

## Examination and Analysis of the Glass Mosaic of Virgin Mary Mural Painting in El-Botroseya Church in Cairo and its Deterioration Manifestations

كرستينا ماهر يوسف<sup>1\*</sup>، نيرمين سيد عبد الباقي<sup>1</sup>، منى فؤاد على<sup>2</sup>

<sup>1</sup> معيدة بقسم ترميم الآثار - كلية الآثار - جامعة سوهاج، مدرس بقسم ترميم الآثار - كلية الآثار - جامعة سوهاج

<sup>2</sup> أستاذ ترميم الآثار - كلية الآثار - جامعة القاهرة

[Christina\\_maher@arch.sohag.edu.eg](mailto:Christina_maher@arch.sohag.edu.eg)

### المخلص

تعد مظاهر تلف الفسيفساء الزجاجية نتيجة تعرضها لعوامل التلف المختلفة من المشكلات التي تؤدي إلى الفقد الكلي لقطع الفسيفساء وإندثارها في بعض الأحيان إذا لم يتم الأهتمام بها وسرعة البدء في عمليات الترميم والحفظ لها. لذا تناقش هذه الدراسة أهم طرق الفحص والتحليل المختلفة للتعرف على أهم مظاهر التلف التي تعاني منها الفسيفساء الزجاجية لجدارية السيدة العذراء مريم بالكنيسة البطرسيية بالقاهرة والتي أنشأت على اسم الرسولين بطرس وبولس وذلك لتخليد ذكرى عميد أسرة المرحوم بطرس باشا غالي، وتم الانتهاء من أعمال البناء بها في 21 من فبراير 1912م. وقد تم استخدام التصوير الفوتوغرافي، والميكروسكوب الرقمي المحمول USB، والميكروسكوب المجسم Stereo Microscope، والميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة تشتت الأشعة السينية (SEM-EDX)، والتحليل بحيود الأشعة السينية XRD، وذلك لفحص وتحليل الفسيفساء الزجاجية موضوع الدراسة للتعرف على العناصر المكونة لها وكذلك تحديد أهم مظاهر التلف. وقد أظهرت نتائج الفحص المختلفة وجود الشروخ والشقوق الدقيقة والفقاعات الهوائية بسطح مكعبات الفسيفساء الزجاجية الملونة والمذهبة مع تراكم الأتربة والأتساخات على سطحها. كما تبين من خلال تحليل EDX انخفاض نسبة السليكا ونسبة المواد القلوية، مما يشير إلى تعرض مكعبات الفسيفساء الزجاجية للتلف نتيجة زيادة معدلات الرطوبة في الوسط المحيط بها نتيجة وجود بئر مياه جوفية أسفل الكنيسة. لذا تسهم هذه الدراسة في التعرف على أهم مظاهر تلف الفسيفساء الزجاجية من خلال طرق الفحص والتحليل المستخدمة حتى يمكن وضع خطة لعلاجها وصيانتها.

**الكلمات الدالة:** الفسيفساء الزجاجية، الكنيسة البطرسيية بالقاهرة، مظاهر التلف، الفحص والتحليل، (SEM-EDX)، XRD.

### Abstract

The deterioration of glass mosaic caused by various factors is one of the problems causing total loss of mosaic pieces if not paid attention to and initiating conservation and maintenance. The present study discusses different examination and analysis methods to determine the deterioration forms of the glass mosaic of Virgin Mary mural painting in El-Botroseya Church in Cairo, which was created in the name of the apostles Peter and Paul in order to commemorate the dean of the family of the late Boutros Pasha Ghali, and was completed on February 21, 1912. Photography was used and the USB digital microscope, stereo microscope, scanning electron microscopy with energy dispersive X-ray spectroscopy (SEM-EDX), and X-ray diffraction (XRD) were used to examine and analyze the glass mosaic understudy and identify its components and deterioration forms. The results of examination showed cracks, microcracks, air bubbles, as well as the accumulation of dust

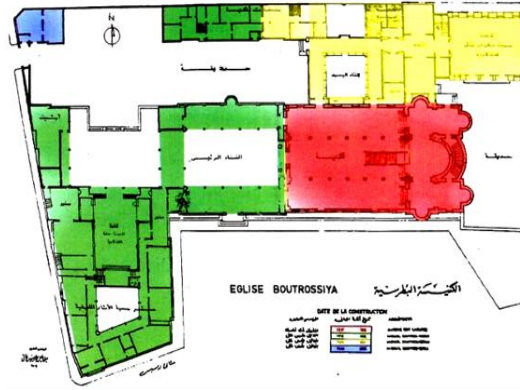
and dirt on the surface of colored and gilded glass mosaic cubes. EDX analysis showed a lower content of silica and alkaline, indicating the deterioration of mosaic glass cubes because of increased humidity in the surrounding area, as a result of the presence of an underground water well under the church. Using examination and analysis methods, the study helps to identify the deterioration forms of glass mosaic to develop a restoration and conservation plan.

**Keywords:** Glass mosaic; El-Botroseya Church in Cairo; Deterioration forms; Examination and analysis; SEM-EDX; XRD.

## 1- المقدمة :

أنشأت كنيسة الرسولين بطرس وبولس ( البطرسية ) على اسم الرسولين بطرس وبولس وذلك لتخليد ذكرى عميد أسرة المرحوم بطرس باشا غالي ، وقد تم الانتهاء من أعمال البناء فى 21 من فبراير 1912م أى بعد عامين من وفاة بطرس باشا ، وفى ذلك اليوم قام قداسة البابا كيرلس الخامس بتكريس الكنيسة فى حفلة حضرها مندوب الخديوي عباس حلمى وكبار رجال الدولة .

وقد وضع تصميم مبانى الكنيسة البطرسية المهندس أنطونيو لاشاك (1856-1946م ) (صورة 1) وهو مهندس القصور الخديوية فى عصر الخديوي عباس حلمي الثانى ، حيث بنى العديد من القصور والفيلات فى القاهرة والأسكندرية ، منها قصر أحيون بشارع النبی دانيال بالإسكندرية ، وقصر الأمير سعيد حليم بالقاهرة ، وقصر الأميرة فاطمة الزهراء بالإسكندرية (1).



