

دراسة تحليلية لتقييم تلف لوحة أثرية من الحجر الرملى النوبى فى العصر المتأخر
بالمتمحف المصرى الكبير

Technical and analytical investigation study of late period Egyptian stele
from The Grand Egyptian Museum

أ.د/ محمد كمال خلاف

أستاذ ترميم الآثار ووكيل الكلية لشئون التعليم والطلاب كلية الآثار - جامعة الفيوم.

Prof. Mohamed Kamal Khallaf

Conservation Department, Faculty of Archaeology, Fayoum University, Egypt.

mkk00@fayoum.edu.eg

أ.د/ جمال عبد المجيد محجوب

أستاذ ترميم الآثار المتفرغ - قسم الترميم كلية الآثار - جامعة الفيوم.

Prof. Gamal Mahgoub

Conservation Department, Faculty of Archaeology, Fayoum University, Egypt.

gam00@fayoum.edu.eg

الباحثة/ شرين حلمى بغدادى

أخصائى ترميم آثار وزارة السياحة والآثار المتحف المصرى الكبير.

Researcher. Shiren Helmy Boghdady

Conservation Centre of the Grand Egyptian Museum (GEM.CC), Ministry of
Antiquities, Egypt.

m.mahahelmy12@gmail.com

ملخص

تتطرق الدراسة لفحص وتحليل لوحة أثرية من الحجر الرملى محفوظة بالمتحف المصرى الكبير, مركز صيانة وترميم الآثار , عليها نقوش وكتابات باللغة الهيروغليفية , اعتمدت الدراسة استخدام الميكروسكوب الضوئى, الميكروسكوب المستقطب , والميكروسكوب الإلكتروني الماسح للدراسة البتروجرافية والفحص. واستخدمت حيود الأشعة السينية , للتحليل والتعرف على التراكيب المعدنية للحجر الرملى الأثرى وكذلك التحليل بالأشعة تحت الحمراء للتعرف على المواد الملونة والوسيط العضوى المستخدم فى تنفيذ الرسوم والنقوش الملونة فى العصر المتأخر. واللوحة من الحجر الرملى النوبى من محاجر جبل السلسلة غرب أسوان, يوجد بقايا للون الأحمر على نقوش اللوحة والذى ثبت أنه معدن الهيماتيت Hematite Fe2O3 بالإضافة لمركبات معادن الطفلة , وتحليل الوسيط اللونى تبين أنه الغراء الحيوانى , وبفحص وتحليل مظاهر التلف وجدت طبقات متكلسة صلبة وسميكة , تكلسات جيرية ومواد تجميع لجزء منفصل سابقا, وطبقة من كربونات الكالسيوم والجبس والصمغ العربى فى لصق قاعدة خشبية حديثة .

الكلمات المفتاحية:

محاجر جبل السلسلة, الحجر النوبى, اللوحات الأثرية بالعصر المتأخر, الميكروسكوب المستقطب , الميكروسكوب الضوئى, الميكروسكوب الإلكتروني الماسح, الغراء الحيوانى .

Abstract

Upper Egypt is well-known for its famous Pharaonic stone monuments. they give the unique creative work of humankind in ancient times. the monuments are significant for the cultural identity of Egypt and they are very important for the economic situation of the country, Sandstones from the Gebel el-Silsila area in south-western Egypt—as one group of the formerly so-called “Nubian sandstone”—the study deals with examination and analysis of painting sandstone Stela preserved in The Grand Egyptian Museum under the number (SR -22106), with inscriptions and writings in hieroglyphics, Complimentary techniques were used in this study; the optical microscope, X-ray fluorescence spectrometry (XRF), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), Electronic microscope scanner (SEM), The pigment color employed was red , which have been shown to be the protective iron oxide as well as the clay minerals compounds. By analyzing the color medium, it was found to be animal glue, and by examining and analyzing the manifestations of the deterioration phenomena, solid and thick calcium layers, limestone calcifications and assembly materials for a previously separate part, and a layer of calcium carbonate, gypsum and Arab glue were found in the pasting of a modern wooden base.

Keywords :

Gebel elsilsila , Nubian sandstone, Historical Stelae of late period , XRF , XRD, SEM , Polarizing microscope, Optical microscope , Animal Glue

1. مقدمة

الحجر الرملي النوبي استخدم على نطاق واسع في مصر القديمة ومنه اللوحة الأثرية موضوع الدراسة من محاجر جبل السلسلة بأسوان ، وتمت دراسة نوعية الحجر و التركيب الكيميائي للمعادن الأساسية المكونه للحجر والمعادن الثانوية والمواد الرابطة، وقد تم دراسة خصائص الحجر الرملي المكون للوحات الأثرية موضوع الدراسة ، باستخدام الطرق والأجهزة العلمية الحديثة المتاحة ، وذلك لتحديد طبيعة وتركيب الحجر الأثرى وكذلك معرفة طبيعة الإلتساخات والتراكمات الموجوده على السطح (Klimek, B.et al.,2021; Despina Dimell,2019). يعتبر التعريف الاصطلاحي لكلمة لوحة أو لوحة تذكارية **باللاتينية Stela**؛ وبالـمصرية القديمة "وج" هي لوح من الحجر أو الخشب يكون ارتفاعها عادة أطول من عرضها، تنصب أمام قبر للتعريف بصاحبه (Abdel-Naby M G.,2004) ، أو للتذكرة بحدث تاريخي هام، أو لتحديد حدود بلد أو حدود قطعة أرض (Memoirs By1908.)، وفي **عصر الدولة الحديثة** والعصر المتأخر الذي انتشر فيه عدم الأمان وسرقة القبور من مجرمين ولصوص فاكتفي رجال ونساء من الطبقة المتوسطة بنصب لوحة صغيرة على القبر. فكانت اللوحة بالإضافة إلى تابوت المومياء من أهم الأشياء للمحافظة على اسم الميت ووضع تحت حماية أحد الآلهة، ويعتبر الأحجار أكثر استخداما لتحملها الظروف القاسية ومنها الملون وغير الملون ترجع اللوحة إلى العصر المتأخر محفوظة بمخازن المتحف المصري الكبير ، واستعملت الأحجار الرملية من منطقة جبل السلسلة **Silsila Gebel** لبناء أغلب آثار الحجر الرملي في مصر العليا، وذلك منذ عصور بمصر القديمة (N. M. SHUKRI,1945) وحتى وقتنا الحالي ومحاجر **الSilsila Gebel** واقعة في جنوب غرب مصر، حوالي ١٦٠ كيلومتر جنوب الأقصر و ٥٠ كيلومتر غرب أسوان. تمتد محاجر الحجر الرملي على الغرب والصفة الشرقية من النيل **الSilsila Gebel** أحجار رملية تعرف قديما بما يسمى بالحجر الرملي النوبي (Osama M., Mohamed K. Khallaf,2020 ; Abd el Hady MM.,2000 ; Hermina M,et al.,1989. وتهدف الدراسة لفحص وتحليل اللوحة الأثرية والتعرف على

