مجلة كلية الآثار بقنا (دورية أكاديمية علمية محكمة)

دراسة تأثير التغيرات المناخية على الآثار الحجرية المكتشفة بموقع حفائر عرب الحصن

إعداد

د.إيمان محمد نبيل إبراهيم

مدرس ترميم المواد العضوية ـ قسم علوم الآثار والحفائر

بكلية الآثار- جامعة عين شمس

د. عماد الدين إبراهيم حامد

مدرس ترميم العمارة الأثرية ـ قسم علوم الآثار والحفائر

بكلية الآثار- جامعة عين شمس

دراسة تأثير التغيرات المناخية على الآثار الحجرية المكتشفة بموقع حفائر عرب الحصن

د.إيمان محمد نبيل إبراهيم ... مدرس ترميم المواد العضوية – قسم علوم الآثار والحفائر بكلية الآثار– جامعة عين شمس

د. عماد الدين إبراهيم حامد ... مدرس ترميم العمارة الأثرية – قسم علوم الآثار والحفائر بكلية الآثار – جامعة عين شمس

الملخص

يتناول البحث دراسة تأثير التغيرات المناخية على الآثار الحجرية المكتشفة بمنطقة حفائر عرب الحصن فى الفترة من ١٩٠٦ إلى ٢٠٢٣ عندما بدأ النمو السكانى والنشاط الصناعى فى يزداد بالمنطقة. ومن هنا بدأ التوسع العمرانى بالمنطقة الأثرية وما ترتب على ذلك من تغير فى بيئة الدفن نتيجة تغير النشاط السكاني، والإمتداد العمراني وتأثير ذلك على الآثار الحجرية قبل، وبعد، وأثناء الكشف. كذلك يتناول البحث دراسة تأثير التغيرات المناخية اليومية، والموسمية على الأثار الحجرية بعد الكشف. استخدم التوثيق الفوتوجرافي والفوتوجرامتري وبرامج (2D) لتوثيق مظاهر التلف. استخدم الفحص البصري والدينو ميكروسكوب المزود بأشعة (IR-UV). والميكروسكوب المجسم لتشخيص مظاهر التلف ودراسة الشكل الخارجي للعينة. استخدم التحليل بحيود الأشعة السينية (Xrd) لعينات عشوائية من الحجر لدراسة مكونات العينات المتبلورة فى صوره مركبات ومعادن، مع تحليل عينات من الأملاح المتزهرة بسطح الحجر. وفى النهاية يعطى البحث تفسير علمى للعلاقة بين التغيرات المناخية، ومظاهر التلف بالآثار الحجرية بحفائر عرب الحصن.

الكلمات الدالة: عرب الحصن – التغيرات المناخية – تلف الآثار الحجرية – تزهر الأملاح – الجزور النباتية.

Study effect of climate changes on the stone monuments discovered in the Arab Al-Hisn excavations

Abstract

The research is concerned with studying the effect of climate changes on the stone monuments discovered in the area of Arab Al-Hisn excavations in the period from 1906 to 2022. When population growth and industrial activity began to increase in the region. As a result, the rchaeological area has been changed. The research is interested in studying the climatic changes that occurred in the burial environment as a result of the change in population activity and urban sprawl in the region and its impact on the stone monuments before, after and during the discovery, as well as studying the effect of daily and seasonal climate changes on the stone monuments after the discovery. Use photogrammetry and (2D) programs to document deterioration aspects. Stereo microscope and dino microscope were used to study the deterioration aspects. X-ray diffraction (Xrd) analysis was used to identify the type of stone, with analysis of a sample of salts crystallizing on the surface of the stone. In the end, the research gives a scientific explanation for the relationship between climatic changes and aspects of deterioration in the stone monuments in the Arab Al-Hosn excavations.

Key words: Arab Al-Hisn - climate changes - Damage to stone monuments - salt crystallization- plant roots.

١. المقدمة

تقع منطقة حفائر عرب الحصن بحى المطرية شرق محافظة القاهرة، والمطرية هى مدينة الشمس مهد المذاهب التوحيدية المصرية القديمة ذات الجذور التاريخية. يمتد تاريخها من عصر ما قبل الأسرات إلى العصر اليوناني الروماني[١]. ونظراً لأن الآثار المصرية كانت وما زالت مركز إهتمام العلماء والأثرين من أنحاء العالم، فقد حظت منطقة المطرية بوجه خاص بأهمية تاريخية كبيرة لفتت إليها الأنظار منذ عصر مبكر. وبدأ التنقيب بالمطرية عندما قام عالم الآثار الإيطالى سكباريل Schiaparelli خلال عام ١٩٠٠إلى ١٩٠١بشراء أكثر من ١٤٠٠ قطعة تم اختيارها كأكثر المناطق الأثرية فى مصر التى تمثل فترات تاريخية تمتد من الدولة القديمة إلى العصر المتأخرة وكان من بين هذه المناطق منطقة المطرية[٢]. لمكا تتميز به من أهمية تاريخية، وقرر سكباريل بعد ذلك بدأ مهمته الأثرية للوصول إلى الآثار المصرية بتكوين فرق متعددة التخصصات يعد الأول في تاريخ الحفريات في مصر، وبدأ عمليات التنقيب والبحث بتنفيذ أربعة حفائر فى منطقة مصر الجديدة (المطرية) فى الفترة من ١٩٠٣إلى ١٩٠٦[٣] بعد طلب الإذن بالحفر في الجيزة ومصر الجديدة (المطرية) ووادى الملكات (طيبة). بذلك بدأ أعمال الحفر والتنقيب بمنطقة المطرية منذ عام

---

[1] Abd el-Gelil, M., Shaker, M. and Raue, D. (1996) Recent excavations at Heliopolis. Orientalia 65.2, 136–146.

[2] Alice Maria Sbriglio and Federica Ugliano: (2014)Re-excavating Heliopolis:: Unpublished Archaeological Data from the Archives of Ernesto Schiaparelli and Missione Archeologica Italiana. In book: Current Research in Egyptology (pp.278-293)

[3] Mamdouh El-Damaty, "(2022)The Throne Chapel of Ramesses II in Arab El-Hisn", in: Ayman Wahby and Penelope Wilson, The Delta Survey Workshop: Proceedings from Conferences held in Alexandria (2017) and Mansoura (2019), in: Archaeopress Egyptology 41, , pp. 99-114