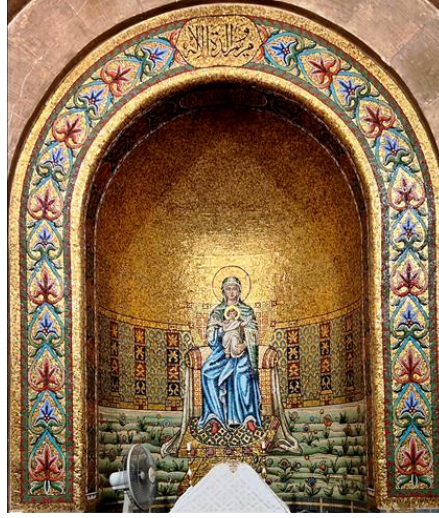
صورة (1) توضح المسقط الأفقي لكنيسة البطرسية . (2)

تتكون الكنيسة البطرسية من طابقين ، الطابق الأول تحت مستوى الأرض ويشتمل على مساحة خصصت كأضرحة لأفراد العائلة البطرسية ( عائلة بطرس باشا غالي ) ، والطابق الثانى عبارة عن مصلي الكنيسة والهيكل ، ويتصدر الهيكل حنية نصف دائرية زينت جدرانها بزخارف من الفسيفساء المذهبة . ويكتنف الهيكل من اليمين واليسار مذبحان الأول يشغل المعمودية والثاني يشغله مذبح شيدته حرم بطرس غالي ، حيث يوجد على يسار المدخل حنية نصف دائرية غطيت جدرانها بتشكيلات من الفسيفساء الزخرفية تصور منظر السيدة العذراء مريم جالسة على كرسي وقد حملت بين يديها السيد المسيح ، كما يدور حول عقد الحنية تشكيلات من الفسيفساء الزجاجية الملونة والمذهبة بتكوينات نباتية ويعلو العقد عبارة (مريم والدة الإله) باللغتين القبطية والعربية (صورة 2) . وقد أسند تصميم الفسيفساء للفنان الإيطالى بريمو بانتشيرولي الذى حضر خصيصاً لهذا

<sup>1</sup>) Baky, A. N : A Study of degradation phenomena of the stained glass in some cairo palaces from 1850 to 1950. Egyptian Journal of Archaeological and Restoration Studies, 7(2) , (2017), p104.

<sup>2</sup> ذكرى مرور مائة عام على تكريس كنيسة الرسولين بطرس وبولس ( البطرسية ) ص 12.

الغرض من روما ، ومكث على العمل خمس سنوات ، وكانت الفسيفساء الزجاجية المستخدمة فى الزخرفة من إنتاج مصنع الكافاليري انجليو جيانيزي فى فينيسيا بإيطاليا . (3)



صورة (2) توضح المذبح الشمالى لكنيسة البطرسية وقد زينت حنيته النصف دائرية بزخارف من الفسيفساء الزجاجية الملونة والمذهبة ( تصوير من الزيارات الميدانية ) .

حيث اشتهرت ايطاليا فى القرن التاسع عشر بإنتاج ألوان غاية فى الدقة والجمال من الفسيفساء الزجاجية خاصة فى روما ورافينا (4) ، إذ تعتبر الفسيفساء الزجاجية من أكثر الأشكال المستخدمة فى الزخرفة فى ذلك الوقت لما تتمتع به من درجات لونية لاحدود لها وبريق زجاجى جميل كما تمتلك القدرة على انعكاس الضوء وجعل الألوان قادرة على الاحتفاظ بتأثيرها (5) ، كما يعتمد جمال الفسيفساء الزجاجية على كيفية تقطيعها وتشكيلها ووضع الألوان المختلفة بالقرب من بعضها البعض لعمل صورة جميلة من الفسيفساء ، حيث من المستحيل خلط الألوان معاً ولكن يتم وضع درجات لونية من مكعبات الفسيفساء الزجاجية بجوار بعضها بشكل مناسب بحيث يتأثر كل لون باللون المجاور له ، ويحدث تأثير المزج مباشرةً على شبكة العين .(6)

#### تكنولوجيا صناعة الفسيفساء المذهبة :-

تم استخدام الفسيفساء المذهبة على نطاق واسع فى تزيين المباني والكنائس (7) ، وتعود أقدم وأول الأمثلة على استخدام الفسيفساء المذهبة إلى القرن الأول والتى يمكن رؤيتها فى روما فى The Nymphaeum of

<sup>3</sup> ) عزب .خ ، منصور. أ ، حمدى. م : العائلة البطرسية " سيرة عائلة قبطية " ، مكتبة الأسكندرية ، 2010م ، 238 - 250 .

<sup>4</sup> ) Verità, M : Technology and deterioration of vitreous mosaic tesserae. Studies in Conservation, 45(sup3) , (2000), p 70 .

<sup>5</sup> ) Neri, E., Morvan, C., Colomban, P., Guerra, M. F., & Prigent, V : Late Roman and Byzantine mosaic opaque "glass-ceramics" tesserae (5th-9th century). Ceramics International, 42(16), (2016), pp 18859-18869.

<sup>6</sup> ) Silvestri, A., Tonietto, S., Molin, G., & Guerriero, P : The palaeo-Christian glass mosaic of St. Prosdocius (Padova, Italy): archaeometric characterisation of tesserae with antimony-or phosphorus-based opacifiers. Journal of archaeological science, 39(7), (2012), pp 2177-2190.

<sup>7</sup> ) Loukopoulou . P: gold tesserae from roman times to modern era : the investigation of luxury material , Iccom , (2017).

من العمليات الأكثر تعقيداً لإنتاجها ، حيث تصنع الفسيفساء الزجاجية المذهبة بوضع رقائق الذهب بين طبقتين من الزجاج الساخن أحدهما طبقة سفلية تسمى بطبقة التدعيم ويبلغ سمكها أقل من 10 ملم أى يتراوح ما بين 0,7 - 0,5 سم ( وهذه الطبقة تثبت فى مونة الجدار ) ، ثم تثبت على هذه الطبقة رقائق الذهب والتي يتراوح سمكها أقل من 1 ميكرومتر ، ثم يتم وضع الطبقة السطحية الأخيرة وهى طبقة رقيقة جداً من زجاج شفاف عديم اللون ذات سمك أقل من 1 ملم ، وهذه الطبقة تعمل على تغطية الرقائق المعدنية الذهبية وحمايتها من الأكسدة والانفصال وزيادة لمعانها وتسمى هذه الطبقة باسم *Cartellina* ، ثم يسخن مكعب الفسيفساء المذهبة بأكمله فى الفرن ويضغط عليه لتشكيل عجينة متجانسة لضمان الألتصاق الجيد للطبقات الثلاثة<sup>(9)</sup> .

تعانى الفسيفساء الزجاجية من العديد من مظاهر التلف المختلفة نتيجة تعرضها لعدة عوامل تلف كان أهمها زيادة معدلات الرطوبة فى الوسط المحيط بها ، مما تسبب فى تفتت المونة الحاملة لمكعبات الفسيفساء والذي ترتب عليه انفصال بعض مكعبات الفسيفساء الزجاجية وتساقطها عن الجدارية . كما تعرضت الفسيفساء الزجاجية على مدى فترات زمنية طويلة لتلف بشرى غير مقصود وذلك عن طريق إقاد الشموع أثناء الصلوات مما أدى إلى تراكم الأتربة والأتساخات السطحية من السناج والزيوت الناتجة عن المباخر والشموع ، كل ذلك أدى فى النهاية إلى تلف وتشوه مكعبات الفسيفساء الزجاجية وخاصة المذهبة منها وإخفاء معالمها وجمالها (صورة 3) .



