ثانيا : عوامل التلف الخارجية :

Exterior Deterioration Factors

للعوامل الخارجية أثرها الفعال على الآثار الزجاجية . فالتغير الحادث للزجاج الأثرى لا يرتبط فقط بخواصه الذاتية لتركيبه الكيميائى ولكن يرتبط أيضاً بالبيئات التى يخالطها أثناء حياته التاريخية . وتعد بيئة الدفن التى يتواجد بها الأثر من العوامل الهامة التى يجب دراستها لما لها من تأثير مباشر على قدرة الحفاظ على الأثر الزجاجى أو تكون عامل تدهور سريع له .
كما تلعب العوامل الجوية المختلفة مثل (الرطوبة – الحرارة – الرياح – الأمطار – التكاثف – التلوث الجوى – الضوء) دوراً هام فى تلف الآثار الزجاجية خاصة الرطوبة ، ويمكن أن يكون تأثير هذه العوامل على الآثار الزجاجية أثناء الدفن أو أثناء الكشف عنها بالحفائر، أو عند إختلال ظروف العرض أو التخزين المناسبة للحفاظ على الآثار الزجاجية .

أ- بيئة الدفن Burial environment :

تلعب بيئة الدفن دوراً هاماً ومؤثراً فى مشوار وتاريخ حياة أى أثر من الآثار أو الأعمال الفن ، ومهما يكن نوع المادة الأثرية وقوة تحملها ، فإنها لا يمكن بأى حال من الأحوال أن تظل ثابتة طوال مدة دفنها بالتربة فى ظل وجود عوامل وظروف بيئية محيطة تؤثر فى تركيب وثبات المادة الأثرية . ومن أهم العوامل المرتبطة ببيئة الدفن وتؤثر فى ثبات الأثر الزجاجى ما يلى :

1- نوع بيئة الدفن :

الأثر الزجاجى إما أن يكون على إتصال مباشر بالتربة ، أى مدفوناً وسط حبيبات رمال التربة ، وهنا يكون العامل المؤثر فى تلف الآثار الزجاجية هو نوعية التربة ، من حيث كانت رملية أم طينية ، كذلك حالتها من حيث الجفاف والرطوبة ، وبالطبع التربة الرملية الجافة أكثر حفظاً للآثار الزجاجية على عكس التربة الطينية الرطبة تماماً ، وتزداد المشاكل أكثر إذا كانت التربة ملحية رطبة . أو أن يكون الأثر متواجد بالتربة ولكن على أتصال غير مباشر بها ، وهذا ما تمثله المقابر المصرية القديمة المدفونة بباطن التلال الأثرية حيث يكون الأثر الزجاجى جزءاً من أثاث المقبرة التى تحتويه بين جدرانها . وإذا ما كانت المقبرة محكمة الغلق تماماً ويسودها حالة من التوازن بين ما بها من أثاث و مقتنيات (منها الزجاج) والظروف الجوية البيئية الداخلية بها ، فإنها تمثل فى هذه الحالة بيئة حفظ مناسبة للأثار الزجاجية . أما إذا كانت المقبرة معرضة لمؤثرات بيئية بالتربة كالمنسوب العالى من المياه الأرضية وكذلك الرطوبة الزائدة فإنها بالتالى لا تمثل أى نوع من الحفظ لما بها من أثار .

2- التركيب الكيميائى للتربة :

يلعب التركيب الكيميائى للتربة دوراً هاماً ومؤثراً فى تلف الآثار الزجاجية المطمورة بالتربة وتؤثر كلاً من حمضية التربة ونسبة الرطوبة بها والأملاح الموجودة بها وكمية الأكسجين وتماسك التربة ، على معدل تآكل وتلف الزجاج بها ، وجدير بالذكر أن التربة الحمضية تكون أقل ضرراً على الزجاج من التربة القلوية التى تتسبب فى تحلل وتفكك السليكا بالزجاج .