١٩٠٣[٤]. فى ذلك الوقت تشير كل الدراسات المناخية أن منطقة المطرية القديمة تتمتع بمناخ خالى من التلوث مع إنخفاض عدد السكان وقلة النشاط البشرى (الزراعى – الصناعى). وبالرجوع إلي الدراسات المناخية التي تمت في هذه الفترة من خلال مرصد العباسية وهو المرصد الذي تم إنشاؤه في بدايات القرن التاسع عشر قبل نقل المرصد لحلوان في عام ١٩٠٣م ، يثبت بالإحصائيات ما كانت تتمتع به مصر من مناخ جاف حافظ على الحضارة المصرية لآلاف السنين. ومن يتتبع المقومات الطبيعية للحفاظ على الآثار المصرية يتضح أن مصر واحة صحراوية جافة وجدت أسباب طبيعية وأخرى بشرية لقيام الحضارة المصرية والحفاظ عليها[٥]. والوضع فى المطرية لم يختلف عن أنحاء مصر من حيث توافر الظروف المناخية والبشرية لقيام حضارة قوية مع الحفاظ على الآثار فى ظل الظروف الجوية الجافة وقلت النشاط السكانى. غير أن التطور الحضارى والتغيرات السكانية المرتبطة بتطور وسائل الراحة على مدار السنين كان له أثر واضح فى تغير الظروف المناخية التى تتمتع بها مصر، وما ترتب عليها من آثار سلبية على الآثار. ومنذ عام ١٩٠٦ عندما أعلن الصناعي إدوارد إمبان تطوير بلدة جديدة إلى الشمال من القاهرة وبناء أحياء سكنية وحدائق جديدة بالقرب من تل حسن (أو تل الحصن) هليوبوليس، بدأ من هنا تغير المخطط السكنى والعمرانى لمنطقة المطرية. وإزداد الإمتداد العمرانى بالمنطقة الأثرية وما تبعه من إزدياد للنشاط السكانى، وما ترتب عليه من إمتداد

[4] Abd el-Gelil, M., Suleiman, R., Faris, G. and Raue, D. (2008) The joint Egyptian-German excavations in Heliopolis in Autumn 2005: preliminary report. Mitteilungen des deutschen archäologischen Instituts, Abteilung Kairo 64, 1–9.

[5] Consonni, A., Quirino, T. and Sesana, A. (2012) L'Egitto di Francesco Ballerini. Un egittologo comasco agli inizi del Novecento. Atti della giornata di studi, Lettere, Fotogra□e. Como, NodoLibri

شبكات الصرف الصحى وإزدياد النشاط الزراعى والصناعى للسكان[٦]. تلك المنطقة التى تغيرت كل ملامحها منذ عام ١٩٠٣ إلى أن قامت كلية الآثار بجامعة القاهرة بقيادة الدكتور عبد العزيز صالح بأعمال الحفر والتنقيب فى منطقة عرب الحصن فى الفترة من ١٩٤٨إلى ١٩٧٦. ومع استئناف أعمال الحفر والتنقيب التى قامت بها جامعة عين شمس بقيادة الدكتور ممدوح الدماطي عام ٢٠١٧ شهدة المنطقة تدهور أكبر. حيث أصبحت منطقة عرب الحصن تقع حالياً داخل حيز عمرانى وزراعى بالإضافة إلى وقوعها فى الحيز الصناعى قرب مصانع البترول والغاز الأمر الذى أثر بالسلب على إرتفاع معدلات التلف بفعل زيادة نسبة الرطوبة في التربة وزيادة تجمع الأملاح، بالإضافة إلى ضعف شبكاتك تصريف مياه الأمطار والصرف الصحى، وما ينتج عنه من تسريب هذه المياه بما تحملها من ملوثات حمضية ومخلفات عضوية وأملاح إلى التربة التى تحمل بين طياتها العديد من المواقع الأثرية التى تتعرض لعوامل التلف التلف داخل بيئة الدفن[٧]. وعند الكشف عن الآثار تخرج من بيئة الدفن محملة بمظاهر التلف كما هو الحال بالآثار المكتشفة بحفائر عرب الحصن. وليس الوضع على سطح الأرض بأحسن الأحوال حيث أن ازدياد النشاط السكانى، والتوسع فى بناء المصانع، وما ينتج عنها من غازات التلوث الجوى والإحتباس الحرارى والتغيرات المناخية من تغير معدلات الحرارة

[6] Marie-CéCile Bruwier ,Jean-MiChel Bruffaerts :(2010)BELGIAN ARCHAEOLOGICAL EXCAVATIONS AT HELIOPOLIS1907 campaign (Jean Capart) 1912 campaign (Albert Daninos) 1907 campaign

[7] Barros, L. A, et al.,(2002) Modes and Mechanisms of Rock weathering, in protection and Conservation

والرطوبة يؤثر بشكل مباشر على الآثار المكتشفة فى مواقع الحفائر[٨] .هذا بالإضافة إلى السلوك البشرى لسكان المنطقة من إنتشار كالقمامة المصاحب لإنتشار الحيوانات بمنطقة الحفائر إضافة إلى جذور النباتات بالمنطقة الزراعية التى تؤثر بشكل مباشر على سلامة الآثار المكتشفة بالمنطقة. وبعد أن استطاعت الآثار المصرية لآلاف السنين أن تحافظ على وجودها، وتحمل بين جدرانها عبقرية المصري القديم، الذي ربما لم يضع في حساباته مقدار قدرة ما شيده على الصمود. أصبحت التغيرات المناخية المفاجئة والمتزايدة، تضع آثار مصر أمام تهديدات خطيرة سواء بالانهيار أو التلف الذي يمكنه أن يتخطى حدود الزمان والمكان. صوره (١أ- ب) توضح التغير بمنطقة المطرية بين الحفائر البلجيكية برئاسة جين كابارت (Jean Capart) عام ١٩٠٧[٩] . وحفائر جامعة عين شمس موسم ٢٠٢٣ رئيس البعثة د. ممدوح الدماطى. ك

[8] Paulo, B. (2006)structural restoration of monuments recommendations and advance tin research and practice" I st international conference on restoration of heritage masonry structures, Cairo, Egypt, April 24-27-

[9]Jean-MiChel Bruffaerts, Marie-CéCile Bruwier :2010 BELGIAN ARCHAEOLOGICAL EXCAVATIONS AT HELIOPOLIS . 1907 campaign (Jean Capart). 1912 campaign (Albert Daninos):

صوره (١) أ- الحفائر البلجيكية برئاسة جين كابارت (Jean Capart) عام ١٩٠٧. ب- حفائر جامعة عين شمس موسم ٢٠٢٣ برئاسة د. ممدوح الدماطى

وقد أسفرت مجموعة الحفائر التى تمت بمنطقة عرب الحصن عن إكتشاف معبد يعود إلى عهد ملوك الرعامسة، وأعاد بناؤه الملك رمسيس الثاني من الأسرة ١٩، وأضاف إليه كل من رمسيس الثالث والرابع والتاسع، حتى رمسيس الحادي عشر. ويحتوي المعبد على بقايا بوابات وأعمدة من البردي وجدران من الطوب اللّبن، وبوابة ثابتة من الحجر الجيري ، وهي بوابة كبير الرائين أو الكاهن الأكبر المسؤول عن معبد الشمس فى "أون" القديمة، ولوحة "تب ماعت رع" ابن الملك رمسيس التاسع التي ما زالت حتى الآن تحتفظ ببعض بقايا نقوشها الملونة الزاهية. يهتم البحث بدراسة تأثير التغيرات المناخية على الآثار الحجرية المكتشفة فى منطقة عرب الحصن من خلال إجراء بعض الفحوص والتحاليل على نواتج عملية التلف لتفسير آليات التلف والعوامل المسببه له.