صورة (3) توضح مظاهر التلف المختلفة للفسيفساء الزجاجية بجدارية السيدة العذراء مريم ، حيث تمثل (1 ، 2) فقد بعض مكعبات الفسيفساء وتفتت المونة أسفلها ، (3) تقشر طبقة الزجاج السطحية ومعها طبقة التذهيب لمكعبات الفسيفساء المذهبة ، (4) تراكم طبقات من الشمع والسناج على سطح مكعبات الفسيفساء .

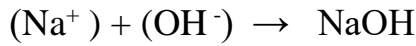
<sup>8</sup> ) Neri, E., Verità, M., Biron, I., & Guerra, M. F: Glass and gold: Analyses of 4th–12th centuries Levantine mosaic tesserae. A contribution to technological and chronological knowledge. *Journal of archaeological Science*, 70, (2016), pp 158-171.

<sup>9</sup> ) Moro, D., Ulian, G., & Valdrè, G: Monte Carlo SEM-EDS micro-and nanoanalysis of ultrathin gold leaves in glass mosaic tesserae: Thickness effects and measurement strategy. *Measurement*, 129, (2018), pp 211-217.

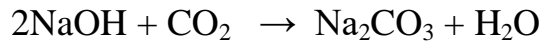
وتعتبر الرطوبة من أكثر العوامل المؤثرة في تلف الفسيفساء الزجاجية ، فنقطة الماء لها تأثير قوى ومتلف على مكعبات الزجاج حيث تعتبر العامل الأساسي لتوصيل الزجاج لمراحل التغيير المختلفة التي تُصبح فيما بعد تغيرات متلفه في ظل الظروف المصاحبة لنشاط التفاعلات الكيميائية المختلفة (10) .

ويحدث ذلك نتيجة وجود المواد القلوية القابلة للذوبان في الماء فإنه مع ارتفاع الرطوبة النسبية في البيئة المحيطة بالأثر ، يحدث هجره لأيونات الصوديوم والبوتاسيوم من داخل جسم الزجاج إلى السطح ، ونظراً لقدره أيونات الصوديوم والبوتاسيوم على الحركة ، فإنهما يتحركان من الطبقات السطحية للزجاج ليحل محلها أيونات الهيدروجين الموجبة (H<sup>+</sup>) والنتيجة من تأين الماء إلى أيونات الهيدروجين الموجبة (H<sup>+</sup>) ومجموعة الهيدروكسيل السالبة (OH<sup>-</sup>) حيث تكون أيونات الهيدروجين الموجبة طبقة لامعه على سطح قطع الزجاج وتعرف هذه الطبقة بطبقة الزجاج الهيدروجيني أو الطبقة الغنية بالسليكا Silica (11) . rich layer

أما أيونات الصوديوم أو البوتاسيوم المهاجرة من سطح الزجاج ، فإنها تتفاعل مع شق الهيدروكسيل السالب مكونة طبقة من هيدروكسيد الصوديوم Sodium hydroxide طبقاً للمعادلة التالية :-



وطبقة هيدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم المتكونة على سطح الزجاج تتفاعل مع الملوثات الجوية الموجودة في حالة وجودها في الجو (مثال غاز ثاني أكسيد الكربون CO<sub>2</sub>) لينتج طبقة من كربونات الصوديوم أو البوتاسيوم ، كما في المعادلة التالية :-



وهذه الطبقة المتكونة تكون هيجروسكوبية Hygroscopic بدرجة كبيرة ولها قدرة عالية على امتصاص الرطوبة الجوية والأحفاظ بها على سطح الزجاج ، وتعتبر هذه المراحل الأولى لإصابة قطع الزجاج بالتآكل السطحي (12) .

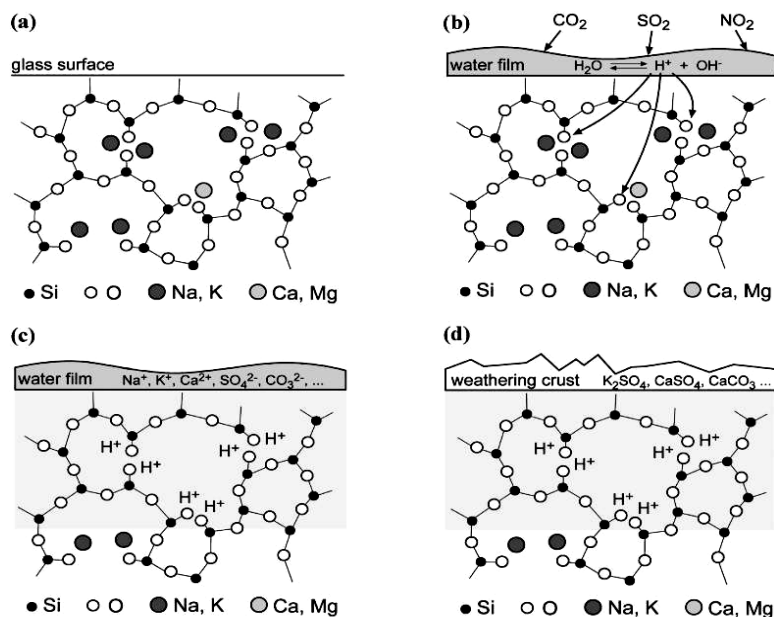
ومع استمرار هجرة مركبات الزجاج من الداخل إلى السطح نجد أن المركبات القابلة للذوبان تغسل وتنزح مع مياه الأمطار والرطوبة ، وفي هذه الحالة يمكن لهذه العناصر التي حدث لها نزوح إلى الطبقة السطحية للزجاج أن تتحد مع المكونات الأخرى لتكون أملاح معقدة ويكون معظمها قابله للذوبان ، بينما تظل الأملاح أو المركبات غير القابلة للذوبان مترسبة على سطح قطع الزجاج في صورة نواتج معدنية مكونة في النهاية طبقة الباتينا المحتوية على نواتج التلف المختلفة . ولذلك أطلق العلماء على عملية تلف الفسيفساء الزجاجية نتيجة تأثيرها بالرطوبة مصطلح صدأ الفسيفساء الزجاجية Corrosion of mosaic glass (13) (صورة 4) .

<sup>10)</sup> Papadopoulos, N., & Drosou, C. A : Influence of water conditions on glass properties. Journal of the University of Chemical Technology & Metallurgy, 47(4) , (2012) , p 430 .

<sup>11)</sup> Doménech-Carbó, M. T., Doménech-Carbó, A., Osete-Cortina, L., & Saurí-Peris, M. C: A study on corrosion processes of archaeological glass from the Valencian Region (Spain) and its consolidation treatment. Microchimica Acta, 154(1-2), (2006).

<sup>12)</sup> Robinet, L., Hall, C., Eremin, K., Fearn, S., & Tate, J. : Alteration of soda silicate glasses by organic pollutants in museums: Mechanisms and kinetics. Journal of non -crystalline solids, (2009), 355(28-30).

<sup>13)</sup> Tournié, A., Ricciardi, P., & Colombari, P, Glass corrosion mechanisms: A multiscale analysis. Solid State Ionics, NO 179(38) , (2008), pp 2142-2154 .