3- المحتوى المائى للتربة :

يعتبر تأثير الماء العامل الأساسى من عوامل البيئة المؤثرة فى تلف الأوانى الزجاجية المطمورة فى التربة ، ويكون الضرر الناتج أشد إذا لم يكن لهذا المحتوى المائى قدر من الثبات ، فالتردد المستمر بين ارتفاع وانخفاض المحتوى المائى للتربة يعرض الأثر الزجاجى إلى فقدان حالة الثبات والتوازن التى تحميه ولو جزئياً من التأثير المدمر للماء والذى يسبب تآكل الزجاج .

4- تواجد مواد أخرى مجاورة للأثر الزجاجى بالتربة :

عندما يتواجد الأثر الزجاجى داخل مقبرة ، كأثاث جنائزى بها مع مواد أخرى كالفخار والمعادن والأحجار ، وبعض المواد العضوية الأخرى كالمنسوجات والأخشاب والزيوت والدهون ...إلخ فأن الآثار الزجاجية هنا يمكن أن تتعرض لتأثير نواتج تلف هذه المواد نتيجة نشاطها الكيميائى مع عوامل التلف ، فقد تنتج بعض الأحماض والغازات الحمضية ، كما تنمو عليها الفطريات والبكتريا ، وبالتالى يكون الزجاج عرضة لتأثير هذه المواد ، وقد تتواجد مثل هذه المواد العضوية وغير العضوية مع الأثر الزجاجى فى رمال التربة أيضاً .

5- زمن تعرض الأثر الزجاجى للدفن بالتربة :

إذا كان الأثر الزجاجى يمتاز تركيبه البنائى بالمتانة والثبات ، فإنه سيقاوم تأثير العوامل المتلفة لأطول فترة ممكنة ، والعكس صحيح ، ولكن مهما يكن للأثر الزجاجى من قوة تحمل وثبات فإن طول مدة دفنه بالتربة ، ومع إستمرار مهاجمة عوامل وقوى التلف له سيؤدى فى النهاية إلى تلفه وتدميره .

6- حالة التوازن القائمة بين الأثر الزجاجى والظروف المحيطة بالتربة :

حالة التوازن هذه تعنى حالة من التكيف والثبات بين الأثر والظروف المحيطة به خاصة الرطوبة النسبية ودرجات الحرارة ، أى يصبح تأثير هذه العوامل معدوماً لحداً ما على الأثر ، ولا يصل الأثر الزجاجى إلى هذه الحالة إلا بعد حقب طويلة من الزمن يعانى فيها الأثر من تأثير هذه الظروف المحيطة إلى أن يصل معها إلى حالة التوازن التى ينعدم عندها تأثير هذه العوامل عليه . ويرجع هذا إلى تكوين طبقة عازلة فى بداية التأثير حيث تقوم بعزل الأثر عن العوامل الخارجية

التى تحيط به ويشترط للوصول إلى هذه الحالة ، ثبات معدلات الرطوبة و الحرارة دون وجود تردد ملحوظ فى معدلاتها لا بالأرتفاع أو الأنخفاض .

ب- عوامل التلف الجوية Weathering Deterioration Factors :

تعتبر المياه (أمطار أو رطوبة أو تكاثف) من أكثر عوامل التلف الجوية تأثيراً على الآثار الزجاجية . وهى العامل الأول الذى يقوم ببدء عمليات التلف وتقوم العوامل الجوية الأخرى كعوامل مساعدة لها . فتأثير غازات التلوث الجوى مثلاً يكون معدوم إلا فى وجود الماء ، لتحولها إلى مياه حمضية . وحتى الماء الصافى قد يدخل فى تفاعل مع سطح الزجاج يعمل فيه عمل المادة المذيبة ، وهذا التفاعل إذا حدث يزداد سريعاً ويتسبب فى تكوين طبقة من القشور السطحية المتلفة على سطح الزجاج والتى تصل مع استمرار عمليات التفاعل والتلف إلى أن تصيب الزجاج بمرض الزجاج Glass Disease أو تآكل الزجاج Corrosion of Glass وهو أخطر مظاهر تلف الزجاج .