٢. المواد والطرق

١.٢ التصوير الفوتوجرامترى photogrammetry

المقصود بالتصوير الفوتوجرامتري" أو علم المساحة التصويري، هو علم وتكنولوجيا الحصول على معلومات موثقة حول الأشياء المادية والبيئة من خلال عملية تسجيل وقياس وتفسير الصور الفوتوغرافية وأنماط الصور المشعة

الكهرومغناطيسية والظواهر الأخرى[١٠]. وقد عرفته الجمعية العلمية الأمريكية للمساحة التصويرية بأنه الفن والعلم والتقنية التي تبحث في الحصول على المعلومات الوثيقة للمعالم الطبيعية والصناعية على سطح الأرض[١١] ويتم من خلاله تسجيل وقياس وقراءة الصور المأخوذة للمعالم الأثرية[١٢]. تم تقديمة لأول مرة من قبل الجغرافي الألماني أوتو كيرستن(Otto KERSTEN)[١٣]. ونظراً لأهمية الصور التاريخية والتى هى غالباً الوثائق الوحيدة التي يمكن أن تصف لنا المباني والآثار التي تغيرت أو التي تم تدميرها في الماضي. فإن أساليب التصوير "الفوتوجرامتري" تسمح لنا بتقييم هذه الصور وإعادة إنتاج تصميم المباني[١٤]. كما تعد هذه التصميمات موارد هامة بالنسبة لأعمال الهندسة المعمارية، وترميم الآثار، في مشروعات إعادة بناء الآثار. كما يمكن من خلال التصوير "الفوتوجرامتري" تحديد المسافة بين نقطتين تقعان على مستوى موازٍ لمستوى الصوره الفوتوغرافية عن طريق قياس المسافة بينهما على الصوره ، إذا كان حجم الصوره معروفًا[١٥]. كما يساعد فى إستخراج نطاقات الألوان الدقيقة[١٦].

---

[10] ALBERTZ, J. (2001): Albrecht Meydenbauer – Pioneer of Photogrammetric Documentation of the Cultural Heritage; Proceedings 18th International Symposium CIPA 2001, Potsdam (Germany).

[11] AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY (1979): Handbook of Non-Topographic Photogrammetry; Falls Church, Va

[12] BLACHUT, T.J. & R. BURKHARDT (1988): Historical Development of Photogrammetric Methods and Instruments; American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Falls Church, Va

[13] GRIMM, A. (1977): 120 Jahre Photogrammetrie in Deutschland {120 Years of Photogrammetry in Germany}; Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte 45(1977)2: 1-57, R. Oldenbourg, München & VDI-Verlag, Düsseldorf

[14] GRIMM, A. (1980): Der Ursprung des Wortes Photogrammetrie {The Origin of the Term Photogrammetry}; ISPRS Kongress, Hamburg, Komm. VI/2, Bd. XXIII, Nr. B10, 323-330.

[15] GRIMM, A. (1981): Albrecht Meydenbauer 1834 - 1921, in KAFKA, K. (Hrsg.): Universität (TH) Hannover, Ehrendoktoren Architektur

لذلك يؤكد علماء "الفوتوجرامتري" على ضرورة حفظ التراث الثقافي وتوثيقه في هيئة صور مساحية. وقد تمت أعمال التصوير الفوتجورامترى للمبانى الحجرية بمنطقة عرب الحصن بطريقة بسيطة تجمع بين التصوير الفوتوغرافى والفوتوجرامترى مع تطبيق مظاهر التلف باستخدام برنامج الأوتوكاد.

مراحل التصوير الفوتوجرامترى photogrammetry

للحصول على نموذج ثلاثى الأبعاد للآثار الحجرية يتم التقاط سلسلة متتابعة من الصور للقطع الأثرية مع تداخل يزيد عن ٥٠% من الصور حيث أن الفاعلية الأساسية لنجاح التصوير هو التكرار وتتم هذه العملية باستخدام كاميرات عالية الجودة وفى هذا العمل تم استخدام كاميرا

(Nikon D800) بعد ذلك تأتى مرحلة معالجة البيانات وتجهيز الصور بحيث تتساوى فى الإضائة والوضوح ويتم تحويل الصور من امتداد Raw إلى Jpg لسهولة التعامل معها وتحويلها إلى نموذج ثلاثى الأبعاد يلى ذلك تحميل الصور الرقمية المتداخلة دفعة واحدة فى برنامج Metashape الذى يحلل كل صورة ويكشف تلقائياً المميزات المطابقة فى مجموعة الصور غير المنتظمة وينشئ صورة ثلاثية الأبعاد للأثر

٢.٢ التوثيق (Photoshop) وبرنامج AutoCAD

تمت معالجة الصور باستخدام برنامج Photoshop وتوقيع مظاهر التلف باستخدام برنامج AutoCAD وتعد هذه الطرق من الطرق الحديثة التى يمكن من خلالها رسم خريطة توضيحية لمظاهر التلف وتعتمد على اسلوب التهشير

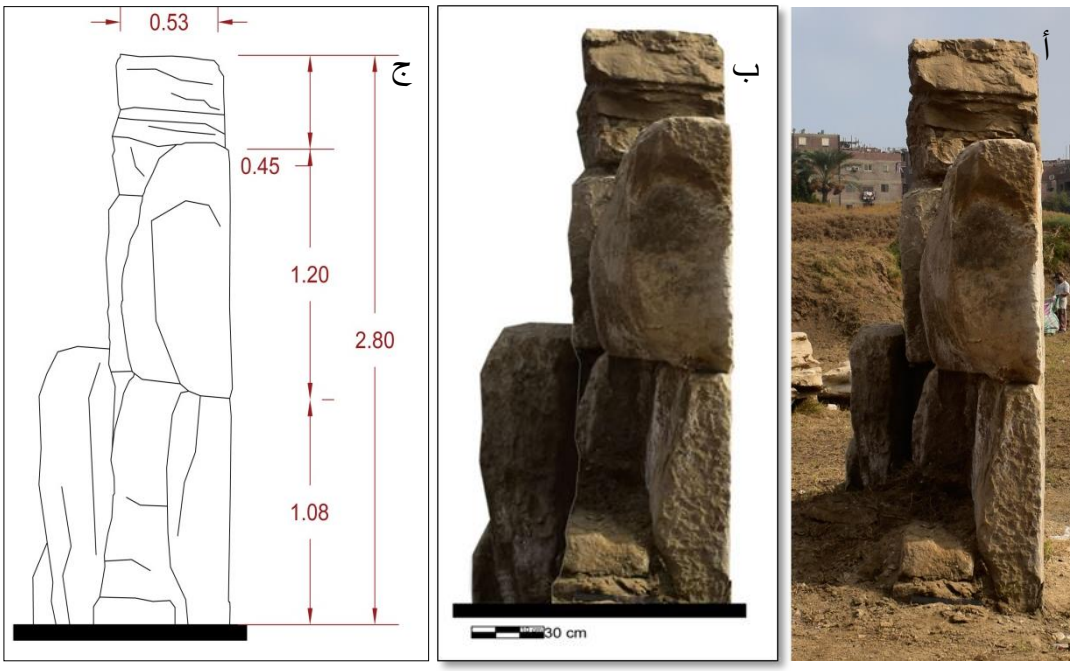
1831 - 1981 {Architectural Honory Doctors of Hanover University 1831 - 1981}; Hannover

