشعاع الحراري ودرجة حرارة الهواء في الأماكن المغلقة ، حيث يتم تحقيق أعلى درجات الإرضاء للمستخدمين عند درجة حرارة تشغيل في نطاق ٢٢ درجة مئوية شتاءً و٢٥ درجة مئوية صيفاً ،

ويمكن تغيير النسبة بين حرارة الإشعاع ودرجات حرارة الهواء عن طريق مزايا العزل الحراري لنظام الواجهة وكتلة المبنى أو من خلال بعض التقنيات المستخدمة.



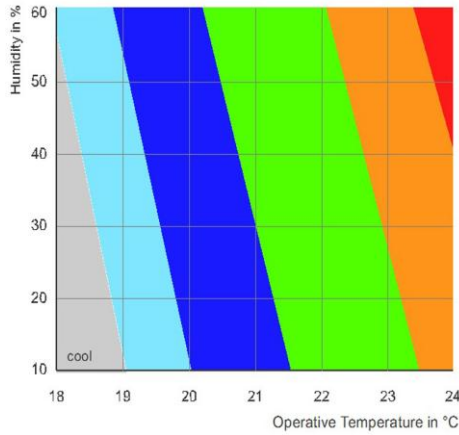
شكل (٦) يوضح نطاق درجة حرارة التشغيل المريحة داخل غرفة شتاءً (ملابس خفيفة) ، ويلاحظ أن ارتفاع الإشعاع الحراري يعادل درجات حرارة خارجية أكثر برودة

شكل (٥) يوضح نطاق درجة حرارة التشغيل المريحة داخل غرفة صيفاً (ملابس خفيفة) ، ويلاحظ أن انخفاض الإشعاع الحراري يعادل درجات حرارة خارجية أكثر دفئاً

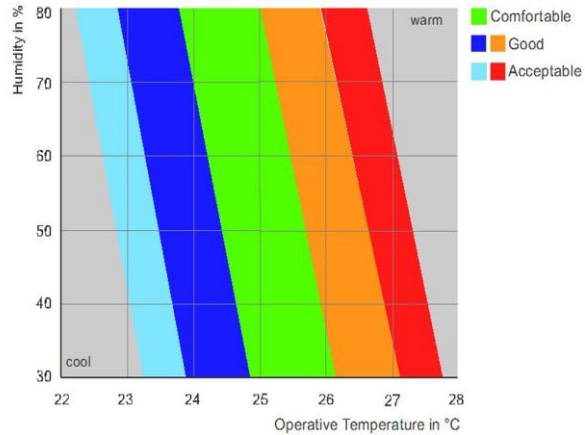
### ٤.٣ . الرطوبة النسبية "Humidity":

في أي موسم إذا قلت الرطوبة النسبية في الأماكن المغلقة عن ٣٠٪ يعتبر المناخ جاف جداً وسوف يؤدي إلى الشعور بعدم الراحة والجفاف بالإضافة إلى حدوث تهيج مخاطي بالعينين والممرات الهوائية للإنسان ، في حين أن ارتفاع مستويات الرطوبة تسبب صعوبة في عملية التعرق وبالتالي التبخر الذي يساعد على التخلص من الحرارة الزائدة ، وفي حالة زيادة نسبة الرطوبة فوق ٧٠٪ يمكن أن تسبب التعفن من خلال التكثيف الذي هو إلى جانب خطورته على الصحة يمكن أن يلحق أضراراً جسيمة بالمبنى ، وعادة يمكن تحمل مستويات رطوبة أقل في فصل الشتاء ومستويات رطوبة أعلى في فصل الصيف ، ولكن مستويات الرطوبة النسبية في الأماكن المغلقة خارج نطاق ٣٠ - ٦٠٪ عموماً غير مريحة في جميع الفصول<sup>(٤)</sup>.





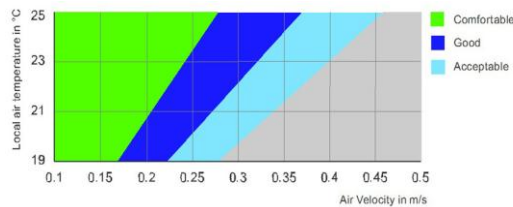
شكل ( ٨ ) تأثير الرطوبة النسبية على درجة حرارة التشغيل في الأماكن المغلقة خلال فصل الشتاء



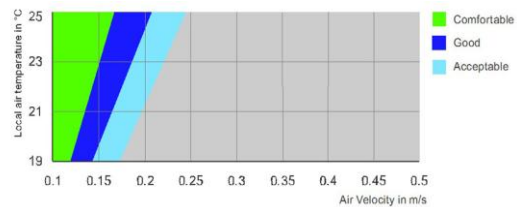
شكل ( ٧ ) تأثير الرطوبة النسبية على درجة حرارة التشغيل في الأماكن المغلقة خلال فصل الصيف

#### ٤.٤ . سرعة تدفق الهواء "Airflow Velocity":

تعتبر سرعة الهواء من المتغيرات التي تؤثر في المناخ الداخلي وتعتمد على علاقة الفرد بالفتحات والأبواب والنوافذ والمراوح ، وهي جزء لا يتجزأ من أعمال تكييف الهواء ( سواء للتدفئة أو للتبريد ) من خلال توزيع الهواء في الأماكن المغلقة ، وبالتالي يجب أن يكون لها سرعة محددة ويصبح الهدف هو إدخال أعلى سرعة للهواء يكون لها تأثير ضئيل أو معدوم على شاغلي المبنى ، ومن المرجح أن يسبب ارتفاع سرعة الهواء عدم الراحة في المناخ الداخلي البارد ، وعلى العكس من ذلك ، يكون موضع ترحيب في المناخ الدافئ في الأماكن المغلقة<sup>(٤)</sup>. "حيث تقدر سرعة تدفق الهواء في فصل الصيف بحوالي (٠.٤٩ قدم/ثانية) أي حوالي (٠.١٥ متر/ثانية)<sup>(٥)</sup> . (٠.١٨ متر/ثانية) ، بينما في فصل الشتاء بحوالي (٠.٤٩ قدم/ثانية) أي حوالي (٠.١٥ متر/ثانية)<sup>(٥)</sup> ."