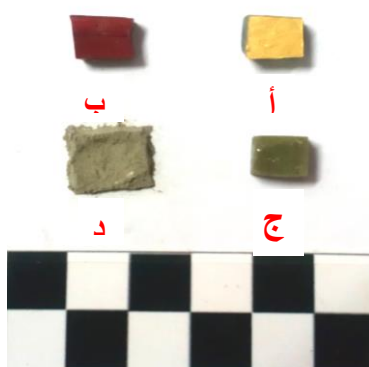


صورة (4) يوضح ميكانيكية تلف سطح الزجاج. (a) توضح سطح زجاج سليم، (b) تكوين فيلم من الماء على السطح، (c) ترسيب المواد القلوية على سطح الزجاج يليه طبقة من الزجاج الهيدروجيني، (d) ظهور المركبات المتبلورة على السطح نتيجة عملية التجوية (نقلاً عن Papadopoulos, 2012) (14).

## 2- مواد وطرق الدراسة:

### 2-1 مواد الدراسة :

أجريت الدراسة على ثلاثة عينات من مكعبات الفسيفساء الزجاجية متساقطة من أماكن متفرقة من الجدارية، بالإضافة إلى عينة من المونة المستخدمة كأرضية تصوير مأخوذة من الفسيفساء الجدارية للسيدة العذراء مريم بالكنيسة البطرسيية. تم استخدامهم في الفحوص والتحليل المختلفة للدراسة (صورة 5).



صورة (5) توضح العينات التي تمت عليها عمليات الفحوص والتحليل المختلفة، (أ) فسيفساء مذهبية، (ب) فسيفساء حمراء، (ج) فسيفساء خضراء، (د) المونة.

<sup>14</sup>) Papadopoulos, N., & Drosou, C: Influence of water conditions on glass properties, p 431 .

## 2-2 طرق الدراسة:

### 1-2-2 الفحص بالميكروسكوب الرقمي المحمول USB Digital Microscope :

تم استخدام ميكروسكوب من نوع (USB 2.0 interface, Linux, Mac OS & above 10.5.5, Model: PZ01.) لفحص وتصوير مظاهر التلف التي يصعب رؤيتها بالعين المجردة.

### 2-2-2 الفحص بالميكروسكوب المجسم Stereo Microscope :

يساعد الميكروسكوب المجسم في تقديم طريقة مناسبة لفحص المكعبات الزجاجية وتوضيح مظاهر التلف التي يصعب رؤيتها بالعين المجردة وذلك باستخدام ميكروسكوب ثنائي العينية ( Binocular ) (15) ، حيث يمكن من خلاله تصوير الفقاعات الهوائية والشروخ الدقيقة وتشخيص حالتها ظاهرياً لمعرفة مدى ما حدث لها من تغير والتعرف على طبقات الصدأ ومدى تأكلها . حيث يتم وضع العينه على حامل من زجاج نصف شفاف وخلفها مصدر ضوئي ، أى أن عملية الفحص تتم بواسطة استخدام الضوء النافذ (16) . وقد تم الفحص باستخدام جهاز الأستريو ميكروسكوب ماركة ( Leica ) والذي تراوحت نسبة التكبير به ما بين 5x : 80x ، المتواجد بالمعامل المركزية بالهيئة العامة للثروة المعدنية ( هيئة المساحة الجيولوجية ) بالدقى .

### 2-2-3 الفحص والتحليل بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة (SEM -EDX) :

يعتبر الميكروسكوب الإلكتروني الماسح من أهم الوسائل المستخدمة في الفحص وذلك لأن الدراسة به تتم على عينات متناهية الصغر للسطح الخارجى للأثر فقط وليست للطبقات الداخلية ، كما يستخدم في التعرف على أهم التغيرات التي طرأت على سطح مكعبات الفسيفساء والكشف عن الأسطح المتآكلة للزجاج وملاحظة أهم مظاهر تلفها مثل الخدوش والحفر والشقوق الدقيقة (17) ، بالإضافة إلى وحدة تشتت الأشعة السينية EDX فهي من التقنيات التحليلية غير الهدامة للمادة الأثرية ومفيدة للتعرف على النسب المئوية لها سواء في صورة عناصر مفردة أو أكاسيد هذه العناصر (18) . وقد استخدم جهاز Zeiss Sigma 500 VP Analytical FE- SEM/EDX , operating up to 30 kV accelerating voltage ، الموجود بكلية الدراسات العليا للعلوم المتقدمة - جامعة بنى سويف .

### 2-2-4 التحليل بواسطة حيود الأشعة السينية XRD .

وهي من طرق التحليل الغير متلفة والتي تستخدم في معرفة المركبات التي تتكون منها عينات المواد المتبلورة Crystalline وذلك عن طريق انعكاسات الأشعة السينية من المسطحات البلورية للعينه وبحسابات

<sup>15</sup>) Davison, S., & Newton, R. G: Conservation and restoration of glass. Routledge , (2008), p 235

<sup>16</sup> ) نعمان . ر : دراسة علاج وصيانة الآثار الزجاجية المحفوظة بالمخازن باستخدام بعض المواد النانوية وإعدادها للعرض المتحفى تطبيقاً على نماذج مختارة من العصر الأسلامى ، رسالة دكتوراة ، قسم ترميم الآثار ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، 2019م ، 175.

<sup>17</sup> ) Spencer, H. M., Murdoch, K. R., Buckman, J., Forster, A. M., & Kennedy, C. J: Compositional Analysis by p-XRF and SEM-EDX of Medieval Window Glass from Elgin Cathedral, Northern Scotland. Archaeometry, 60(5), (2018), pp 1018-1035.

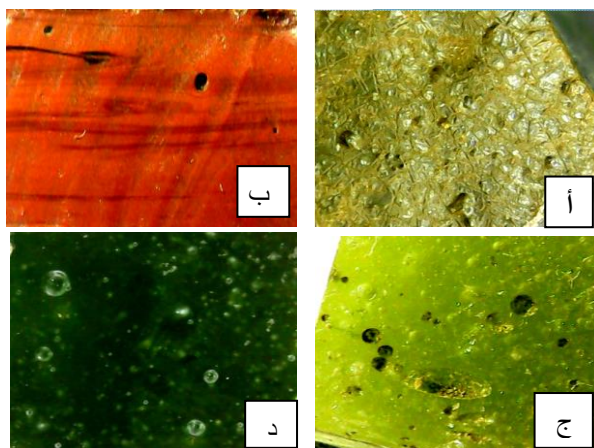
<sup>18</sup>) Baky: A Study of degradation phenomena of the stained glass in some cairo palaces from 1850 to 1950 , p107 .