[16] GRIMM, A. (1978): Zwei Meydenbauer'sche Instrumente für die Architektur-Photogrammetrie wiedergefunden {Two Meydenbauer Instruments for Architectural Photogrammetry Recovered}; Bildmessung und Luftbildwesen 46(1978)1, 33-34.

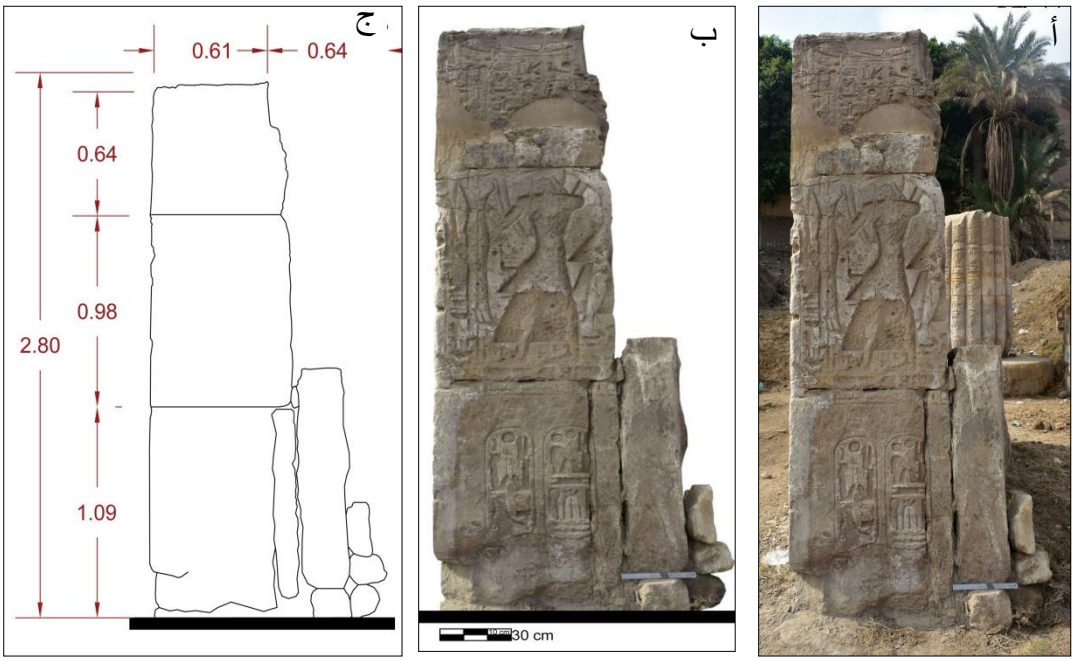
بألون وعلامات مختلفة تختلف بإختلاف مظهر التلف. وفى هذه الدراسة تم الدمج بين اسلوب التوثيق الفوتوجرامتري والمعماري ومعالجة الصور ببرنامج Photoshop وتطبيق مظاهر التلف ببرنامج AutoCAD.

١.٢.٢ تفسير نتائج التصوير الفوتوجرامتري والتوثيق (Photoshop) وبرنامج Auto Cad (2D)

تعد أعمال التصوير والتوثيق من المراحل المهمة التى لا يقوم عمل اثري بدونها. وحتى تتم عملية التوثيق بطرق علمية بمنطقة حفائر عرب الحصن; تم استخدام التصوير الرقمى عالى الجودة، ومعالجة الصور باستخدام برنامج Photoshop، يلى ذلك عملية التوثيق الفوتوجرامترى والمعماري لتسجيل مساحات وأبعاد المكتشفات الحجرية بكل دقة عن طريق التوثيق الفوتجرامتري. مع توقيع مظاهر التلف على الآثار الحجرية باستخدام برنامج Auto Cad ليعطى فى النهاية توثيق علمى دقيق صوره (٢- ٣) توضح الطرق المتبعة فى عملية التوثيق.



صوره (٢) الطرق المتبعة فى عملية التوثيق أ) التوثيق الفوتوغرافى ب) معالجة الصور Photoshop ج) التوثيق الفوتوجرامترى والمعمارى د) توقيع مظاهر التلف Auto Cad



صوره (٣) الطرق المتبعة فى عملية التوثيق أ) التوثيق الفوتوغرافى ب) معالجة الصور Photoshop ج) التوثيق الفوتوجرامترى والمعمارى د) توقيع مظاهر التلف Auto Cad

٣.٢ الفحص البصرى Visual Examination

يعد الفحص بالعين المجردة أبسط طرق الفحص، وتعتمد على الخبرة والمران الطويل؛ ويمكن من خلالها التعرف على بعض مظاهر التلف بسطح الأثر.[١٧] كذلك يمكن عن طريق الفحص البصرى التعرف على التلف البيولوجى من خلال البقع اللونية أو بقايا بعض الحشرات والآفات على السطح، والثقوب التى تتركها بالإضافة إلى الفضلات التى تشوه السطح كذلك يمكن من خلال الفحص البصرى التعرف بسهولة على حيض الخفافيش على أسطح المبانى الأثرية. ورصد ظاهرة التبلور الملحى بالأسطح الحجرية. ورصد مظاهر التلف الناتجة عن عوامل التجوية والنحر بسطح الحجر.[١٨] تم الفحص البصرى لجميع القطع

[17] Unger, A., et. al., (2001)"Conservation of wood Artifacts", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, , pp.143.

[18]Eman Mohamed Nabil., et. Al : (2017) INVESكTIGATION AND ANALYSIS STUDY OF AN OLD KINGDOM CHEOPS FIRST BOAT OAR BLADE. Journal of Ancient Egyptian Interconnections. http://jaei.library.arizona.edu |vol. 16 p.p 87–98

الحجرية المكتشفة بموقع حفائر عرب الحصن لرصد مظاهر التلف المختلفة التى يمكن كتشخيصها بالعين المجردة.