شكل (١٠) يوضح سرعات الهواء المريحة عند مستوى تدفق منتظم  
درجة الاضطراب ١٠٪ اعتماداً على درجة حرارة الهواء



شكل (٩) يوضح سرعات الهواء المريحة عند مستوى تدفق مضطرب  
درجة الاضطراب ٥٠٪ اعتماداً على درجة حرارة الهواء



#### ٤.٥ . نوعية الملابس "Dress Code":

تؤثر الملابس المصرح بارتدائها لشاغلي المبنى على درجة الحرارة المثلى للمبنى ، ففي فصل الشتاء تنخفض معدلات التدفئة كلما ارتدى شاغلي المبنى ملابس رسمية ثقيلة وفي فصل الصيف تنخفض معدلات التبريد في حالة السماح بارتداء ملابس خفيفة غير رسمية ، ومن الناحية النظرية فإن جميع شاغلي المبنى لديهم نفس مستوى عزل الملابس ولكن في كثير من الأحيان تكون هناك اختلافات كبيرة في الخصائص الحرارية لما يرتديه كلا من الرجال والنساء .

ومما سبق نستطيع القول بأننا غالباً ما نشعر بعدم الارتياح إذا كان هناك اختلافات كبيرة في الظروف البيئية حول أجسامنا مثل :

- اختلافات كبيرة في درجة حرارة الهواء ، حيث يرتفع الهواء الدافئ إلى أعلى مسبباً تدرج كبير في درجة حرارة الغرفة ما بين بارد بالقرب من الأرض وساخن بالقرب من السقف ، وهذا يعطي حالة غير مرضية من رأس ساخنة وقدم باردة .
  - اختلافات كبيرة في درجة الحرارة الإشعاعية ، ويشعر بها عند الجلوس بالقرب من نافذة باردة كبيرة أو عند مصدر لدرجات الحرارة العالية مثل المدفئة .
  - التيارات الهوائية ، وتعتمد على سرعة تدفق الهواء أو حدوث اضطراب في حركة الهواء داخل الغرفة .
- وقد أظهرت الكثير من الدراسات تأثير كبير للوضوء على الراحة ، فالأشخاص العاملين في مكاتب بمناطق هادئة هم أقل احتمالاً بكثير للشعور بعدم الارتياح في درجات الحرارة العالية من تلك العاملين في مناطق صاخبة .

#### ٥ . الحفظ الوقائي للأثر "Preventive Conservation":

في المتحف وبشكل عام وفي أي مساحة مخصصة للعرض لا يمكننا التفكير في المناخ الداخلي دون الانتباه لمدي تأثير هذا المناخ على المعروضات ، إن أفضل الظروف التي يجب أن يعرض فيها أي عمل فني من حيث الإضاءة والتحكم في المناخ هي مسألة خاصة بأحد فروع علم الحفظ تسمى بالحفظ الوقائي ، وعلى هذا فإن مرمم الآثار بالمتحف هو الشخص المسئول عن متابعة أهداف الحفظ الوقائي عن طريق اختيار أفضل ظروف الحفظ المخصصة لكل عرض .



مجلة البحث في التربية وعلم النفس

كلية التربية – جامعة المنيا

كلية مُعتمدة من الهيئة القومية لضمان جودة التعليم



ويقع الاهتمام الأكبر في متاحف الآثار بتلك المخاوف المتعلقة بالتغيرات المناخية السريعة بالنسبة لدرجات الحرارة والرطوبة النسبية تبعاً للتغيرات الموسمية في المناطق المناخية المختلفة ، ولهذا الغرض قام المركز الدولي لدراسة وحفظ واستعادة الممتلكات الثقافية "ICCROM"<sup>(\*)</sup> ، بالتعاون مع وكالة التراث الثقافي في هولندا "RCE"<sup>(\*\*)</sup> ، والمعهد الكندي لحفظ الطبيعة "CCI"<sup>(\*\*\*)</sup> ومتحف الطبيعة ، بدراسة المخاطر التي تؤثر على المجموعات المعروضة وأظهرت نتائج تحليل المخاطر أنه من الضروري ضبط المناخ الداخلي لمبنى المتحف ، وهذا يعني ضرورة التخطيط في تنفيذ العملية برمتها بدءاً من البدء وحتى التسليم ومن خلال التشغيل أيضاً تحديداً المخاطر المناخية التي تتعرض لها المعروضات بوضوح وهي كما يلي :

- التلف الكيميائي "Chemical Deterioration": يشمل جميع العمليات التي تكون فيها التفاعلات الكيميائية هي السبب الرئيسي لاضمحلال المعروضات.
  - التلف البيولوجي "Biological Deterioration": يشمل العمليات التي يؤدي فيها نمو العفن أو هجوم الآفات الحشرية إلى تلف المعروضات.
  - التلف الميكانيكي "Mechanical Deterioration": يشمل العمليات التي يحدث فيها تشقق وتصدع للمواد وتشوهها نتيجة للضغوط الناجمة عن التمدد والانكماش بفعل التقلبات المناخية.
- وينبغي إلقاء نظرة عامة للتعرف على مخاطر المناخ الداخلية المختلفة الناتجة عن الرطوبة النسبية الخاطئة ودرجة الحرارة الخاطئة وإيجاد نهج لإدارة هذه المخاطر على مختلف المواد والمعروضات التي يمكن أن يصيبها الضرر.

٥.١. رطوبة نسبية خاطئة "An Incorrect Relative Humidity":

تلعب الرطوبة النسبية للهواء دوراً هاماً في العمليات الثلاثة لتلف الأثر ، حيث يتطلب التدهور البيولوجي وجود كمية معينة من الرطوبة اللازمة لنشاط الكائنات الحية الدقيقة لتتغذى على المواد

<sup>\*)</sup> the International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property.