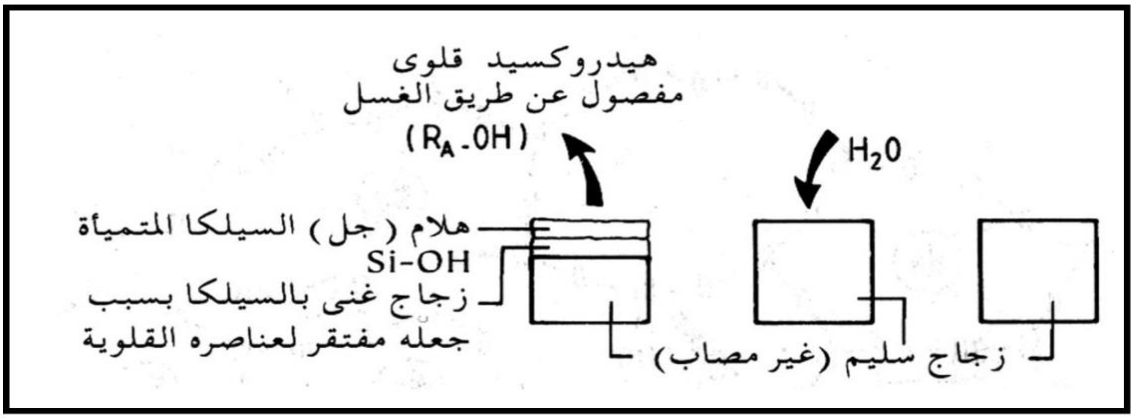
ـ الرطوبة :- Moisture

يطلق مصطلح الرطوبة على جميع أشكال الرطوبة الناتجة من المصادر المختلفة والمتعددة لها ، سواء الرطوبة النسبية ، أو التكاثف أو بخار الماء ، أو الرطوبة الناتجة عن مياه الأمطار ، والبحار وغيرها من مصادر الرطوبة . وهنا نرى أن مصادر الرطوبة وأشكالها تتعدد وتختلف ولكن فى النهاية يكون التأثير الضار للآثار الزجاجية بفعل نقطة الماء تأثير قوى ومتلف فهو العامل الأساسى لتوصيل الزجاج لمراحل التغيير المختلفة التى تصبح تغيرات متلفة فى ظل الظروف المصاحبة والمهيئة لنشاط التفاعلات الكيميائية المختلفة التى تؤدى فى مجملها إلى ظهور مظاهر التلف على الآثار الزجاجية . فأليات مهاجمة الماء للزجاج الأثرى معقدة وتعتمد شدة فاعليتها المدمرة على عدة عوامل هى :

- تركيب الزجاج .
- درجة الحرارة فى الجو المحيط بالأثر .
- درجة الحموضة " رقم الـ pH " .
- زمن تعرض الأثر لنسبة الرطوبة المرتفعة (موسمى / يومى) وكمية الماء الناتج عنها وطريقة التعرض (أمطار / بخار ماء من البحار .....)
- طبيعية الماء (متعادل / حمضى / قلوى) .

ويمكن أن نستعرض بشكل تخطيطي مجموعة عمليات التغيير للزجاج عن طريق الماء بالشكل الآتي:-

1- زجاج + ماء ⟵ استخلاص القلويات ⟵ (جفاف / زيادة الـPH) مهاجمة للهيكل السليكونى .
-2



شكل رقم (1)
يوضح مهاجمة الماء لسطح الزجاج

2- زجاج + ماء ⟵ استخلاص القلويات ⟵ قلويات + ماء وغاز ⟵ تكوين أملاح .

وفيما يلى عرض لميكانيكية تلف الزجاج بفعل المياة منذ بداية التلف وصولاً إلى تآكل الزجاج الأثرى طبقاً للتفاعلات الكيميائية .