مكوناتها، وكذلك الألوان المستخدمة في النقوش الأثرية والوسيط العضوي المستخدم في تلك الفترة في تنفيذ اللوحات الأثرية الملونة، وتقييم مابها من تلف .

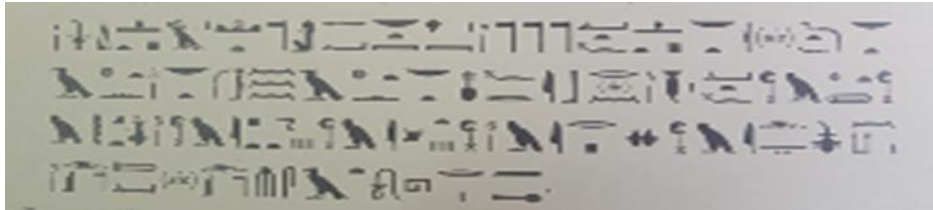
أ- الوصف الأثرى:

لوحة تنتمي ل بداية العصر المتأخر أواخر الأسرة الخامسة والعشرين محفوظة بالمتحف المصري الكبير رقم (SR 22106) من الحجر الرملي النوبي ، استعملت الأحجار الرملية من منطقة جبل السلسلة Silsilah Gebel لبناء أغلب آثار الحجر الرملي في مصر العليا، وذلك منذ عصور ما قبل الأسرات. (Bernd Fitzner.,2003), اللوحة ذات قمة مستديرة عليها منظر لجناحى حورس يتوسطهما قرص الشمس، وأسفله منظر لمركب على جانبه الإله (جحوت) ، أسفله سبعة صفوف من الكتابات الهيروغليفية بأسلوب غائر وبارز، توضح الكتابات تقديم الملك القرابين (الجعه والخبز واللبن) للإله رع حور أخت السيد فى سماء المعبودات ،وسيد فصل الفيضان ،وسيد التطهير، يوجد باللوحة الأثرية كسر باتجاه العرض، النقوش ملونة باللون الأحمر على هيئة تحديد خارجى وتعانى المادة الملونة من تلف وبهتان بالجزء السفلى من اللوحة الأثرية.



صور(١،٢،٣) يوضح محاجر الحجر الرملي بجبل السلسلة نقلا

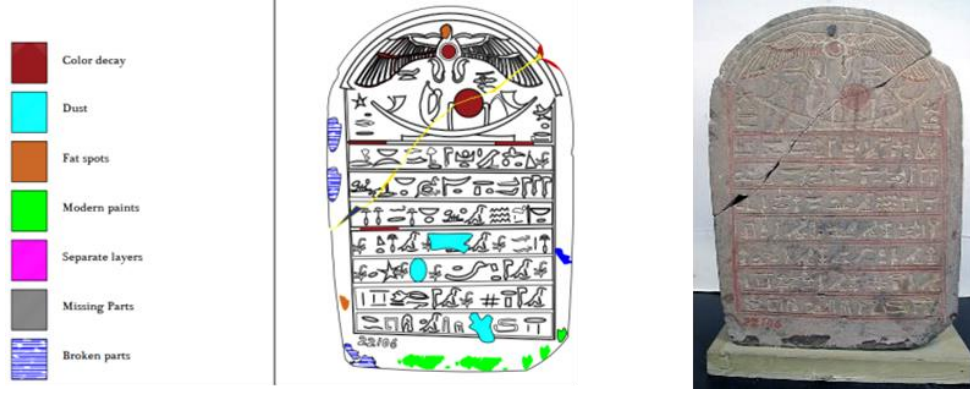
<https://www.google.com/maps/place> ,Tawadros EE,2001



صورة (٤) توضح التوثيق الأثرى للكتابات على سطح للوحة الحجرية موضوع الدراسة.

ب- التوثيق لفوتوغرافى- برنامج الأوتوكاد

تم أخذ لقطات عامة يليها لقطات تفصيلية للأثر، استخدمت كاميرا (Niko F4, astandard 35mm Camera,Nikkor 28 mm F,3.5 Prespective controle). فى شكل لقطات وكادرات إجمالية لتسجيل النقوش والكتابات (B. Szmygin,et al.,2020 ; Heba Sayed, et al.,2021). ، وكذلك الجانب الخلفى للوحة ويتم رسم بالقطاعات المختلفة لجسم الأثر، ورسم أبعاد الأثر المختلفة عن طريق المنظور (Axometric & Isometric), تم رفع الأبعاد والمقاسات للوحة الحجر الرملي الأثرى موضوع الدراسة، ثم بعد ذلك تم التسجيل الهندسى للأثر، باستخدام الحاسب الآلى (برنامج الأوتوكاد).