١.٣.٢ نتائج الفحص البصرى

من خلال الرصد والتسجيل لمظاهر التلف بالآثار الحجرية بمنطقة حفائر عرب الحصن تبين الضرر الناتج عن عوامل التلف المختلفة من حرارة ورطوبة وعوامل التجوية على سطح الآثار الحجرية والتى يمكن رصدها بالعين المجردة وتفسير آليات التلف على النحو التالى:-

١.١.٣.٢ تزهر البلورات الملحية على سطح الحجر.

تعاني الآثار الحجرية المكتشفة بحفائر عرب الحصن بظاهرة تظهر الأملاح على السطح. وترجع هذه الظاهرة إلى إرتفاع منسوب المياه التحت سطحية بالمنطقة. فقد سبق القول أن منطقة عرب الحصن تقع داخل النطاق الزراعي والسكني ومع إرتفاع معدل الرطوبة بالوسط المحيط بالأثر ينتج عنه تسرب الماء داخل مواد البناء سواء كان المصدر(أمطار، مياه رى، مياه صرف صحي) وتعمل المياه على إذابة الأملاح الموجودة فى التربة أسفل الأثر والتى تنتقل إلى المباني الحجرية عن طريق الخاصية الشعرية[١٩]. أو تعمل المياه مباشرةً على إذابة الأملاح السطحية المتواجدة على سطح الحجر أو إذابة الأملاح المتواجدة فى صوره غازات جوية فى الجو المحيط بالأثر عن طريق الأمطار وسقوطها على الأثر فى صوره أمطار حمضية[٢٠]. ونتيجة لإرتفاع درجات الحرارة فى

---

[19]Kirti Chandra D., D. V. K. Sudhakar : (2020)Deterioration of a Building through Environmental and Anthropological Causes International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249-8958 (Online), Volume-9 Issue-3, February

[20] Mohan Kotamrazu, "Wind damage to buildings, Infrastructure and landscape elements along the beach road at Visakhapatnam", International Journal of Research in Engineering and Technology,

البيئة المحيطة بالأثر تتبخر المياه داخل الحجر تاركة خلفها الأملاح فى صوره متبلورة على سطح الأثر ومع تكرار دورات الرطوبة والجفاف وإذابة وتبلور الأملاح تظهر الحفر والشروخ بطبقات الحجر[٢١].

إضافة إلى أن تبلور الملح على سطح الحجر يؤدى لحدوث إنفعالات سطحية مما يترتب عليه تشقق الحجر وربما سقوط بعض أجزاؤه وينتج عنه مظاهر تلف متعددة. وهذا ما تم رصده بالمباني الحجرية بمنطقة حفائر عرب الحصن حيث تم رصد التزهرات الملحية بسطح الحجر من خلال الفحص البصرى والفحص الميكرسكوبى صوره رقم (٤)

صوره (٤) ظاهرة تزهر الأملاح على سطح الحجر موقع حفائر عرب الحصن موسم ٢٠٢٣

eISSN: 2319-1163 ; pISSN: 2321-7308, Volume: 03 Special Issue:16, ICPECDM – 2014, Dec-14, pg 46

[21] Maggos, T. , Bartzis, J.G. , Liakou, M., Gobin, C. , Photocatalytic degradation of NOX gases using TiO2-containing paint: a real case study, Journal of hazardous materials 146 ,2007,PP. 668:673.

٢.١.٣.٢ تكوين القشرة السوداء الصلبة على سطح الحجر.

هى ظاهرة قد تلازم مراحل تزهر الأملاح على سطح الآثار الحجرية، فالأمر لا يتوقف عند تزهر الأملاح على السطح فقط ففي أغلب الحالات تتحد طبقات الأملاح المتزهرة بالأتربة، والإتساخات العالقة بالجو مما يؤدي إلى تكوين طبقات صلبة من الإتساخات يصعب إزالتها.[٢٢]

فى نفس الوقت يكون سطح الحجر أسفل هذه الطبقات ضعيف جدا[٢٣]. قد يرجع تكوين هذه القشرة السوداء نتيجة التفاعلات بين طبقات الجبس المكونة على السطح وبين ذرات الكربون والأتربة والإتساخات المنتشرة فى الجو. ومع تواجد نسبة كافية من الرطوبة وإرتفاع درجات الحرارة يؤدي إلى تكوين مثل هذه الظاهرة. [٢٤] وهو ما تم رصدة ببعض الآثار الحجرية بحفائر عرب الحصن من وجود تكلسات متحدة مع الأتربة والإتساخات الناتجة عن الوسط البيئى المحمل بالأتربة مما يزيد من صلابتها، وهذه الطبقة تكون من الصعب إزالتها وتتميز بلونها الداكن. صوره (٥).

---

[22] Wasserman, I., (2002). Assessment of the durability of two natural stones intended for the conservation of the historical masonry sea wall in the old Town of Acre.

[23] Kofi Agyekum . Joshua Ayarkwa. Burcu Salgin: (2017)Diagnosing Damp in a Tropical Building: Applying Theory to PracticeInternational Journal of Architecture, Engineering and Construction . September 2017 DOI:10.7492/IJAEC..016

[24] Winkler, E.M., (1994). Stone in Architecture: Properties, Durability. 1st Edn., Springer, Berlin, ISBN-10: 3540576266, pp: 313.

صوره (٥) تكوين القشرة السوداء الصلبة على سطح الحجر

٣.١.٣.٢ انفصال القشرة السطحية للحجر

تحدث هذه الظاهرة عند إرتفاع الرطوبة بالمبانى الأثرية التى تكون محملة بالأملاح من التربة. أو تقوم بإذابة الأملاح القابلة للذوبان بمكونات الحجر، وفى حالة البخر البطئ يحدث التبخر داخل مسام الحجر وتتكون الكتل الملحية فى الأجزاء السفلية من سطح الحجر والقريبة من الأرض. [٢٥] المشبعة بالمياة وتتزهر الأملاح داخل المسام بالقرب من القشرة السطحية مسببة ضغوط وإنفصال

[25] Rossana, B. Paola, M. :(2012)Politecnico di TorinoThe Effect of Water on The Strength of Building Stones: American Journal of Environmental Sciences 8(2):158-161

بالطبقة السطحية للحجر[٢٦] وهو ما تم رصده من تبلور الملح وإزدياد الضغط الناتج عن الأملاح المتواجدة ضمن التركيب الداخلى للحجر نفسة مما ترتب عليه إنفصال بطبقات الحجر السطحية صوره رقم (٦)