خاصة يتم التعرف على هذه المركبات ونسبها . حيث تتعامل الأشعة السينية مع التركيب البلوري للمواد (19) ، قد استخدم تحليل XRD لمكعبات الفسيفساء الزجاجية لمعرفة مكوناتها البلورية ، في حالة تحلل الزجاج ، وذلك لأن الزجاج غير متبلور ولا يعطي نتائج إلا في حالة التحلل أو التبلور للأكاسيد المعدنية المستخدمة في الفسيفساء الزجاجية الملونة (20) . والجهاز المستخدم في التحليل من نوع Diffractometer theta:theta called Bragg - Brentano , operated at 40 kV and 40 mA , using Cu  $\alpha$  radiation. الموجود بوحدة حيود الأشعة السينية بكلية علوم - جامعة سوهاج .

### 3- النتائج والمناقشات :

#### 3-1 الميكروسكوب الرقمي المحمول USB Digital Microscope :

تم التصوير والفحص لعينات الفسيفساء الزجاجية المذهبة (أ) والحمراء (ب) والخضراء (ج ، د) بقوة تكبير تتراوح ما بين (50x - 250x) . حيث اتضح من خلال الفحص ظهور العديد من الشقوق الدقيقة والفقايع الهوائية بسطح طبقة الزجاج الرقيقة الحامية لورق الذهب في الفسيفساء المذهبة ، بالإضافة إلى ظهور العديد من الحفر والنقر بمكعبات الفسيفساء الزجاجية الحمراء والخضراء والتي يمكن أن يرجع سببها إلى عيوب تصنيع الزجاج (21) (صورة 6) .



صورة (6) توضح التصوير بالميكروسكوب الرقمي ، حيث تمثل (أ) عينة الفسيفساء المذهبة ويظهر بها العديد من الشقوق الدقيقة والفقايع الهوائية بسطح طبقة الزجاج الرقيقة ، (ب) عينة الفسيفساء الزجاجية الحمراء ، (ج ، د) عينة الفسيفساء الزجاجية الخضراء وقد ظهر بها العديد من الحفر نتيجة عيوب التصنيع .

#### 3-2 الميكروسكوب المجسم Stereo Microscope :

اتضح من خلال الفحص بالميكروسكوب المجسم لعينة الفسيفساء الزجاجية المذهبة (أ ، ب) من خلال تصوير المقطع العرضي لها أنها تتألف من ثلاثة طبقات ملتحمة معاً جيداً وهي كالتالي : طبقة سفلية من زجاج

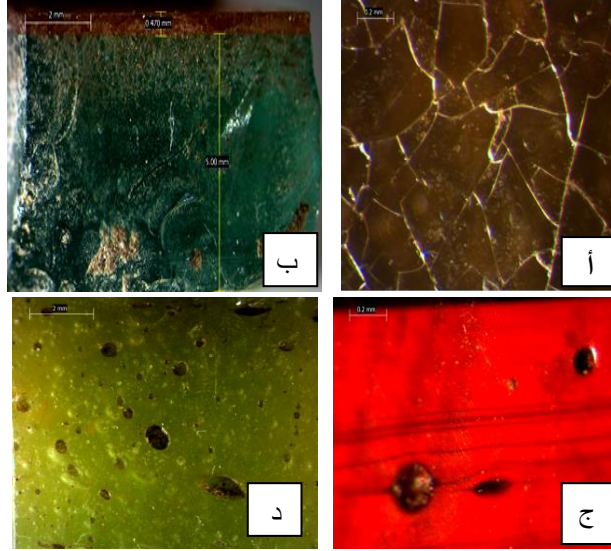
<sup>19</sup> ( عبد الباقي . ن: دراسة علمية تطبيقية فى علاج وصيانة الزجاج الأثرى المعشق بالرصاص تطبيقاً على نافذة بنقابة الصيادلة بالقاهرة ، رسالة ماجستير ، قسم ترميم الآثار ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، 2006 ، 225 .

<sup>20</sup> ) Mass, J. L: Instrumental methods of analysis applied to the conservation of ancient and historic glass. In The conservation of glass and ceramics: research, practice and training , (1999) , pp15-41

<sup>21</sup>) Moropoulou, A., Avdelidis, N. P., Delegou, E. T., Gill, C. H., & Smith, J : Study of deterioration mechanisms of vitreous tesserae mosaics. Proc. Scienza e Beni Culturali, 18, (2002), pp 843-851.



التدعيم بسمك 0,5 ملم مثبت عليها طبقة من ورقة الذهب بسمك 0,03 ملم ، ثم الطبقة السطحية الأخيرة وهي من زجاج رقيق جداً بسمك 0,27 ملم هذه الطبقة تعمل على حماية ورق الذهب وزيادة لمعانه ، ولذلك كان يطلق على تقنية تصنيع الفسيفساء الزجاجية المذهبة بإسم تقنية السندوتش Sandwich technique (22) ، مع ظهور العديد من الشروخ والشقوق الدقيقة بسطح طبقة الزجاج الرقيقة بها . كما اتضح بالفحص للفسيفساء الزجاجية الحمراء (ج) والخضراء (د) وجود بعض الحفر والثقوب الدقيقة الناتجة عن عيوب التصنيع (صورة 7) .



صورة (7) توضح التصوير بالميكروسكوب الجسم ، (أ) سطح الفسيفساء المذهبة ويظهر بها العديد من الشروخ والشقوق الدقيقة ، (ب) مقطع عرضي للفسيفساء المذهبة يظهر بها الطبقات الثلاثة المكونة لها ، (ج ، د) الفسيفساء الزجاجية الحمراء والخضراء ويظهر بهما العديد من الحفر والثقوب الدقيقة .

### 3-3 الميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة (SEM -EDX) :

ومن خلال الفحص باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM لعينات الفسيفساء الزجاجية المذهبة (أ) والحمراء (ب) والخضراء (ج) ، والمونة (د) (صورة 8) ، يتضح ظهور بعض الشروخ والشقوق الدقيقة بالإضافة إلى وجود بعض الحفر والنقر بسطح مكعبات الفسيفساء الزجاجية الحمراء والخضراء ، كما يظهر انفصال جزء من طبقة الزجاج السطحية الرقيقة الحامية لورق الذهب بمكعب الفسيفساء المذهبة مما يعرضها للتلف وتشوه منظرها ، كما نلاحظ في عينة المونة (د) تبلور الأملاح بين حبيباتها .