صورة (٥) توضح التوثيق الفوتوغرافي - شكل (٦) الأوتوكاد للوحة الحجر الرملي الأثرية موضوع الدراسة

2. المواد والطرق:

أ. التصوير باستخدام الأشعة فوق البنفسجية

استخدمت طريقة التصوير بالأشعة فوق البنفسجية , هي من أكثر الطرق الحديثة في التصوير لتسجيل الآثار (Antonino Cosentino,2015; Mazurek.,et al,2014; Domenech-Carb´o et al.,2009). حيث يتضح من خلال التصوير في وجود لمبات ال UV معالم اللوحة الأثرية يظهر بها تآكل أجزاء منها بفعل عوامل التجوية, بهتان واضمحلال اللون الأحمر, وكذلك في حالة وجود كتابات غير واضحة بالتصوير الفوتوغرافي كما يتضح بالصورة (٩,٨)



صورة (٧,٨) توضح تصوير اللوحة الأثرية باستخدام الأشعة فوق البنفسجية

ب. الفحص بالميكروسكوب الضوئي Optical Microscope

تعتبر من طرق الفحص الهامة للتعرف وتحديد تلف المواد وخاصة النقوش الملونة (El-Gohary, M., 2011) واجهة اللوحة الأثرية، وكذلك الجانب الخلفي. تم الفحص بمركز ترميم وصيانة الآثار بالمتحف المصري الكبير, ماركة Zeiss with an Axio Cam MRC5 with an Stereo DV 20 وظروف تشغيل, optical zoom of 28 up to 560x. The images were taken at 28x covering an area of 18x16 mm

ج. الفحص بالميكروسكوب المستقطب

من خلال دراسة قطاعات الحجر الرملي موضوع الدراسة بالميكروسكوب المستقطب تم الفحص باستخدام الميكروسكوب المستقطب ماركة (Ziess) موديل ٢٠١٠, تحت ظروف التشغيل الآتية: Magnification in Plane-Polarized Light 25x and 100x, وتم الفحص بجهاز الميكروسكوب المستقطب بمركز ترميم وصيانة الآثار بالمتحف المصري الكبير.

د. الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح

الميكروسكوب الإلكتروني الماسح يلعب دوراً هاماً في دراسة المواد المكونة للآثار الحجرية لما تتميز به من تنوع كبير واختلافات تظهر في أحجام وأشكال حبيباتها كذلك يستخدم في دراسة مواد الترميم سواء التنظيف أو مواد التقوية لما يتميز به من قوة تكبير عالية تساعد في الحكم على فعالية مواد الترميم (Refaat F. et al., 2020; Ural, Nazile. 2021.) ، وقد تم استخدامه في فحص العينات الميكروسكوب الإلكتروني الماسح ماركة (Philips ٣٠) XL وتم الفحص بالمركز القومي لبحوث الإسكان والبناء.

هـ. التحليل بحيود الأشعة السينية

تتميز طريقة التحليل هذه بخصائص قد لا تتوافر في معظم الطرق الأخرى في دراسة بنية الأحجار يمكن أن يعكس استرجاع الطور والكمية والبنية البلورية وتشكيل الطور الجديد (Shen et al., 2018; Hillier, S. 1999.)، تم استخدام التحليل بحيود الأشعة السينية على عينات الحجر الرملي باستخدام جهاز التسجيل الآلي الـديفراكتوميتر Defract Meter ماركة فيليبس Philips Analytical X-Ray بطور تشغيل with a Cu anode, working at 30mA/40kV تحليل العينات باستخدام جهاز حيود الأشعة السينية بـ"مركز صيانة الآثار بالمتحف المصري الكبير.

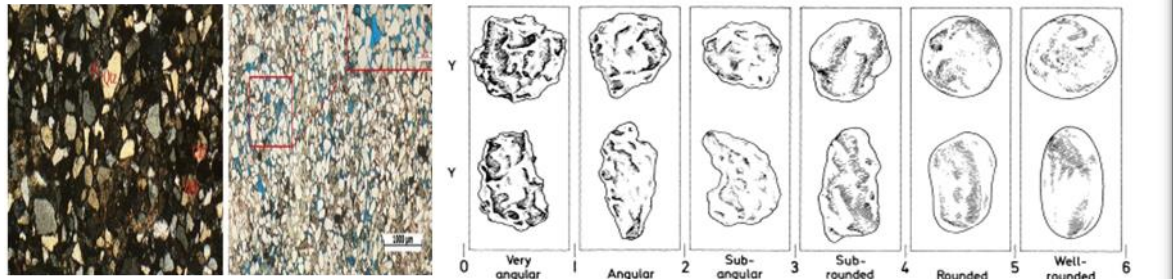
و. التحليل بالأشعة تحت الحمراء

لفحص كلا من المادة الملونة الحمراء والوسيط اللوني، تم الحصول على أطياف FTIR باستخدام أطياف Bruker FTIR موديل VERTEX 70 مجهز بـ ATR كريستال. تم الحصول على أطياف الأشعة تحت الحمراء باستخدام فتحة ٢٠-١٠٠ ميكرومتر، في المنطقة الطيفية من ٦٠٠ إلى ٤٠٠٠ سم^{-١}.