<sup>\*\*)</sup> the Cultural Heritage Agency of the Netherlands.

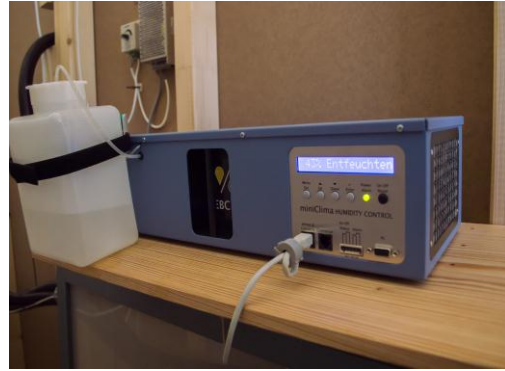
<sup>\*\*\*)</sup> the Canadian Conservation Institute.



مجلة البحث في التربية وعلم النفس  
كلية التربية – جامعة المنيا  
كلية مُعتمدة من الهيئة القومية لضمان جودة التعليم



العضوية وتسبب التلف ، وتعتبر عمليات التحلل المائي والتآكل الشديد من بين عمليات التدهور الكيميائية التي تعتمد في الأساس على مستويات الرطوبة النسبية. وكقاعدة عامة ، كلما زادت الرطوبة النسبية زادت سرعة عمليات التحلل الكيميائي ، وفي حالة عمليات التدهور الميكانيكي تقوم التغيرات في الرطوبة النسبية بإحداث تغير لاحق في محتوى الرطوبة وما ينتج عن ذلك من تورم وتقلص للمواد يؤدي إلى حدوث تشوهات وكسور ، بينما عند انخفاض الرطوبة النسبية بدرجة كبيرة يحدث جفاف لا رجعة فيه مثل ما يحدث في بعض المواد كالمخطوطات<sup>(٢)</sup>.



شكل (١٢) يوضح استخدام استراتيجيات المناخ الجزئي داخل

قاعات العرض

Residence Museum, Celle Castle, Germany. □

شكل (١١) يوضح الأجهزة المستخدمة للتحكم في الرطوبة النسبية

بوحداث العرض

Lower Saxony State Museum, Hanover, Germany. □

## ٥.٢ . درجات حرارة خاطئة "Incorrect Temperature":

"تلعب درجة الحرارة دوراً هاماً في عمليات التدهور الكيميائية والبيولوجية حيث يزيد معدل التفاعلات الكيميائية عند درجات حرارة أعلى ، فمن حيث المبدأ ، كلما انخفضت درجة الحرارة كلما كان العمر المتوقع للمواد أطول وبالتالي قابليتها للاستخدام في العرض المتحفي ، كما تلعب درجة الحرارة أيضاً دوراً في العمليات الفيزيائية الميكانيكية ، فالمواد ذات نقطة انصهار منخفضة يمكن أن تصبح ليينة وتشوه في درجات حرارة أعلى ، ومن ناحية أخرى ، يمكن أن تصبح بعض المواد هشة عند درجات حرارة منخفضة نسبياً ، وهناك تأثير ثانوي لارتفاع درجات الحرارة وهو امتزاز الرطوبة في المواد المسترطبة"<sup>(٢)</sup>.



مجلة البحث في التربية وعلم النفس

كلية التربية – جامعة المنيا

كلية مُعتمدة من الهيئة القومية لضمان جودة التعليم



ويتم تحديد الحد الأعلى لدرجات الحرارة حوالي (٢٥ درجة مئوية) أي (٧٧ درجة فهرنهايت) وفقاً لمتطلبات الراحة البشرية مع القبول الضمني لخطر تدهور أسرع للمواد الكيميائية الغير مستقرة ، وحيثما كان ذلك ممكناً يوصى بقبول درجات حرارة أقل لأغراض الحفظ تتراوح ما بين (١٧ - ١٨ درجة مئوية) أي (٦٣ - ٦٤ درجة فهرنهايت) خاصة خلال موسم التدفئة مما يؤدي إلى خفض تكاليف استهلاك الطاقة.

### ٥.٣ . تحديد زمن الاستجابة للمواد "Response Time":



شكل (١٣) مواد ورقية معروضة في صندوق زجاجي مع وقت استجابة معتدل  
Dom Museum, Hildesheim, Germany. □



شكل (١٤) مواد ورقية مخزنة في صناديق من الورق المقوى  
مع وقت استجابة طويل



شكل (١٥) تابوت خشبي ملون معروض داخل صندوق زجاجي مع وقت  
استجابة طويل □

بالإضافة إلى فهم حساسية المواد لتقلبات الرطوبة النسبية أيضاً من الضروري معرفة مدى سرعة تفاعلها مع هذه التقلبات ، فالاضطرابات قصيرة الأمد في الرطوبة النسبية لا تسبب تغيرات كبيرة في توازن معظم المواد المسترطبة ما لم يكن الاختلاف النسبي للرطوبة كبيراً بما يكفي ليتسبب في التكتيف ، وكثيراً ما يتم عرض المواد ذات زمن الاستجابة القصير مثل الورق والمجلدات وراء زجاج أو معبأة في صناديق منفصلة ، مما يزيد بشكل كبير من زمن الاستجابة ليستغرق أيام قبل أن تكون المواد في حالة توازن كامل مع الرطوبة النسبية الجديدة.