صوره (٦) إنفصال القشرة السطحية للحجر

٤.١.٣.٢ ظاهرة الإنفصال الطبقى للآثار الحجرية بعرب الحصن

ترجع هذه الظاهر إلى إختلاف تأثير الحرارة، والرطوبة، على المعادن التى تدخل فى تكوين الآثار الحجرية. فإختلاف معدل التمدد والإنكماش للمعادن المكونة للحجر نتيجة التغير المستمر فى معدلات الحرارة والرطوبة، يؤدى إلى إنهيار

[26] Torok, Á. And Vásárhelyi, B. (2010) The influence of fabric and water content on selected rock mechanical parameters of travertine, examples from hungary. Eng. Geol., 115: 237-245. DOI: 10.1016/j.enggeo.2010.01.005

الترابط، والتماسك بين طبقات الحجر، وفى النهاية يؤدى إلى تشققة. وتتوقف حدوث هذه الظاهرة على مسامية الحجر، ونوعه، والتفاوت فى درجات الحرارة اليومية والموسمية. كما أن إختلاف تأثير الحرارة على الأجزاء الداخلية والخارجية للحجر يؤدي إلى إختلاف معدلات التمدد والإنكماش بين مكونات الحجر الداخلية والخارجية بتعرضها للحرارة مما يؤدي إلى إنفصال طبقي بين مكونات الحجر[٢٧] صوره رقم (٧).

صوره (٧) توضح ظاهرة الإنفصال الطبقى بين مكونات الحجر

٥.١.٣.٢ الإنفصال بين مداميك الحجر بالمنشآت الحجرية

إرتفاع معدل الرطوبة مع تسربها داخل حوائط المبانى الأثرية يؤدى إلى تغيرات كيميائية للمادة الرابطة بين مداميك الحجر، مما يؤدى إلى ضعف قوة الربط بين المداميك الحجرية. كما أن إرتفاع معدل الرطوبة يؤدى إلى إنتفاش المونة بين

[27]Rossana, B. Paola, M. :(2012) Op Cit,P.76

مداميك الحجر.[٢٨] وبالتالى الضغط الداخلى فى إتجاه رقائق الحجر مما يؤدى إلى إنفصال المداميك الحجرية عن بعضها البعض. وبالرصد الدقيق للآثار المكتشفة فى حفائر عرب الحصن يتضح إنتشار هذه الظاهرة كما هو موضح بالصوره رقم (٨)

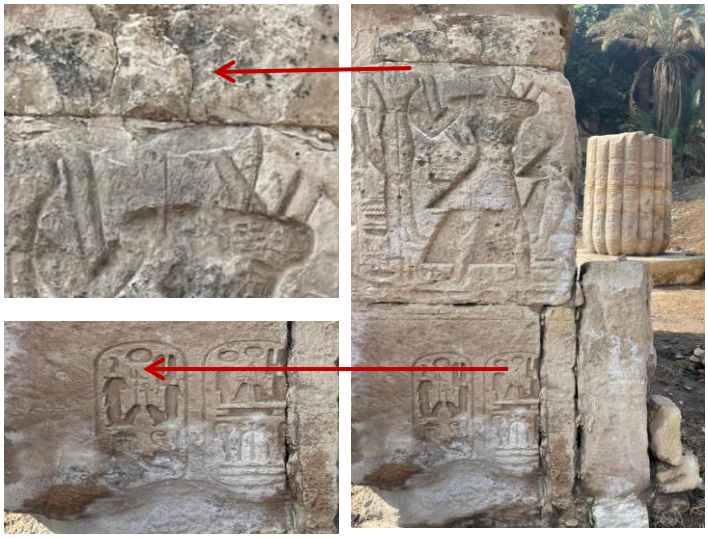
صوره (٨) توضح الإنفصال بين مداميك الحجر

٦.١.٣.٢ تأثير التجوية الهوائة (نحر الرياح – أمطار حمضية)على سطح الآثار الحجرية بعرب الحصن.

يعد تأثير نحر الرياح والأمطار الحمضة على سطح الآثار الحجرية من أخطر العوامل التى تؤدى إلى تلف وتدمير الحجر. حيث تحمل الرياح بين طياتها حبات الرمال والأتربة ذات الصلابة العالية، والتى تعمل كمناشير متحركة تؤدي إلى نحر، وتآكل السطح الحجرى، وتفتت حبيباته، وحدوث بعض الخدوش والعلامات الناتجة عن الرياح الشديدة ويحدث فى بعض الأحيان تآكل دائرى

[28] orok, Á. And B. Vásárhelyi, . (2010) The influence of fabric and water content on selected rock mechanical parameters of travertine, examples from hungary. Eng. Geol., 115: 237-245. DOI: 10.1016/j.enggeo.2010.01.005

نتيجة الدومات الهوائية. بل ويؤدى إلى سقوط بعض الحلى الحجرية، مع تحطم الزوايا الحجرية. وتتوقف هذه العملية على نوع، وصلابة الحجر، واسلوب النحت والتشكيل، والحليات التى تزين الجدران الحجرية، بالإضافة إلى كل عوامل التلف التى تؤثر على قوة تماسك السطح. ونجد أن أكثر أنواع الحجر تأثراً الحجر الجيرى يليه الرملى وأخيراً الجرانيت[٢٩]. هذا بالإضافة إلى الوجه الآخر للتأثير الكيميائي للرياح على سطح الحجر، بما تحمله من أمطار حمضية عند سقوطها على سطح الحجر تكون طبقات ملحية بعد تبخر الماء[٣٠]. ويظهر تأثير عوامل التجوية على سطح الآثار الحجرية بحفائر عرب الحصن حيث أن طبيعة الحجر المسامى وبنيته الضعيفة وإنخفاض درجة الصلابة وإرتفاع معدلات الرطوبة بالمنطقة يجعل مقاومة الحجر لعوامل التلف، ونحر الرياح، والمياه ضعيف وتوضح الصوره رقم (٩) مظاهر التلف الناتجة عن تأثير عوامل التجوية.



[29] Ahmad, A.G., and Abdul Rahman, H.F. (2010). “Treatment ofsalt attack and rising damp in heritage buildings in Penang,Malaysia.” Journal of Construction in Developing Coun-tries, 15 (1), 93-112.

[30] Agyekum, K., Ayarkwa, J., and Koranteng, C. (2014). “Holis-tic diagnosis of rising damp and salt attack in two residen-tial buildings in Kumasi, Ghana.” Journal of ConstructionEngineering, 1, 1-13.