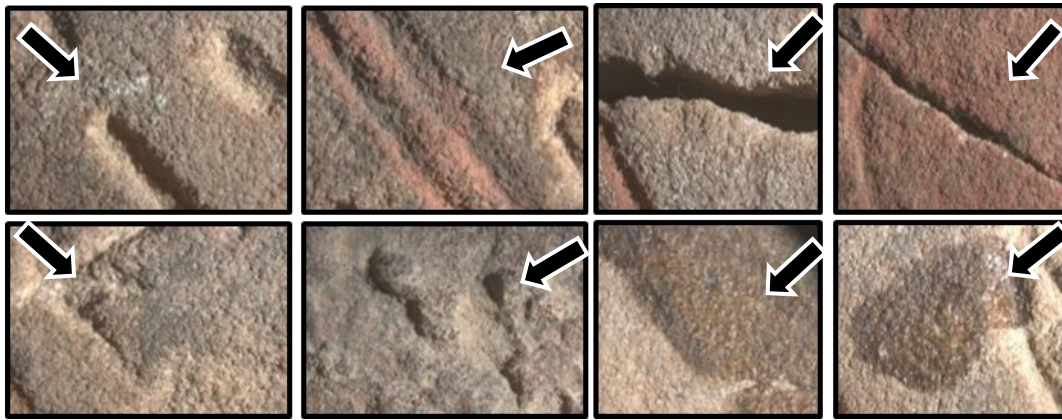
3. النتائج والمناقشة :**أ- التعرف على تركيب الحجر المكون للوحة موضوع الدراسة**

بدراسة قطاعات الحجر الرملي موضوع الدراسة بالميكروسكوب المستقطب، وطبقاً ل (Pettijohn FJ, et al., 1987) (Abd el Hady MM, 1989)؛ وما ذكره في دراسة عن الحجر النوبي من محاجر جبل السلسلة اتضح أن الحجر الرملي والذي يرجع لمحاجر جبل السلسلة (Nabawy BS, Geraud Y, 2016; Nabawy, B. S. 2015) والمعروف بالحجر النوبي (Tawadros EE. 2001) يتكون، وبشكل أساسي من حبيبات الكوارتز، معادن الطين (الكاولينيت، فلدسبار ميكروكلين، ألبيت، ميكا، مسكوفيت) (M. K. Khallaf. et al., 2020; El-Bakush H.) (Sadeq, et al., 2007) الحبيبات جيدة Fine-grained وحجمها يتراوح بين (0.031–0.063 mm) ومرتبطة مع بعضها البعض بواسطة أكاسيد الحديد ونسبة من معادن الطفلة و الكالسيت، والتي تتميز بالمسامية العالية (Temraz MG, Khallaf MK, 2016)، كما يتضح نسبة أملاح الهاليت (Tucker ME. 1988)، توضح الدراسة البتروجرافية تلف و تغير شكل حبيبات الحجر، فضلاً عن التعرف على حجم الحبيبات في فحص عينات الحجر الرملي الأثرية (He et al., 2020). ويظهر من خلال الفحص بللورات الحجر الرملي واختلاف أشكالها المنتظمة منها وغير المنتظمة، وتظهر أكاسيد الحديد كمادة رابطة ويتضح آثار التجوية بالحجر الرملي كما هو موضح بالصور (١٠، ١١، ٩)، كما يظهر من خلال الميكروسكوب الضوئي ويظهر من خلالها الفراغات البينية بين بلورات الكوارتز المكون الأساسى للحجر الرملي (Nabawy BS, Al-Azazi NAS 2015)، ويتضح أيضاً ضالة المادة اللاصقة، وتآكل حواف البلورات وعدم إنتظام أحجامها (Nabawy BS, et al., 2019)، وذلك خلال فحص واجهة اللوحة الأثرية، وكذلك الجانب الخلفي، وتظهر

أكاسيد الحديد كمادة رابطة ويتضح آثار التجوية بالحجر الرملي، ويدل على ذلك وجود فراغات وفجوات عميقة بالعينه، حيث يتضح تلاشي المادة اللاصقة في بعض الأجزاء، مما قد يؤدي إلى التفتت السريع لحبيبات الحجر الرملي المكون للوحة الأثرية، ويظهر طبقات متكلسة صلبة، تكلسات جيرية، وبقع دهنية وبقع سناج فضلا عن وجود بقايا لدهانات حديثة يظهر من خلال الصور رقم (١٩-١٢)

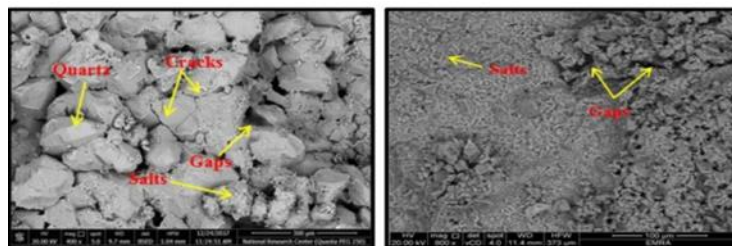


شكل (٩) يوضح أحجام وأشكال حبيبات الحجر الرملي النوبي. صور رقم (١٠،١١) توضح عينات من الحجر الرملي (الحجر النوبي) الأثرية تحت المستقطبين المتعامدين



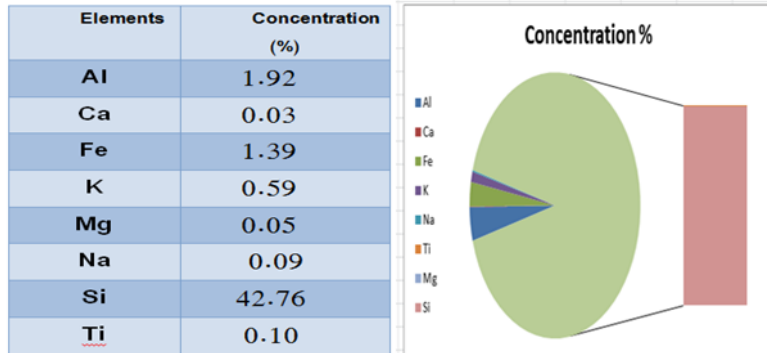
صوره رقم (١٩-١٢) توضح فحص عينات من الحجر الرملي (الحجر النوبي) الأثرية بالميكروسكوب الضوئي.