ويعرف الوقت اللازم لمادة للوصول إلى التوازن الكامل مع الظروف البيئية الجديدة بزمن الاستجابة ، وغالباً ما يستخدم مفهوم نصف الوقت للوصول إلى نصف الاستجابة الكاملة أي نصف العمر ، ونصف العمر هو الوقت الذي تستغرقه المادة للوصول إلى نصف التغير الكامل ، وهو يعكس بشكل أسرع



شكل (١٦) تابوت خشبي ملون معروض مفتوح داخل صندوق زجاجي مع وقت استجابة طويل  
Roemer and Pelizaeus Museum, Hildesheim,

استجابة المادة لظروف الرطوبة النسبية المتغيرة في بداية عملية التوازن أو خلال النصف الأول من استجابة المادة<sup>(٢)</sup>، ولذلك ينبغي النظر إلى الإبطاء من استجابة المواد المختلفة كتدبير وقائي فعال.

وبالنسبة للأجسام الضخمة ينبغي أن يؤخذ في الاعتبار أن السطح يتفاعل أولاً قبل الداخل، حيث تتطلب الأجسام الكبيرة وقتاً طويلاً يصل إلى بضعة أشهر لتتوازن تماماً مع الظروف البيئية الجديدة،

فعندما تعاني هذه الأجسام من تذبذب في الرطوبة النسبية فإن السطح يمتص أو يطلق الرطوبة بسرعة وبالتالي يخلق تدرج في مستويات الرطوبة داخل المادة، مما يؤدي إلى ظهور شقوق شعرية صغيرة على سطح المادة، وبالنسبة للأجسام المتعددة الألوان فإن المسامية السطحية ودرجة التصاق الطبقة العليا من العوامل الرئيسية التي تحدد ما إذا كان هذا النوع من الاستجابة يسبب ضرراً أم لا.

وعادة ما تنخفض معاملات انتشار الرطوبة في الأجسام الخشبية مع انخفاض درجة الحرارة وبالتالي يزيد بشكل كبير من زمن استجابة الأجسام لتغيرات الرطوبة النسبية، ويمكن أن يكون هذا التأثير واحد من العوامل التي تؤخذ في الاعتبار للحفاظ على الأعمال الفنية الخشبية.

#### ٤.٥. فئات المناخ الداخلي للمتحف والمخاطر:

يتم تحديد حجم المخاطر باحتمال وقوع ضرر معين أو بالمعدل الذي تتقدم فيه عملية تدهور معينة وما يترتب على ذلك من آثار، ومن خلال الجمع بين فهمنا للظروف البيئية وحساسية المواد المعروضة يمكن تقدير حجم بعض المخاطر المناخية، وعلى الرغم من أن لكل مبنى مناخ داخلي خاص به وأن الظروف التي تتعرض لها المجموعات في المتاحف تختلف اختلافاً كبيراً، إلا أنه من الممكن وصف الظروف المناخية داخل مبنى المتحف بشكل عام وتقسيمها لخمس فئات مناخية طبقاً لمستويات الحفظ المختلفة وهي (صارمة، معقولة، الحد الأدنى، بدون، خاصة أو محددة). وتم تصميم هذا التصنيف لتوضيح المفاهيم



المناخية اللازمة لمتطلبات إنشاء متحف أو مشروع تجديده وإعادة تطويره ، كما يمكن استخدام هذه الفئات المناخية لوصف المناخات الداخلية الحالية والتاريخية للمتحف مع إمكانية وصف عمليات التدهور وما يلحق بها من أضرار.

ونستطيع أن نستنتج مما سبق ، أنه لا يوجد مناخ محدد واحد يقلل من جميع المخاطر لجميع أنواع المجموعات المعروضة داخل المتحف ، "وقد أصدر المعهد الأمريكي لحفظ الأعمال التاريخية والفنية "AIC"<sup>(\*)</sup> والذي تم إنشاؤه عام ١٩٧٢م بعض القواعد الإرشادية لدرجات الحرارة والرطوبة النسبية الخاصة بحفظ معظم المواد الثقافية ، حيث تتراوح درجات الحرارة ما بين (٥٩ - ٧٧ درجة فهرنهايت  $\pm 4$  درجات للانحراف اليومي) أي ما بين (١٥ - ٢٥ درجة مئوية  $\pm 2$  درجة للانحراف اليومي) وتتراوح الرطوبة النسبية ما بين (٤٥ - ٥٥  $\pm 5\%$  للانحراف اليومي)<sup>(٦)</sup>.

وعلى هذا فإن التخطيط الواعي لمنهج التصميم البيئي على أساس المبادئ المناخية البيولوجية من خلال جمع الاستراتيجيات الفعالة من أجل خلق أفضل ظروف للأماكن المغلقة تتناسب مع كلاً من الراحة البشرية للزائرين والعاملين والحفظ الوقائي للأثر في ضوء الأهداف الموفرة للطاقة ، تلك الهدف الذي يتطلب طريقة تصميم محددة لإدارة مثل هذا التعقيد والتعامل مع مختلف التخصصات المعنية.

#### ٦. المعالجات التصميمية لكفاءة الراحة الحرارية:

إن الظروف المناخية المحلية السائدة من أهم الاعتبارات لتطوير وتصميم وتشبيد المباني ذات الاحتياجات المنخفضة من الطاقة بصرف النظر عن استخدامها ، ولتحقيق البيئة المناخية والفرغ الداخلي المناسب للراحة الحرارية للإنسان يجب التعرف على المنطقة المناخية التي يعيش فيها وتحليل خصائصها ، للاستفادة بما لها من مميزات وتلافي ما بها من عيوب.

"وتقع مصر والمنطقة العربية بين مداري الجدي والسرطان ، وهي المنطقة التي يطلق عليها المنطقة ذات المناخ الحار والتي تتباين الرطوبة النسبية فيها بين المنخفضة والعالية" ، "حيث تتراوح درجات الحرارة الصيفية بين ٣٢ - ٤٩ درجة مئوية خلال النهار وتنخفض إلى ٢٠ درجة مئوية في الليل ،

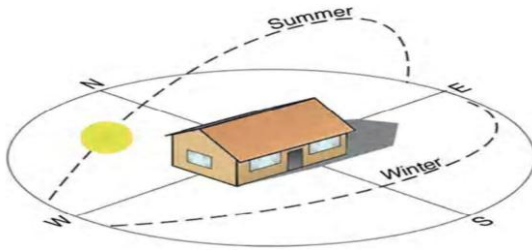
<sup>\*</sup>) The American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works.