صوره (٩) توضح مظاهر التلف الناتجة عن تأثير عوامل التجوية

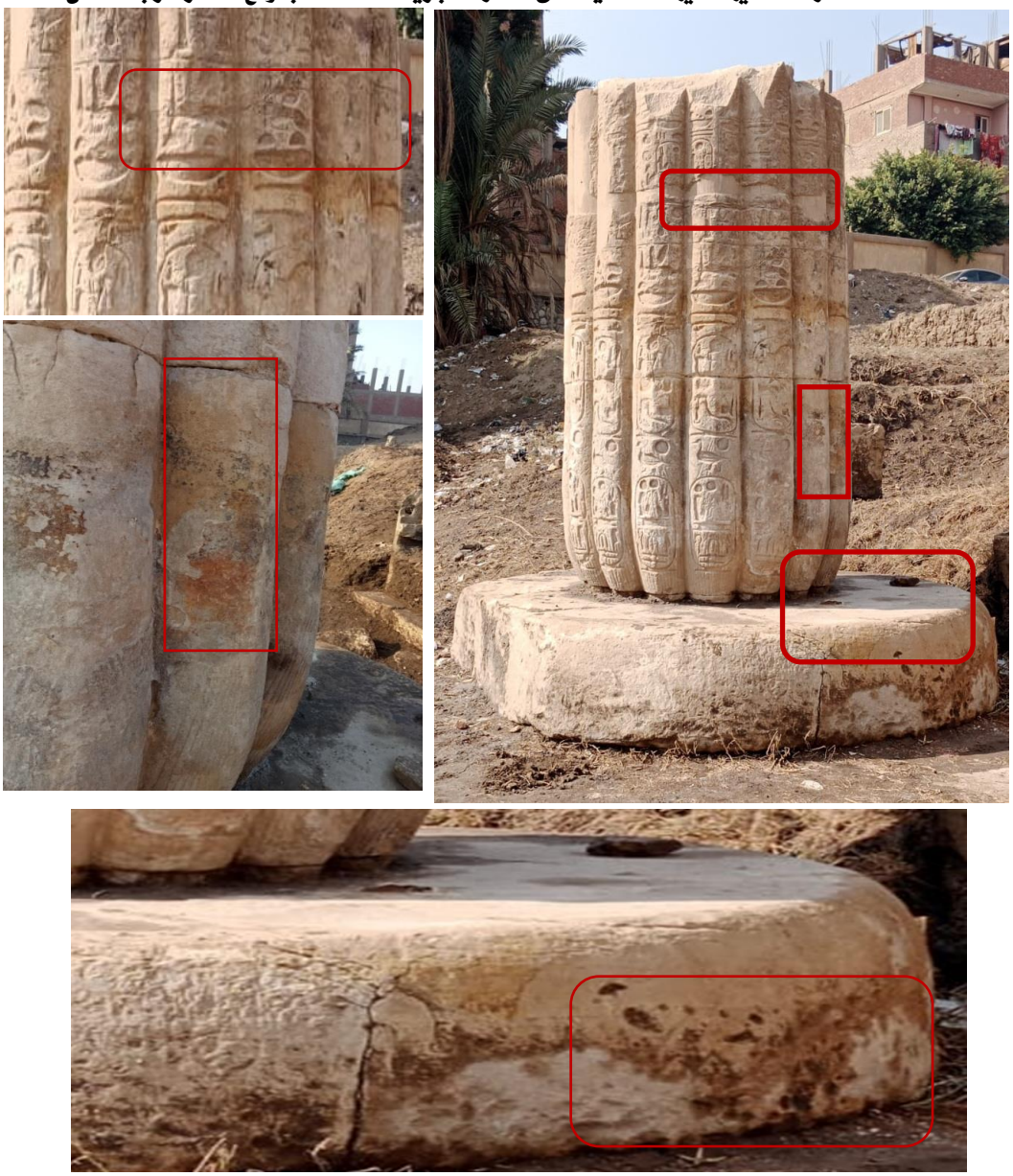
٧.١.٣.٢أثر الكائنات الحية الدقيقة على العناصر الحجرية

تعمل إرتفاع معدلات الرطوبة على إختلاف مصادرها (مياه تحت سطحية – مياه الأمطار.....ألخ) على توفير بيئة مناسبة للتلف البيولجي. وحيث أن منطقة حفائر عرب الحصن هى منطقة زراعية فى المقام الاول بالإضافة إلى الإمتداد العمرانى وإرتفاع مستوى المياه التحت سطحية مما يؤدى إلى إنتشار التلف البيولجي الذى يساعد على تجوية الحجر عن طريق تفتت مكوناته[٣١] كما أن نمو الكائنات الحية الدقيقة وما يترتب عليه من إفرازات حمضية قد تتسبب فى إحتمالية التغير اللون للحجر وتآكل سطحة.[٣٢] بالإضافة تغير الوصف المورفولوجي لسطح الحجر. وقد تم رصد بعض الظواهر التى قد تكون من المحتمل ناتجة عن التلف البيولجى صوره (١٠).

---

[31] BSIS,E,N. (2007)Natural Stone Test Methods. Determination of Real Density and Apparent Density, and of Total and Open Porosity. 1st Edn., BSI Standards, ISBN: 0580499197, pp: 14.

[32] Chen, T.C. Yeung ,M.R. and Mori, N.(2004)Effect of water saturation on deterioration of welded tuff due to freeze-thaw action. Cold Regions Sci. Technol., 38: 127-136. DOI: 10.1016/j.coldregions.2003.10.001



صوره (١٠) إحتمالية تأثير الإفرازات الحمضية للكائنات الحية على سطح الحجر

٨.١.٣.٢ أثر الجذور النباتية على الآثار الحجرية بمنطقة حفائر عرب الحصن

أكثر العوامل التى تهدد الآثار المكتشفة بمنطقة عرب الحصن النمو المتزايد للنباتات. وتلعب النباتات أكثر من دور فى تلف وتدمير الآثار الحجرية، ويتوقف

ذلك على نوع النبات. فهناك نوع من النباتات يعمل على خفض معدل الرطوبة فى التربة بشكل سريع، مما يؤدى إلى إنهيار المنشآت الأثرية أعلى سطح التربة[٣٣]. وهناك بعض النباتات تلعب دور عكسى من إرتفاع معدل الرطوبة بالتربة مما يؤدى إلى تحريك المياه داخل المنشآة الحجرية. وهناك تأثير ميكانيكى للنباتات خاصة النباتات الوعائية ذات النظام الجذرى الحقيقي أكثر خطور مما سبق فتواجد النباتات على إتصال مباشر بسطح الآثار وتغلغل جذورها داخل الحجر يؤدى إلى ضغوط وإنفعالات داخل بعض الشروخ المتواجدة فى بعض الأحجار وإتساع الشروخ وفى النهاية يؤدى إلى ضغوط هيدروليكية[٣٤] تؤدى فى النهاية إلى فصل الكتل الحجرية إلى عدة أجزاء. صوره رقم (١١) توضح التأثير الضار لنمو النباتات داخل منطقة حفائر عرب الحصن.