ويظهر من خلال الميكروسكوب الأليكتروني الماسح الفراغات البينية بين بلورات الكوارتز المكون الاساسي للحجر الرملي وكذلك المسامية العالية Total porosity ويتضح ايضا ضالة المادة اللاصقة بين بللورات الكوارتز وتآكل حواف البلورات وعدم إنتظام أحجامها اللوحة الأثرية، الجزء الخلفي للوحة الأثرية والتي يظهر بها تلف ناتج من بيئة الحفظ، مما أدى إلى تحلل معادن الكوارتز والمعادن الرابطة في الحجر الرملي نتج عن ذلك وجود فراغات وفجوات أدت إلى ضعف القوة الميكانيكية للحجر الرملي في هذا الجزء من اللوحة كما أدت إلى نمو البلورات الملحية.



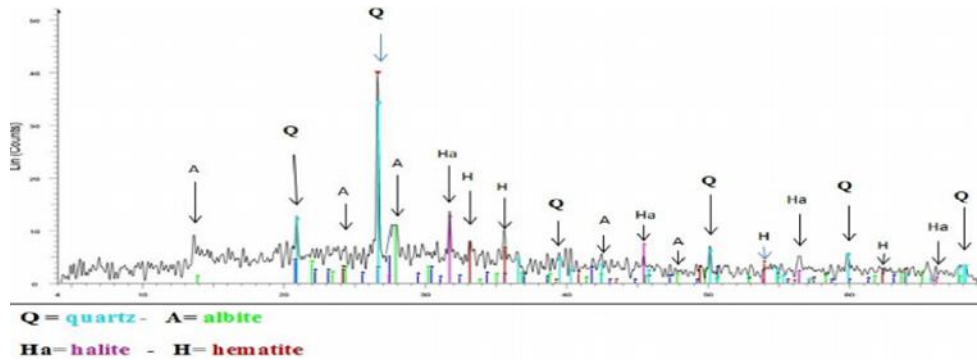
صوره رقم (٢١،٢٠) توضح فحص عينات من الحجر الرملي (الحجر النوبي) الأثرية بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح .

ومن خلال تحليل نمط تفلور الأشعة السينية للحجر الرملي المكون للوحة الأثرية تبين أن المكون الأساسي هو الكوارتز Si₂O₆ ومعادن أخرى كالحديد Fe ، والكالسيوم Ca والماغنسيوم Mg والبوتاسيوم K والصوديوم Na والتيتانيوم وهذا ما أكدته كلاً من (Mukuna P. Mubiayi,2013;Hatem El-Desoky, et al,2015).



شكل رقم (٢٣) يوضح نمط تفلور الأشعة السينية.

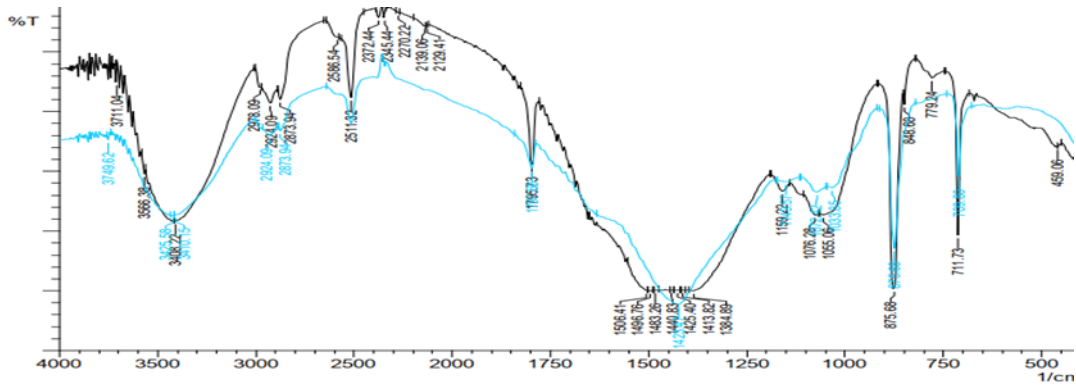
ومن خلال التحليل بحيود الأشعة السينية حيث ، أخذت هذه العينة بدقة شديدة من مكان أجزاء متساقطة من اللوحة الحجرية من أماكن ثقب القاعدة الخشبية المثبتة باللوحة الأثرية، وبدراسة نتائج نمط حيود الأشعة السينية لهذه العينة، اتضح أنها تتكون بصفة أساسية من (الكوارتز) Quartz SiO₂ ، والألبيت Albite NaAlSi₃O₈ ، معدن الهيماتيت Hematite Fe₂O₃، والهاليت Halite NaCl ويؤكد على تواجد معادن الطين في معظم أنواع الحجر الرملي باستخدام مسحوق الحجر الرملي لتأكيد ذلك واعتبارها من أكثر أنواع التحاليل جدوى في تحديد معادن الطين موضح الشكل (٢٤) Hillier, (S. Hillier.2018 ; S. 2000).



شكل رقم (٢٤) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة الحجر الرملي النوبي الأثرية

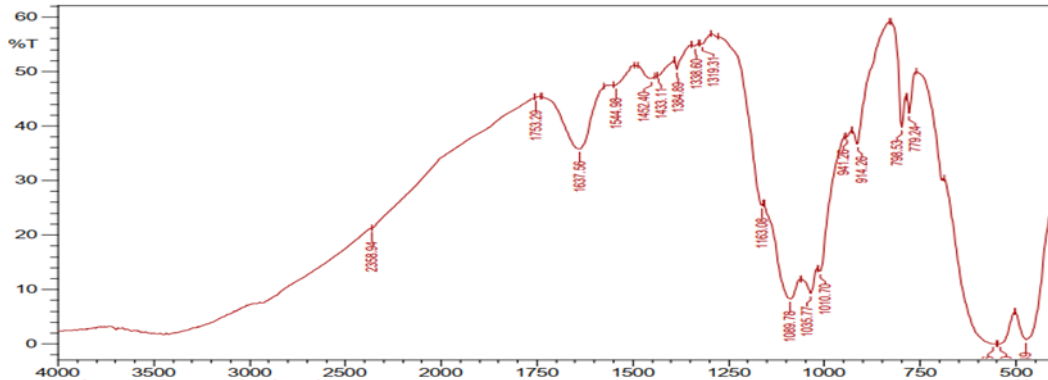
ب- التعرف على المادة الملونة والوسيط اللوني