أما بالنسبة لنتائج التحليل ب EDX (جدول 1) فنجد في عينة الفسيفساء المذهبة (أ) انخفاض نسبة السليكا Si حيث بلغت 37,99% مما يشير لتعرضها للتلف ، بالإضافة إلى انخفاض الصوديوم Na إلى 5,87% وهذا يوضح خروجه من التركيب الشبكي للزجاج ونزوحه إلى السطح مما يزيد من سرعة تعرض طبقة الزجاج السطحية للتآكل (23) . كما نجد في عينة الفسيفساء الحمراء (ب) انخفاض ملحوظ في نسبة السليكا Si إلى 26,53% مع انخفاض نسبة الصوديوم Na إلى 9,34% بالإضافة إلى انخفاض نسبة الكالسيوم Ca إلى 2,49% والذي يعمل كعامل مثبت ، حيث أن تلك النسب المنخفضة لاتعمل على ثبات الزجاج وحمايته من الذوبان في

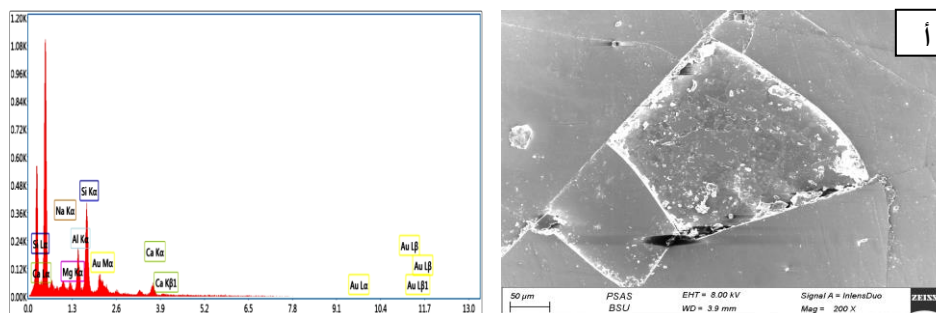
22 ) Neri, E., & Verità, M. : Glass and metal analyses of gold leaf tesserae from 1st to 9th century mosaics. A contribution to technological and chronological knowledge. Journal of archaeological Science, 40(12), (2013), pp 4596-4606.

23 ) نعمان ، دراسة علاج وصيانة الآثار الزجاجية المحفوظة بالمخازن باستخدام بعض المواد النانوية وإعدادها للعرض المتحفي تطبيقاً على نماذج مختارة من العصر الإسلامي ، 226 .

الماء في حالة توافر الرطوبة في البيئة المحيطة به ، كما يظهر الحديد بنسبة بنسبة 1,44% وهو الأكسيد الملون المسئول عن ظهور اللون الأحمر (24). بالإضافة إلى أننا نلاحظ في عينة الفسيفساء الخضراء (ج) انخفاض نسبة السليكا Si إلى 47,5% وأيضاً انخفاض نسبة الصوديوم إلى 6,8% مما يجعلها ذات مقاومة أقل لعوامل التلف (25) كذلك نجد ظهور الكروم Cr بنسبة 2,29% وهو الأكسيد الملون المسئول عن ظهور اللون الأخضر في الفسيفساء الزجاجية (26). كما أشارت النتائج في عينة الفسيفساء الحمراء والخضراء إلى وجود الأنتيمون Sb بنسبة 2,02 ، 3,4 على التوالي ، والرصاص بنسبة 12,58 ، 11,42 على التوالي ، وهما من العناصر المسببة لظهور مكعبات الفسيفساء باللون الأحمر والأخضر المعتم (27) ، كما أوضحت نتائج التحليل أن الخلطة الزجاجية المستخدمة في تصنيع الفسيفساء من نوع الزجاج الصوديومي ، وذلك نظراً لظهور الصوديوم في جميع العينات بنسب مختلفة وانعدام وجود البوتاسيوم وذلك باستثناء وجوده بنسبة 1.9% في العينة الخضراء والذي من المحتمل اضافته عن عمد لتحسين اللون الأخضر المنتج . أما بالنسبة لعينة المونة (د) فنجد ظهور أملاح كلوريد الصوديوم NaCl بها والذي يعتبر من الأملاح القابلة للذوبان في الماء .

جدول (1) يوضح نتائج تحليل EDX لخامات الفسيفساء الزجاجية .

Sample	Elemental Ratios (%)															
	C	O	Na	Mg	Al	Si	Ca	K	Sb	Mn	Fe	Ti	Cl	Cr	Pb	Au
أ	0	0	5,87	4,04	16,2	37,99	12,28	0	0	0	0	0	0	0	0	23.62
ب	39,95	0	9,34	1,07	2,2	26,53	2,49	0	2,02	1,48	1,44	,88	0	0	12,58	0
ج	14,03	0	6,8	0	2,55	47,5	5,6	1,9	3,4	2,93	1,58	0	0	2,29	11,42	0
د	40,7	41,3	2,1	0	0	2,2	12,13	0	0	0	,87	0	,76	0	0	0

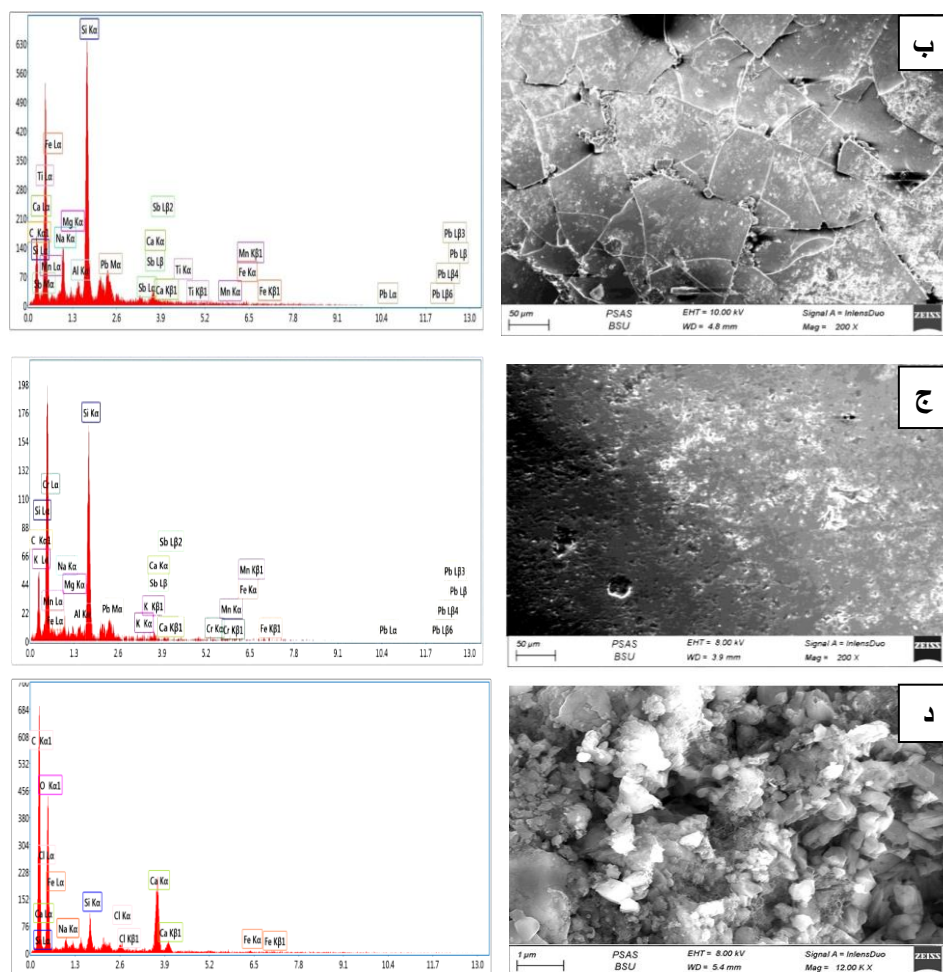


24) Tite, M. S., Shortland, A., Maniatis, Y., Kavoussanaki, D., & Harris, S. A. : The composition of the soda-rich and mixed alkali plant ashes used in the production of glass. *Journal of Archaeological Science*, 33(9), (2006), p1287.