وفي فصل الشتاء تتراوح درجات الحرارة بين ٢٠ - ٣٥ درجة مئوية خلال النهار وتخفض إلى ٩ درجة مئوية في الليل<sup>(١)</sup>. ونظراً للاختلاف الشديد في درجات الحرارة للمواسم المختلفة وتباينها خلال اليوم الواحد ، كان علينا دراسة تأثير هذه الظروف المناخية على المبنى ومحاولة الاستفادة منها أو علاجها أو التحكم فيها ، حتى يتسنى تحقيق التصميم الأنسب الذي يعمل على الحفاظ على معدلات مناسبة للحرارة والرطوبة داخل مبنى المتحف.

#### ٦.١ . الموقع العام وتوجيه المبنى "Building Location and Orientation":

يمكن أن يكون لمكان المبنى وتوجيهه داخل الموقع العام تأثيراً كبيراً على أدائه ، وكثيراً ما يكون مقدار ضوء الشمس والحرارة (كسب الحرارة الشمسية) التي يستقبلها المبنى عاملاً رئيسياً في تحديد اتجاه المبنى اعتماداً على الموقع الجغرافي وظروف الطقس الخارجية وهذا قد يعني تجهيزات مختلفة لتصميمات مختلفة ، فمثلاً في حالة المناخ البارد مع فصل صيف معتدل قد يكون من المرغوب فيه الحصول على مزيد من ضوء الشمس ومزيد من الكسب للحرارة الشمسية من أجل تقليل استخدام الإضاءة الصناعية والتدفئة ، بينما في الطقس الاستوائي الحار يكون من الأفضل تجنب اكتساب الحرارة الشمسية من أجل تقليل كمية الطاقة المستخدمة في تكييف الهواء ، ومع ذلك ، قد يكون من المرغوب أيضاً استخدام أشعة الشمس لتوليد الطاقة الشمسية.



شكل (١٨) دراسة مسار الشمس صيفاً وشتاءً لتحديد اتجاه المبنى داخل

#### ٦.٢ . تخطيط المبنى وكتلته "Building Layout and Massing":

"الكتلة" هي مصطلح معماري يتم استخدامه عند تحديد المخطط العام للمبنى سواء مدمج مع مبنى آخر أو متفرق ، والشكل سواء مربع أو مستطيل أو دائري أو بيضاوي ، والحجم سواء الطول أو العرض أو الارتفاع ، والنوعية من حيث الصلابة أو المسامية<sup>(٤)</sup>. ويعتمد اختيار كتلة المبنى على تفاصيل المشروع مثل موقعه العام وأهدافه ، ولهذا يجب التدقيق في اختيار أفضل كتلة للمبنى في مراحل مبكرة من التصميم بالإضافة إلى موقعه وتوجيهه ، حيث تساعد الكتل الناجحة للمباني على تقليل حمولات الطاقة عن





شكل (١٩) الخيارات المختلفة لتصميم كتلة مبنى بنك HSBC بالقرية الذكية بواسطة هياكل مغلقة نصف دائرية أو مستطيلة ، وهياكل مفتوحة على شكل حرف U أو V ، مع توضيح محيط الأشكال ونسب تعرضها لاشعة الشمس .

طريق الاستفادة من التأثيرات الطبيعية من تدفق الرياح ومسار الشمس ، كما تساعد على تقليل استخدام الخامات وحماية العناصر البيئية الحساسة مثل الخضرة والأشجار والبحيرات وغيرها ، وعادة ما تشكل الهياكل المغلقة للمباني الحل الأكثر ملائمة للطقس الاستوائي الحار ، حيث أن اكتساب الحرارة الشمسية تكون في أدنى مستوياتها بسبب التظليل الشديد للواجهات بعكس الهياكل المفتوحة ، ففي حالة المباني المستقلة فإن توجيه المبنى وكتلته تؤدي إلى توفير ما بين ١٠ - ٢٠% من احتياجات الطاقة فيما يتعلق بالنظم المستخدمة في تكييف الهواء<sup>(٣)</sup> ، ويمكننا استخدام أدوات التصميم والمحاكاة لتقييم أداء المبنى مع مختلف خيارات الاتجاه والكتلة قبل البدء في التنفيذ للتوصل إلى أفضل الحلول المتاحة .

### ٦.٣ . غلاف المبنى "Building Envelope":

يعتبر الغلاف بمثابة طبقة "الجلد" بالنسبة للمبنى وهو يمثل الفاصل المادي ما بين البيئة المبنية الداخلية والخارجية ، يتكون غلاف المبنى من عناصر رئيسية مثل السقف ، الجدران ، الأرضية ، والنوافذ. ويتحكم كلاً من المناخ والثقافة وجماليات التصميم والمواد المتاحة في اختيار غلاف المبنى مما يؤثر على أدائه ، حيث يمكن تحديد كمية ضوء الشمس والحرارة ونسبة دخول الهواء إلى المبنى كما أن اختيار المواد المستخدمة في غلاف المبنى يحدد بشكل كبير بصمته الكربونية كمبنى صديق للبيئة ، ومن أجل تقييم أداء غلاف المبنى من المهم فهم خصائص المواد المستخدمة لمكونات الغلاف مثل عزلها ومقاومتها الحرارية ومعامل كسبها للحرارة وتسرب الهواء ونفاذية الضوء المرئي.