بدراسة نتائج نمط حيود الأشعة السينية، اتضح أنها تتكون بشكل أساسي من معدن الهيماتيت Hematite Fe₂O₃ ، حيث تم تحديد استخدام المغرة الحمراء (Fe₂O₃). ويتم إنتاج المغرة الحمراء عن طريق تسخين اللون الأصفر مغرة لطرود الماء وإنتاج أكسيد الحديد اللامائي. من خلال التحكم في التدفئة يمكن إنتاج مجموعة من اللون الأصفر الدافئ إلى الأحمر الفاتح. المغرة الحمراء تحدث بشكل طبيعي في المناطق البركانية حيث النشاط الحراري تسبب في الجفاف;(L.N.C. Castro,2016; Ruth Siddall,2018) ، وبالتالي فالمادة الملونة الحمراء المستخدمة عبارة عن الهيماتيت، كما هو موضح بالشكل رقم (٢٥)



شكل رقم (٢٧): يوضح التحليل بالأشعة تحت الحمراء للمادة القصرويميل المستخدمة في تجميع الجزين المنفصلين .

اللوح الأثرية مثبتة بقاعدة خشبية مشوهه للمظهر العام ومن خلال دراسة مواد التجميع واللصق القديمة باستخدام التحليل الأشعة تحت الحمراء (FTIR) Infra red Fourier Transform حيث أنه تم أخذ عينات منها للتعرف على مواد التجميع واللصق, ومن خلال مقارنة المجموعات الفعالة للعينة الأثرية والعينة القياسية تبين أن المادة المستخدمة في التجميع هي كربونات كالسيوم وصمغ عربي كما هو موضح بالشكل (٢٨)



شكل رقم (٢٨): يوضح التحليل بالأشعة تحت الحمراء (FTIR) Infra red Fourier Transform لمادة تثبيت القاعدة الخشبية (كربونات كالسيوم, صمغ عربي) .

4. الإستنتاجات والخاصة:

تناولت هذه الورقة البحثية دراسة حالة لإحدى لوحات الحجر الرملي النوبي الأثرية المصرية القديمة من العصر المتأخر الأسرة الخامسة والعشرين تتضمن كتابات ونقوش لتقديم القرابين , اللوحة الأثرية محفوظة بمخازن المتحف المصري الكبير, وبدراسة نوعية الحجر و التركيب الكيميائي للمعادن الأساسية تبين من خلال الفحص والتحليل تكون الحجر الرملي الأثرى وبشكل أساسي من حبيبات الكوارتز, معادن الطين الحبيبات جيدة الارتباط Fine-grained مع بعضها البعض بواسطة أكاسيد الحديد ونسبة من معادن الطين, كما يتضح نسبة أملاح الهاليت, واتضح من خلال الدراسة البتروجرافية تلف و تغير شكل الحبيبات وكذلك المسامية العالية Total, ضالة المادة اللاصقة بين بللورات الكوارتز وتآكل حواف البللورات وعدم إنتظام أحجامها اللوحة الأثرية قد يرجع ذلك لعوامل التجوية البيئية وبفعل بيئة الدفن , ويتضح ذلك بشكل جلي بالجزء الخلفي للوحة الأثرية والتي يظهر بها تلف ناتج من بيئة الحفظ, مما أدى إلى تحلل معادن الكوارتز والمعادن الرابطة. وبدراسة المادة الملونة الحمراء اتضح أنها المغرة الحمراء (Fe2O3), والتي انتجت عن طريق تسخين اللون الأصفر لطرود الماء وإنتاج أكسيد الحديد اللامائي, وباستخدام التحليل بالأشعة تحت الحمراء Infra red Fourier Transform

تبين أن الوسيط العضوي المستخدم في المادة الملونة الحمراء هو الغراء الحيواني Animal Glue وهو الأشهر استخداماً في العصر المتأخر.

وبدراسة مواد التجميع واللصق المستخدمة في ترميم حديث للوحة الأثرية تبين أنها مونة القصر وميل أو الحمرة , وبدراسة مادة لصق القاعدة الخشبية بالتحليل بالأشعة تحت الحمراء (FTIR) Infra red Fourier Transform (FTIR) ومن خلال مقارنة المجموعات الفعالة للعينة الأثرية والعينة القياسية تبين أن المادة المستخدمة في التجميع هي كربونات كالسيوم وصمغ عربي.

ونستخلص من هذه الورقة البحثية انتشار استخدام الحجر الرملي النوبي لإنجاز كثير من الأعمال الفنية الأثرية ومنها اللوحات الحجرية , أيضا أكدت الدراسة على استخدام الغراء الحيواني كوسيط لوني والمغرة الحمراء لإنتاج المادة الملونة الحمراء في تنفيذ النقوش الملونة في تلك الحقبة .

يوصى بتوفير المواد اللازمة لعمليات العلاج والترميم للآثار المستخرجة من الحفائر فور استخراجها وخاصة الموجودة في حالة كسر أو أجزاء منفصلة , ومراعاة تقدير أوزان القطع الأثرية الحجرية التي تحتاج لتجميعها بارات من الحديد الغير قابل للصدئ أو بارات الفايبر جلاس

كما يوصى بعمل الفحوص والتحليل الكاملة للتعرف على مكونات كل أثر وكذا المواد المستخدمة في النقوش والألوان وتقرير شامل بداية من استخراجها من بيئة الدفن مروراً بأى عمليات ترميم , وذلك للإستعانة بهذا التقرير في عمليات العلاج والصيانة الدورية لكل قطعة أثرية.