25) Abd-Allah, R. : Devitrification behavior of corroded glass: Four case studies. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 7(1), (2007), pp 39-49

26) Gedzevičiūtė, V., Welter, N., Schüssler, U., & Weiss, C. : Chemical composition and colouring agents of Roman mosaic and millefiori glass, studied by electron microprobe analysis and Raman microspectroscopy. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 1(1), (2009), pp15-29.

27) Kaplan, Z., İpekoğlu, B., & Böke, H. : Physicochemical properties of glass tesserae in Roman Terrace House from ancient Antandros (Base glass, opacifiers and colorants), (2017).



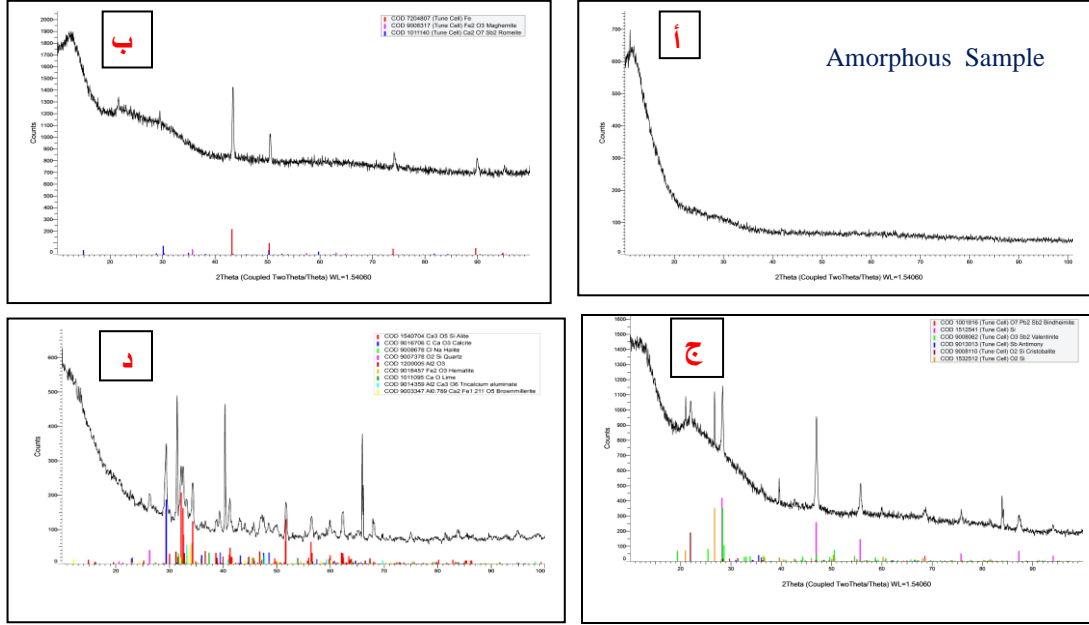
صورة (8) توضح نتائج الفحص والتحليل بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بـEDX ، (أ) فسيفساء مذهبة ، (ب) فسيفساء زجاجية حمراء ، (ج) فسيفساء زجاجية خضراء ، (د) المونة .

### 3-4 حيود الأشعة السينية XRD .

يتضح من خلال نتائج تحليل حيود الأشعة السينية XRD لعينات الفسيفساء الزجاجية (صورة 9) ، احتواء الفسيفساء المذهبة (أ) على مركبات في صورة غير متبلورة Amorphous ، أما في عينة الفسيفساء الحمراء (ب) فنلاحظ استخدام أنتيمون الكالسيوم (Ca-Antimony) ( $CaSb_2O_7$ ) في الخلطة الزجاجية للحصول على فسيفساء زجاجية حمراء داكنة اللون ومعتمة ، بالإضافة إلى وجود  $Fe_2O_3$  في صورة Maghemite وهو يحمل نفس خصائص الصيغة الكيميائية للهيمايتيت وله نفس الاستخدامات في الزجاج والفخار<sup>(28)</sup>. كما نجد أنه في عينة الفسيفساء الخضراء (ج) ظهور أنتيمونات الرصاص Pb-antimonate في صورة bindheimite ( $Pb_2Sb_2O_7$ ) في خلطة الزجاج وهي التي ثبت من التحاليل أنها تم استخدامها في الفسيفساء الزجاجية بكنيسة القديس St. Prosdocus in Padova بإيطاليا للحصول على اللون الأخضر المعتم<sup>(29)</sup> ، أما في عينة المونة (د) فنجد أنها تتكون من الأليت  $Ca_3SiO_5$  بنسبة 50,9% ، الكوراندم  $Al_2O_3$  بنسبة 16,8% ، كالكسيت  $CaCO_3$  بنسبة 15,4% كمركبات أساسية ، وكوارتز  $SiO_2$  بنسبة 3,2% ، وهيمايتيت  $Fe_2O_3$  بنسبة 1,2% كمركبات ثانوية ، بالإضافة إلى ملح كلوريد الصوديوم NaCl الذي وجد بنسبة 1,7% .

<sup>28</sup> ) Parkinson,G : Iron oxide surfaces . Surface Science Reports, 71(1) , (2016), 272-365.

<sup>29</sup> ) Silvestri : The palaeo-Christian glass mosaic of St. Prosdocus (Padova, Italy): archaeometric characterisation of tesserae with antimony-or phosphorus-based opacifiers. , p 2185.



صورة (9) توضح نمط التحليل بحيود الأشعة السينية XRD ، (أ) الفسيفساء المذهبة، (ب) الفسيفساء الزجاجية الحمراء ، (ج) الفسيفساء الزجاجية الخضراء .