### ٦.٤ . تقنيات بناء غلاف المبنى "Building Envelope Technologies":

#### ٦.٤.١ . التظليل "Shading":

التظليل عبارة عن ملحقات بسيطة يتم إضافتها لغلاف المبنى من شأنها منع وصول الحرارة والوهج الناتجين عن ضوء الشمس المباشر إلى النوافذ ، كما أنها مفيدة في الحد من سقوط أشعة الشمس المباشرة على الجدران والأسقف في المباني التي لا يعتمد تصميمها على العزل المفرط أو التزجيج عالي الأداء في المناخ الحار ، ويمكن تركيب تجهيزات التظليل أما من داخل المبنى أو من خارجه ولكل طريقة مزاياها وعيوبها الخاصة.



شكل (٢٠) التظليل باستخدام الأشعة الشمسية بمكتبة الملك فهد الوطنية ، الرياض ، المملكة العربية السعودية.



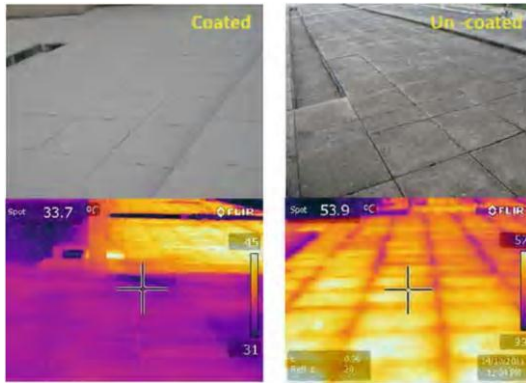
شكل (٢١) استخدام الستائر في التظليل داخل قاعات العرض المتحف Anton Ulrich Museum, Brunswick, Germany.

وتعتبر تركيبات التظليل الخارجية من أكثر الشرائح والأشرطة الأفقية التي تحمي المبنى من

أشعة الشمس الرأسية أو الزعانف العمودية التي تجنب المبنى أشعة الشمس المنخفضة ، أما تجهيزات التظليل الداخلية مثل الستائر الرومانية والمعدنية والستائر الدوارة وهي شائعة الاستخدام في المنازل والأماكن الإدارية والتجارية ، ويمكن للمستخدمين التحكم فيها يدوياً وتشغيلها بسهولة .

#### ٦.٤.٢ . الأسطح الباردة "Cool Roofs":

تستخدم تقنية الأسطح الباردة مواد ذات انعكاسات عالية للأشعة الشمسية ناصعة البياض فتصبح قادرة على أن تعكس الحرارة التي تمتصها الأسطح التقليدية ، حيث تؤدي الحرارة التي يمتصها السقف إلى الشعور بعدم الراحة داخل المكان أو إلى تكاليف أعلى للتبريد في المناخات الحارة ، ورغم أن العزل يبطئ من نقل الحرارة إلى المبنى بسبب مقاومته العالية للتوصيل فهو لا يستطيع أن يلغي مصدر كسب الحرارة ، بينما يمكن للأسطح الباردة تقليل



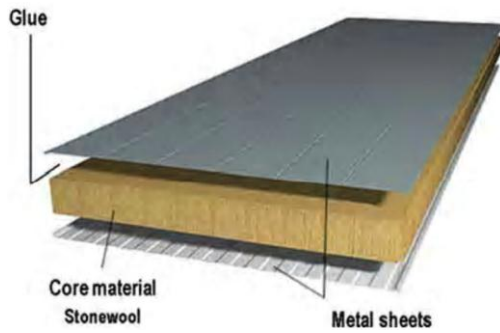
شكل (٢٢) التصوير الحراري لسطحين أحدهما مغطى بمواد ذات انعكاس عالي مع إمكانية تقليل درجة حرارة السطح لأكثر من ٢٠ درجة مئوية .

الحاجة إلى العزل المفرط من خلال تعزيز قدرة السطح على رفض الحرارة الشمسية وعكسها إلى السماء .

#### ٦.٤.٣ . العزل عالي الأداء "High Performance Insulation":

يأتي العزل في عدة أشكال مختلفة ، منها أغشية أو لفائف من الألياف الزجاجية أو الصوف الصخري التي يتم حشوها بين القواطع ، مواد رخوة من الألياف الزجاجية أو الصوف الصخري أو السيلولوز يتم تعبئتها في تجاويف المبنى ، مواد رغوية معظمها من البولي يوريثان "Polyurethane" أو الفينول "Phenol" أو مواد أسمنتية يتم رشها مباشرة في التجاويف حيث يسمح لها بالتمدد وغلقت التجاويف بالكامل ، ألواح من البولي يوريثان "Polyurethane" أو البوليسترين "polystyrene" يتم تركيبها ميكانيكياً على الأسطح والجدران الخارجية والأسقف الخرسانية ، أفلام عاكسة عبارة عن حواجز مشعة مصنوعة في من رقائق الألمنيوم مع الورق المقوى ويتم دعمها بالبلاستيك لتصبح على شكل

ألواح من العزل الصلب ، الألواح الهيكلية المعزولة مسبقة الصنع التي يمكن استخدامها في غلاف المبنى للجدران والأرضيات والأسقف والأسطح ، الجوائط أو الألواح العازلة للحرارة والتي تتكون من طبقتين من الألمنيوم بينهما طبقة سميكة من البولي يوريثان "Polyurethane" أو الصوف المعدني لتشكيل ألواح خفيفة الوزن مع خصائص عزل جيدة جداً ، البياض العازل للحرارة ، والذي يساعد على تقليل انتقال الحرارة من الأجزاء الخارجية إلى الجدران الداخلية والعكس ويتكون من مواد يتم خلطها بالأسمنت مثل حبات الستايروفوم "Styrofoam" لتحسين خصائص العزل للأسمنت مع سهولة التطبيق<sup>(٤)</sup>.