المراجع:

1. Abd el Hady MM. Durability of monumental sandstone in Upper Egypt. In: Marinos G, Koukis G, editors. Engineering geology of ancient works, monuments and historical sites. Rotterdam: Balkema, 1989.
2. Abd el Hady MM. The deterioration of Nubian sandstone blocks in the Ptolemaic temples in Upper Egypt. Proceedings of the Ninth International Congress on the Deterioration and Conservation of Stone, vol. 2. 19 –24 June, Venice, Italy. Amsterdam: Elsevier, 2000. p. 783–92.
3. Abdelmoniem M. Abdelmoniem, Black pigment in Ancient Egypt (definition and types), Ancient Research Center In Egypt, 2020.
4. Abdel-Naby M G. Royal Stelae at Graeco-Roman period " Applied study on group of the Egyptian museum-Cairo", MSc, Faculty of Archaeology, Cairo University. (2004).
5. Domenech-Carbó et al., Electrochemical Methods in Archaeometry, Conservation and Restoration, Monographs in Electrochemistry, DOI 10.1007/978-3-540-92868-3 1, c Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009.
6. [Antonino Cosentino](#), Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination, Cultural Heritage Science Open Source, Piazza Cantarella 11, Aci Sant'Antonio, 95025, Italy, 2015, P.53.
7. [Alhussein A. Basheer](#), [Ahmed K. Alezabawy](#), Geophysical and hydrogeochemical investigations of Nubian sandstone aquifer, South East Sinai, Egypt: Evaluation of groundwater distribution and quality in arid region, [Volume 169](#), 2020.
8. Bernd Fitzner, Kurt, Weathering damage on Pharaonic sandstone monuments in Luxor-Egypt, (2003)

AND PROTECTION OF SANDSTONE PETROGLYPHS
 AND PROTECTION OF SANDSTONE PETROGLYPHS
 AND PROTECTION OF SANDSTONE PETROGLYPHS
 AND PROTECTION OF SANDSTONE PETROGLYPHS
 AND PROTECTION OF SANDSTONE PETROGLYPHS
 AND PROTECTION OF SANDSTONE PETROGLYPHS

Application in Mediterranean Historic

Application in Mediterranean Historic

AT SARABIT EL KHADEM (SINAI, EGYPT

AT SARABIT EL KHADEM (SINAI, EGYPT)

AT SARABIT EL KHADEM (SINAI, EGYPT)

AT SARABIT EL KHADEM (SINAI, EGYPT)

AT SARABIT EL KHADEM (SINAI, EGYPT)

AT SARABIT EL KHADEM (SINAI, EGYPT)

9. B. Fitzner, K. Heinrichs, D. La Bouchardiere, Weathering damage on Pharaonic sandstone monuments in Luxor-Egypt, *Building and Environment*, 38(9-10), 2003, pp. 1089-1103.

10. B. Szmygin, et al., Transnational model of sustainable protection and conservation of historic ruins Best practice handbook, ISBN: 978-83-7947-420-2, Politechnika Lubelska 2020, P2.

Centers—The Case of Valletta

Centers—The Case of Valletta

Conservar Património 21 (2015) 53-62 | doi:10.14568/cp2015006

11. Da Fonseca, B.S.; Picarra, S.; Pinto, A.P.F.; Ferreira, M.J.; Montemor, M.F. TEOS-based consolidants for carbonate stones: The role of N1-(3-trimethoxysilylpropyl)diethylenetriamine. *New J. Chem.* 2017, 41, 2458–2467.

12. Despina Dimell, Modern Conservation Principles and Their Application in Mediterranean Historic Centers-The Case of Valletta, *Heritage* 2(1), doi.org/10.3390/heritage2010051, 2019.

13. El-Bakush H. Sadeg*, Minas A. Haithem, El-Bakush H. Sadeg*, Minas A. Haithem, THE FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE GEOLOGY OF AFRICA At: Egypt, THE FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE GEOLOGY OF AFRICA Vol. (1), P-P. VI-51 – VI-70

14. El-Gohary, M., (2011). Analytical investigations of disintegrated granite surface from the un-finished obelisk in Aswan, *ArchEoSciences*, Vol. 35, pp: 61-79.

15. ¹ Refaat F., Mahmoud H. M., El-Sabbagh B., Brania A, *Advanced Research in Conservation Science*, Vol. 1, Issue 2, 2020, P.34.

EXPERIMENTAL STUDY FOR THE CONSOLIDATION

EXPERIMENTAL STUDY FOR THE CONSOLIDATION

EXPERIMENTAL STUDY FOR THE CONSOLIDATION

EXPERIMENTAL STUDY FOR THE CONSOLIDATION

EXPERIMENTAL STUDY FOR THE CONSOLIDATION

EXPERIMENTAL STUDY FOR THE CONSOLIDATION

16. Feigao, X.; Weiping, Z.; Dan, L. Recent advance in alkoxysilane-based consolidants for stone. *Prog. Org. Coat.* 2019, 127, 45–54.