#### 4- الأستنتاجات :

تظهر الدراسة الحالية أن الفسيفساء الزجاجية وخاصة المذهبة ذات تقنية عالية بالإضافة إلى زخرفتها وطريقة تنفيذها ، حيث اتضح من خلال الفحص لمكعب الفسيفساء المذهبة أنه يتكون من ثلاث طبقات متلاصقة معاً ، تصنع بوضع رقائق الذهب بين طبقتين من الزجاج الساخن أحدهما طبقة سفلية تسمى بطبقة التدعيم وأخرى طبقة سطحية تغطي ورق الذهب بسمك أقل من 1 ملم وتعمل هذه الطبقة على حماية ورق الذهب من الأكسدة والانفصال وزيادة لمعانها . كما اتضح من خلال طرق الفحص والتحليل المستخدمة تعرض الفسيفساء الزجاجية لجدارية السيدة العذراء مريم بالكنيسة البطرسيية للعديد من مظاهر التلف المختلفة ، حيث تعرضت تلك الفسيفساء لعوامل تلف كان أهمها ارتفاع نسبة الرطوبة النسبية في الوسط المحيط بها ، ويظهر ذلك من خلال نتائج تحليل EDX لمكعبات الفسيفساء الزجاجية حيث نجد انخفاض نسبة السليكا في جميع العينات عن الحد المسموح به مما يدل على تعرض تلك المكعبات للتلف ، بالإضافة إلى أننا نجد انخفاض في نسبة الصوديوم وذلك يزيد من احتمالية تعرض تلك المكعبات للتآكل . كما تشير النتائج إلى أن الخلطة الزجاجية المستخدمة في تصنيع الفسيفساء من نوع الزجاج الصوديومي . كما أن ارتفاع نسبة الرطوبة أدى إلى تفتت مونة الأسمنت أسفل مكعبات الفسيفساء والتي بدورها تؤدي إلى انفصال مكعبات الفسيفساء وتساقطها عن الجدارية بالإضافة إلى تزهزح ملح كلوريد الصوديوم بين حبيباتها . وأظهر تحليل حيود الأشعة السينية XRD على استخدام أنثيمونات الكالسيوم Ca-Antimony ( $CaSb_2O_7$ ) وأنثيمونات الرصاص Pb-antimonate ( $Pb_2Sb_2O_7$ ) في الخلطة الزجاجية للحصول على فسيفساء زجاجية حمراء وخضراء معتمة .

#### المراجع :

1. ذكرى مرور مائة عام على تكريس كنيسة الرسولين بطرس وبولس ( البطرسيية ) .
2. عبد الباقي . ن: دراسة علمية تطبيقية في علاج وصيانة الزجاج الأثرى المعشق بالرصاص تطبيقاً على نافذة بنقابة الصيادلة بالقاهرة ، رسالة ماجستير ، قسم ترميم الآثار ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، 2006م .
3. عزب .خ ، منصور .أ ، حمدي .م : العائلة البطرسيية " سيرة عائلة قبطية " ، مكتبة الأسكندرية ، 2010م .

4. نعمان . ر : دراسة علاج وصيانة الآثار الزجاجية المحفوظة بالمخازن باستخدام بعض المواد النانوية وإعدادها للعرض المتحفى تطبيقاً على نماذج مختارة من العصر الأسلامى ، رسالة دكتوراة ، قسم ترميم الآثار ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، 2019م .

5. Abd-Allah, R. : Devitrification behavior of corroded glass: Four case studies. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 7(1), (2007), 39-49
6. Baky, A. N. : A Study of degradation phenomena of the stained glass in some cairo palaces from 1850 to 1950. *Egyptian Journal of Archaeological and Restoration Studies*, 7(2) , (2017), 103-110 .
7. Davison, S., & Newton, R. G. : *Conservation and restoration of glass*, 2<sup>nd</sup> ed, Butterworth, UK , (2008).
8. Doménech-Carbó, M. T., Doménech-Carbó, A., Osete-Cortina, L., & Saurí-Peris, M. C L: A study on corrosion processes of archaeological glass from the Valencian Region (Spain) and its consolidation treatment. *Microchimica Acta*,(2006). 154(1-2).
9. Gedzevičiūtė, V., Welter, N., Schüssler, U., & Weiss, C. : Chemical composition and colouring agents of Roman mosaic and millefiori glass, studied by electron microprobe analysis and Raman microspectroscopy. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 1(1), (2009), 15-29.
10. Kaplan, Z., İpekoğlu, B., & Böke, H. : Physicochemical properties of glass tesserae in Roman Terrace House from ancient Antandros (Base glass, opacifiers and colorants , *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 17(1), (2017), 141-157.
11. Loukopoulou . P: gold tesserae from roman times to modern era : the investigation of luxury material , *Iccom* , (2017) .
12. Mass, J. L. : Instrumental methods of analysis applied to the conservation of ancient and historic glass. In *The conservation of glass and ceramics: research, practice and training* , (1999), 15-41.
13. Moro, D., Ulian, G., & Valdrè, G. : Monte Carlo SEM-EDS micro-and nanoanalysis of ultrathin gold leaves in glass mosaic tesserae: Thickness effects and measurement strategy. *Measurement*, 129, (2018), 211-217.
14. Moropoulou, A., Avdelidis, N. P., Delegou, E. T., Gill, C. H., & Smith, J. : Study of deterioration mechanisms of vitreous tesserae mosaics. *Proc. Scienza e Beni Culturali*, 18, (2002), 843-851.
15. Neri, E., & Verità, M. : Glass and metal analyses of gold leaf tesserae from 1st to 9th century mosaics. A contribution to technological and chronological knowledge. *Journal of archaeological Science*, 40(12), (2013), 4596-4606.
16. Neri, E., Morvan, C., Colomban, P., Guerra, M. F., & Prigent, V. : Late Roman and Byzantine mosaic opaque “glass-ceramics” tesserae (5th-9th century). *Ceramics International*, 42(16), (2016), 18859-18869.
17. Neri, E., Verità, M., Biron, I., & Guerra, M. F. : Glass and gold: Analyses of 4th–12th centuries Levantine mosaic tesserae. A contribution to technological and chronological knowledge. *Journal of archaeological Science*, 70, (2016), 158-171.
18. Papadopoulos, N., & Drosou, C. A. : Influence of weather condition on glass properties . *Journal of the University of Chemical Technology & Metallurgy*, 47(4) , (2012), 430 .
19. Parkinson, G : Iron oxide surfaces . *Surface Science Reports*, 71(1) , (2016), 272-365.

20. Robinet, L., Hall, C., Eremin, K., Fearn, S., & Tate, J. : Alteration of soda silicate glasses by organic pollutants in museums: Mechanisms and kinetics. *Journal of non - crystalline solids*, (2009), 355(28-30).
21. Silvestri, A., Tonietto, S., Molin, G., & Guerriero, P. : The palaeo-Christian glass mosaic of St. Prosdocimus (Padova, Italy): archaeometric characterisation of tesserae with antimony-or phosphorus-based opacifiers. *Journal of archaeological science*, 39(7), (2012), 2177-2190 .
22. Spencer, H. M., Murdoch, K. R., Buckman, J., Forster, A. M., & Kennedy, C. J. : Compositional Analysis by p-XRF and SEM–EDX of Medieval Window Glass from Elgin Cathedral, Northern Scotland. *Archaeometry*, 60(5), (2018), 1018-1035.
23. Tite, M. S., Shortland, A., Maniatis, Y., Kavoussanaki, D., & Harris, S. A. : The composition of the soda-rich and mixed alkali plant ashes used in the production of glass. *Journal of Archaeological Science*, 33(9), (2006), 1284-1292.
24. Tournié, A., Ricciardi, P., & Colomban, P.: Glass corrosion mechanisms: A multiscale analysis. *Solid State Ionics*, NO 179(38) , (2008), 2142-2154 .
25. Verità, M : Technology and deterioration of vitreous mosaic tesserae. *Studies in Conservation*, 45(sup3), (2000), 65-76.