شكل (٢٤) يوضح مكونات الألواح العازلة للحرارة المستخدمة في



شكل (٢٣) يوضح طرق تطبيق البياض العازل للحرارة

#### ٦.٤.٤ . التزجيج عالي الأداء "High Performance Glazing":

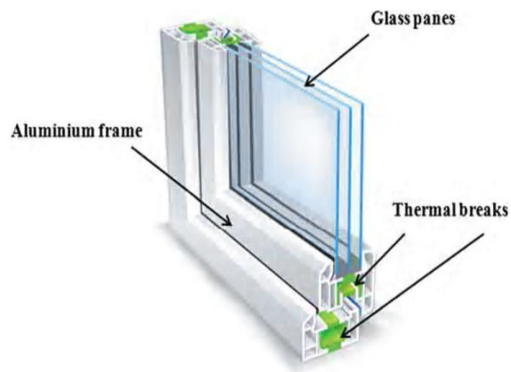
تعتبر النوافذ الزجاجية من أهم العناصر المكونة لغلاف المبنى والتي تقدم فرصة كبيرة لأهداف توفير الطاقة ، ويمكن تقييم أداء الطاقة لهذا النوع من التزجيج بثلاث خصائص رئيسية هما الأداء العازل "U-Value" ومعامل كسب الحرارة الشمسية "SHGC" ونفاذية الضوء المرئي "VLT-VT" ، وبالإضافة إلى النوافذ التقليدية المنفردة أو المزدوجة التزجيج هناك حالياً تقنيات أحدث يمكن أن تحسن بشكل كبير من أداء النوافذ بالنسبة للعوامل السابق ذكرها وهي كما يلي:

– "النوافذ متعددة التزجيج" Multi-pane Windows (ثلاثية أو رباعية الأنواع... الخ) ، والتي يمكن من خلالها تحسين الأداء العازل لوحدة التزجيج بالنوافذ حال تقسيم مسافات من

- الهواء مع إضافة المزيد من ألواح التزجيج.
- طلاءات الزجاج منخفضة الانبعاث "Low-E Coatings" ، وتصنع من طبقات مجهرية رقيقة وشفافة من المعادن أو أكسيد المعادن مثل أكسيد الفضة ، وهي تقلل بشكل كبير من كسب الحرارة الشمسية<sup>(٥)</sup>.
  - أغشية الانتقاء الطيفي "Selective Transmission Films" ، وتعمل على ترشيح الأشعاع الشمسي بشكل انتقائي من خلال السماح بدخول الضوء المرئي أثناء حجب حرارة الأشعة تحت الحمراء "IR" والأشعة فوق البنفسجية "UV".
  - أنظمة التزجيج المتكيفة "Adaptive Glazing" ، هي أنظمة لديها القدرة على تغيير بعض خصائصها مثل نفاذية الضوء المرئي ومعامل كسب الحرارة الشمسية استناداً إلى الظروف الخارجية أو بناءً على طلب المستخدم.
  - الفواصل الحرارية "Thermal Breaks" ، عادة ما تكون إطارات النوافذ التي تحمل الزجاج مصنوعة من الألومنيوم أو غيره من المعادن خفيفة الوزن لذا ينبغي أن يكون الإطار المعدني معزول حرارياً لفصل العناصر المعدنية الداخلية عن العناصر الخارجية ، فالفواصل الحرارية ليست سوى حاجز عازل بين داخل وخارج إطار النافذة<sup>(٤)</sup>.



شكل (٢٦) نافذة زجاجية ثلاثية الأنواع فيما بينها مسافات من الهواء أو الغاز



شكل (٢٥) رسم توضيحي لنافذة ثلاثية التزجيج مع تركيب فواصل حرارية في الإطار المعدني.



وكما نرى مما سبق ، فإن أداء الطاقة الناتج عن التزجيج لا يعتمد فقط على مواد التزجيج ونوع الطلاء المستخدم ولكن أيضاً على تصميم نظام النافذة بالكامل مثل وضع الألواح الزجاجية المتعددة والإطار والفواصل وملء الغاز ، وللتعبير عن التفاعل بين هذه المكونات قام المجلس الوطني الأمريكي لتقييم كفاءة أداء النوافذ "NFRC" بوضع معايير خاصة لتقييم النوافذ بأكملها بما في ذلك مكوناته المختلفة ، هذا بالإضافة إلى بعض نظم البرمجيات وأدوات المحاكاة التي تدعم التقييم المنهجي لأنظمة النوافذ وتقدم نتائجها من خلال الرسوم البيانية والجداول لمساعدة المستخدمين على التحرك نحو خيارات تصميم النوافذ الملائمة لمشروعهم.

#### ٧. فاعلية الأنظمة الميكانيكية "Active Mechanical Systems":

يمكننا استخدام مجموعة واسعة ومتنوعة من أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء "Heating, Ventilating, and Air Conditioning" أو "HVAC" لتلبية احتياجات الزائرين ، حيث أن نوع النظام المختار يختلف على حسب وظيفة وحجم المبنى والظروف المناخية ومظاهر الأحمال الموجودة بالمبنى ، ويحتوي نظام "HVAC" النموذجي على جانب "هوائي" لنقل الهواء المكيف إلى الفراغات المختلفة وجانب "مائع" لإنتاج ماء مبرد وساخن للاستخدام في نظام التدفئة والتهوية والتكييف والتحكم في نسبة الرطوبة<sup>(٥)</sup> ، لذلك يجب اختيار المعدات والتجهيزات ذات الكفاءة القصوى قدر الإمكان لجميع وظائف المبنى ، وفيما يلي نوضح كيفية اختيار بعض الأنواع الرئيسية من المعدات مثل المبردات ومكونات نظام توزيع الهواء.