17. Gamal Mahgoub, Seham Ramadan, Study of the Antifungal Effects of Copper-based Pigments and Synthesized Nanomaterial on Mural Painting-deteriorated Fungi in the Egyptian Museum in Tahrir, vol.18, DOI: 10.12816/mjaf.2019.11995.1138,2019,P62.
18. Hatem El-Desoky, et al, Geochemical characteristics of goethite-bearing deposits in the Dakhla – Kharga oases, Western Desert, Egypt, International Journal of Scientific Engineering and Applied Science (IJSEAS) - Volume-1, Issue-8, November 2015, International Journal of Scientific Engineering and Applied Science (IJSEAS) - Volume-1, Issue-8, November 2015, P73.
19. He et al., [Experimental Study on Strain Burst Characteristics of Sandstone Under True Triaxial Loading and Double Faces Unloading in One Direction](#), Rock Mechanics and Rock Engineering ,Doi: /10.1007/s00603-020-02272-3 ,2020,P.149.
20. Heba Sayed, et al., The use of Miscellaneous Scientific Methods in Characterization and Analyzing the Gilding Cartonnage Tape for the Late Period, Egypt. J. Chem. Vol. 64, No. 5 p.2580,(2021).
21. Hermina M, KlitzschE, List FK. Stratigraphic lexicon and explanatory notes to the Geological map of Egypt 1 : 500.000. Cairo: Conoco Inc., 1989.
22. Hillier, S. (1999) Use of an air-brush to spray dry samples for X-ray powder diffraction. Clay Mineral., 34, 127–135.
23. Hillier, S. (2000) Accurate quantitative analysis of clay and other minerals in sandstones by XRD; comparison of a Rietveld and a reference intensity ratio (RIR) method, and the importance of sample preparation. Clay Mineral., 35, 295–306.
24. Kate Fulcher, Painting Amara West The technology and experience of colour in New Kingdom Nubia, Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy Institute of Archaeology, University College London,P66
25. Klimek, B.; Grzegorzczak-Frańczak, M. Properties of Mortars with Recycled Stone Aggregate for the Reconstruction of Sandstone in Historic Buildings. Sustainability 2021, 13, 1386,P.2.
26. L.N.C. Castro, Analysis of Ancient Egypt artifacts using X-Ray Fluorescence, IMEKO International Conference on Metrology for Archaeology and Cultural Heritage Torino, Italy, October 19-21, 2016.
27. Maurizio Aceto, et al.Characterisation of colourants on illuminated manuscripts by portable fibre optic UV-visible-NIR reflectance spectrophotometry, DOI:10.1039/C3AY41904E,The Royal Society of Chemistry 2014.
28. Mazurek.,et al, Characterization of Binding Media in Egyptian Romano Portraits Using Enzyme-Linked Immunosorbant Assay and Mass Spectrometry, ISSN: 1581-9280 web edition ,e-Preservation Science Jaban,2014,P82.
29. Memoirs By Egypt Exploration Society Archaeological Survey of Egypt 1908, p. 19.
30. Nabawy BS, Al-Azazi NAS (2015) Reservoir zonation and discrimination using the routine core analyses data: the upper Jurassic Sab'atayn sandstones as a case study, Sab'atayn basin Yemen. Arab J Geosci 8(8):5511–5530.
31. Nabawy, B. S. (2015). Impacts of the pore- and petro-fabrics on porosity exponent and lithology factor of Archie's equation for carbonate rocks. Journal of African Earth Sciences, 108, 101–114.

32. Nabawy BS, Geraud Y (2016) Impacts of pore- and petro-fabrics mineral composition and diagenetic history on the bulk thermal conductivity of sandstones. *J Afr Earth Sci* 115:48–62.
33. ¹ Nabawy BS, Khalil HM, Fathy MS, Ali F. Impacts of microfacies type on reservoir quality and pore fabric anisotropy of the Nubia sandstone in the central Eastern Desert, Egypt. *Geological Journal*. 2019;1–18.
34. N. M. SHUKRI, *Geology of the Nubian Sandstone*, NATURE, Vol. 156, 1945.
35. Osama M. Elnaggar, Mohamed K. Khallaf, Detection of flow units of Quseir Formation (Lower Campanian) as a potential reservoir using experimental correlations of capillary pressure derived parameters, Gebel el-Silsila, Egypt , *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 2020, P.2269.
36. Refaat F., Mahmoud H. M., El-Sabbagh B., Brania A, *Advanced Research in Conservation Science*, Vol. 1, Issue 2, 2020, P.34.
37. Reyes-Zamudio, V.; Angeles-Chávez, C.; Cervantes, J. Clay minerals in historic buildings. *Therm. Anal. Calor.* 2011, 104, 405–413.
38. Ruth Siddall, *Mineral Pigments in Archaeology: Their Analysis and the Range of Available Materials*, *Minerals* 2018, 8, 201; doi:10.3390/min8050201,P35.
39. Salazar-Hernández, C.; Zárraga, R.; Alonso, S.; Sugita, S.; Calixto, S.; Cervantes, J. Effect of solvent type on polycondensation of TEOS catalyzed by DBTL as used for stone consolidation. *J. Sol-Gel Sci. Technol.* 2009, 49, 301–310.
40. Sassoni, E.; Franzoni, E.; Pigino, B.; Scherer, G.W.; Naidu, S. Consolidation of calcareous and siliceous sandstones by hydroxyapatite: Comparison with a TEOS-based consolidant. *J. Cult. Herit.* 2013, 14, 103–108.
41. Seham Ramadan, Gamal Mahgoub, Study of the Antifungal Effects of Copper-based Pigments and Synthesized Nanomaterial on Mural Painting-deteriorated Fungi in the Egyptian Museum in Tahrir, vol.18, DOI: 10.12816/mjaf.2019.11995.1138,2019,P62.
42. Shen et al , Influence of Temperature on the Microstructure Deterioration of Sandstone , *Energies* 2018, 11, 1753; doi:10.3390/en11071753 www.mdpi.com/journal/energies,P.2.
43. Shchipunov, Y.A.; Karpenko, T.Y.; Krekoten, A.V. Hybrid organic-inorganic nanocomposites fabricated with a novel biocompatible precursor using sol-gel processing. *Comp. Int.* 2005, 11, 587–607.
44. Tawadros EE. *Geology of Egypt and Libya*. Rotterdam: Balkema, 2001.
45. Temraz MG, Khallaf MK (2016) Weathering behavior investigations and treatment of Kom Ombo temple sandstone, Egypt—based on their sedimentological and petrographical information. *J Afr Earth Sci* 113:194–204.
46. Tucker ME. *Techniques in sedimentology*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1988.
47. Ural, Nazile. "The significance of scanning electron microscopy (SEM) analysis on the microstructure of improved clay: An overview" *Open Geosciences*, vol. 13, no. 1, 2021, pp. 197-218.