#### ٧.١. المبردات "Chillers":

تُعد المبردات أكبر مستخدم للطاقة في المبنى حيث تستهلك ٢٣٪ من إجمالي طاقة البناء خاصة مع تزايد استهلاكها للطاقة خلال النهار ، مما يساهم في ارتفاع استهلاك الطاقة في فترات الذروة ويجبر المرافق على بناء محطات طاقة



شكل (٢٧) أحد غرف نظام HVAC- بالمتحف  
Lower Saxony State Museum, Hanover,  
Germany. □

جديدة لتلبية الطلب العالي على الطاقة في النهار. وبالإضافة إلى هذه المشاكل ، يميل معظم مصنعي

المبردات إلى أن تكون كبيرة الحجم أثناء عملية التصميم لتعمل بكفاءة عند تشغيلها في وقت أحمال الذروة بينما تعمل معظم اليوم في حالة تحميل جزئي ، حتى تلك التي يتم ضبط حجمها بشكل صحيح تعمل في معظم الوقت بكفاءة تحميل منخفضة ، ويتم تصنيف المبردات ما بين ١ : ١٠٠٠ طن<sup>(\*)</sup> من طاقة التبريد. وتعمل هذه الأنواع من المبردات الميكانيكية بواسطة المحركات الكهربائية أو محركات البخار أو توربينات الغاز<sup>(٨)</sup> ، وتعتبر الأخيرة هي الأقل والأوفر من حيث تكاليف التشغيل على المدى الطويل نظراً لتوافر الغاز الطبيعي وانخفاض سعر تكلفة المتر المكعب في مصر مقارنة بالكهرباء.

## ٧.٢ . أنظمة توزيع الهواء "Air Distribution Systems":



شكل (٢٨) يوضح تجهيزات الأسقف بنظام متطور لتوزيع الهواء بأحد  
معامل الترميم بالمتحف  
Anton Ulrich Museum, Brunswick, Germany.

هي المستهلك الرئيسي الآخر للطاقة في المباني وتشمل وحدات مناولة الهواء " Air Handling Units وما بها من محركات كهربائية ، ومجاري الهواء "Air Ducts" ، وموزعات الهواء "Air Diffusers" ، والعدادات والبوابات "Registers and grilles" ، ومبادلات الطاقة والرطوبة "Energy and humidity exchangers" ، ولوحات ونظم التحكم "Control boxes and control systems".

ويجب تصميم نظام توزيع الهواء باستخدام نفس المنهج المستخدم لنظام تبريد المبنى لتقديم القدرات اللازمة وكفاءة عبر مجموعة واسعة من ظروف التشغيل ، ووفقاً لمتطلبات المباني عالية الأداء والتي تتضمن بعض خيارات التصميم لتحسين كفاءة توزيع الهواء داخل المبنى. وبهذا يمكننا السيطرة والمراقبة والتحكم في درجات الحرارة والرطوبة النسبية داخل فراغات المتحف المختلفة كلاً على حدا حسب وظيفته ، بما يتناسب مع الراحة الحرارية للإنسان ويحافظ على استدامة الأثر لأطول فترة ممكنة

<sup>(\*)</sup> واحد طن يساوي ١٢٠٠٠ وحدة تبريد بريطانية / ساعة من سعة التبريد أو ٣,٤ كيلو واط.

(1 ton = 12000 BTU/hour, or 3.4kw)



مجلة البحث في التربية وعلم النفس

كلية التربية – جامعة المنيا

كلية مُعتمدة من الهيئة القومية لضمان جودة التعليم



، مع مراعاة تلبية احتياجات المباني الخضراء عالية الأداء في الوصول إلى أقصى كفاءة للتشغيل مع الحد من استهلاك الطاقة والمحافظة على البيئة.

#### ٨. النتائج:

إن السيطرة والتحكم في المناخ الداخلي لمباني متاحف الآثار عالية الأداء هو أمر ضروري لتحقيق مستويات الراحة الحرارية للإنسان ، إلى جانب الحد من تلف وتدهور المواد الناتج عن التغيرات المناخية السريعة بالنسبة لدرجات الحرارة والرطوبة النسبية تبعاً للتغيرات الموسمية المختلفة. وبصفة عامة تتركز استراتيجيات الحد من التدهور الناتج عن التغيرات السريعة في المناخ إلى إبطاء استجابة المواد المختلفة كتدبير وقائي فعال ، هذا بالإضافة إلى ما قدمه البحث من معالجات تصميمية تضمن كفاءة الراحة الحرارية لمتاحف الآثار المصرية ، بدءاً من اختيار الموقع العام للمشروع ، شكل كتلة المبنى وتوجيهها ، والتقنيات الحديثة لتصميم غلاف للمبنى بشكل يقلل من كسب الحرارة الشمسية ، مع مراعاة تقليل الأحمال الحرارية الداخلية لرفع كفاءة الأنظمة الميكانيكية ، وتوفير نظام دقيق لمراقبة وتسجيل البيانات المناخية داخل حيزات المتحف المختلفة للوصول إلى أقصى كفاءة للتشغيل مع الحد من استهلاك الطاقة والمحافظة على البيئة.





## المراجع

- ١) د. شفق العوضي الوكيل ، د. محمد عبد الله أحمد سراج – المناخ وعمارة المناطق الحارة – الطبعة الثالثة – دار عالم الكتب للطباعة والنشر والتوزيع ١٩٨٩م.
- 2) Ankersmit, Bart and Stappers, H.L. Marc – Managing Indoor Climate Risks in Museums – Springer International Publishing Switzealand, 2017.
- 3) Bauer, Michael and Mosle, Peter and Schwarz, Michael – Green Building - Guidebook For sustainable Architecture – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010.
- 4) Jadhav, Y. Nilesh – Green and Smart Buildings - Advanced Technology Options – Springer Science + Business Media Singapore, 2016.
- 5) Kibert, Charles J. – Sustainable Construction – Green Building Design and Delivery – Third Edition – John Wiley & Sons, INC, 2013.
- 6) McGraw, Adrienne – Museums, Environmental Sustainability and Our Future – American Alliance of Museums, 2013.
- 7) Thomas, Randall – Environmental Design, An introduction for architects and engineers – Great Britain by The Alden Press, Oxford, 1996.
- 8) [http://www.coolingtechnology.com/about\\_process\\_cooling/industrial-chillers/](http://www.coolingtechnology.com/about_process_cooling/industrial-chillers/)