[33] Fort, R., (2006). Heritage, Weathering and Conservation.1st Edn., Taylor and Francis, London, ISBN-10: 0415412722 pp: 1026

[34] Hudec, P.P., (1998). Rock properties and physical processes of rapid weathering and deterioration. Proceedings of the 8th International IAEG Congress, (IAEGC' 998), Balkema, Rotterdam, pp: 335-341.

صوره (١١) توضح نمو الجذور النباتية وتغلغلها داخل الشروخ الحجرية

٩.١.٣.٢ أثر الضوء على الآثار الحجرية الملونة بموقع حفائر عرب الحصن

يشارك الضوء عادةً فى التفاعلات الكيميائية المتلفة التى تحدث للآثار، فالطاقة الضوئية هى التى تبدأ التفاعلات التى تسبب التغيرات التى تطرأ على الأسطح الأثرية، وعلى وجه الخصوص الأسطح الملونة.[٣٥] وتتوقف قدرة الإشعاع الضوئى على إحداث التلف الضوكيميائي على الطول الموجي، فكلما قصر الطول الموجي كلما زادت القوة المتلفة للإشعاع.[٣٦] وفى حالة التعرض لفترات طويلة من الزمن للإضاءة الطبيعية أو الصناعية فإن ذلك كيؤدى إلى بهتان، ووهن، وضعف بالطبقات اللونية. بالإضافة إلى هشاشية وتحلل الوسيط اللونى العضوي. ويعتبر طيف الأشعة فوق البنفسجية من الضوء هو المسئول عن التأثير الضوكيميائي على الآثار خاصة الملونة، ويظهر ذلك التأثير بوضوح

[35] Fort, R.(2006). Op Cit,P.1022
[36] BSIS,E,N. (2007). Op Cit,P.54

على الآثار الحاملة للطبقات اللونية بموقع الحفائر حيث يتسبب الضوء فى إضمحلال الألوان. وتتميز معظم المنشآة الحجرية التى تم الكشف عنها فى منطقة عرب الحصن بالنقوش الملونة إلا أن التأثير الضوئى على الألوان كان له تأثير سلبى فى فقد الطبقات اللونية ولم يتبقى إلا آثار لطبقة اللون التى كانت تزين النقوش الجدارية الصوره رقم (١٢) توضح مظاهر التلف الناتجة عن تأثير الضوء على الأثار الحجرية الملونة.

صوره (١٢) توضح فقد الطبقة اللونية بالأسطح الحجرية الملونة نتيجة تأثير الضوء

٤.٢ الفحص بالميكرسكوب الرقمى Digital Microscopy

يعد من أبسط الطرق وأسهلها ويعطى صوره موضحة لبعض مظاهر التلف الغير واضحة للعين المجردة وقد تم الفحص السطحى لعينات من الفتات المتساقط باستخدام الميكرسكوب الرقمى USB Dino-lite digital microscope. المزود بأشعة (UV-IR) بقوة تكبير تصل إلى X١٠٠٠.

٥.٢ الفحص بالميكروسكوب المجسمOptical Microscopy

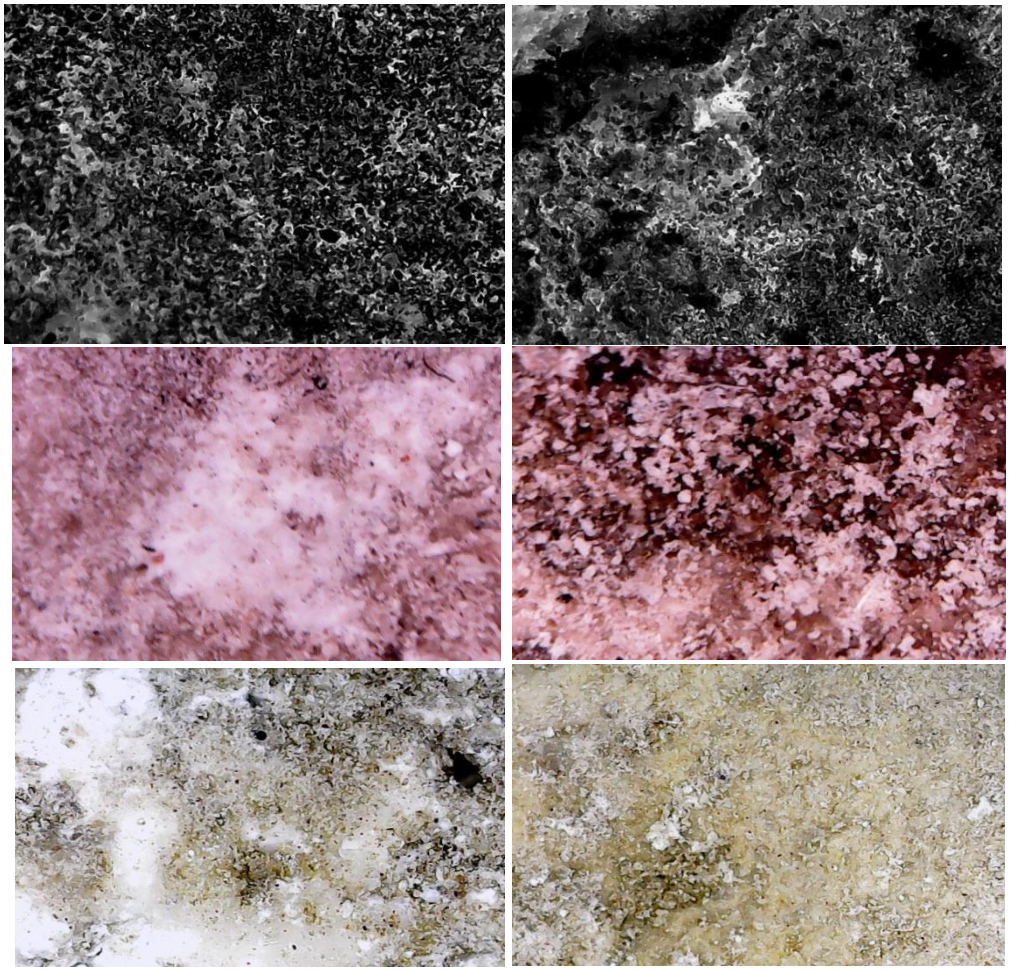
ويستخدم الميكروسكوب المجسم ليعطي صوره ثلاثية الأبعاد يمكن من خلالها التعرف على التركيب البنائي للآثار، والتعرف على مظاهر التلف غير الظاهرة بالعين المجردة[٣٧] وقد تم فحص عينات من الحجر المتساقطة ومن خلالها تم التعرف على مظاهر التلف باستخدام جهاز Stereo Discovery V20 إنتاج شركة Zeiss Company

١.٥.٢ نتائج الفحص الميكرسكوبي (الميكرسكوب الرقمى والمجسم)

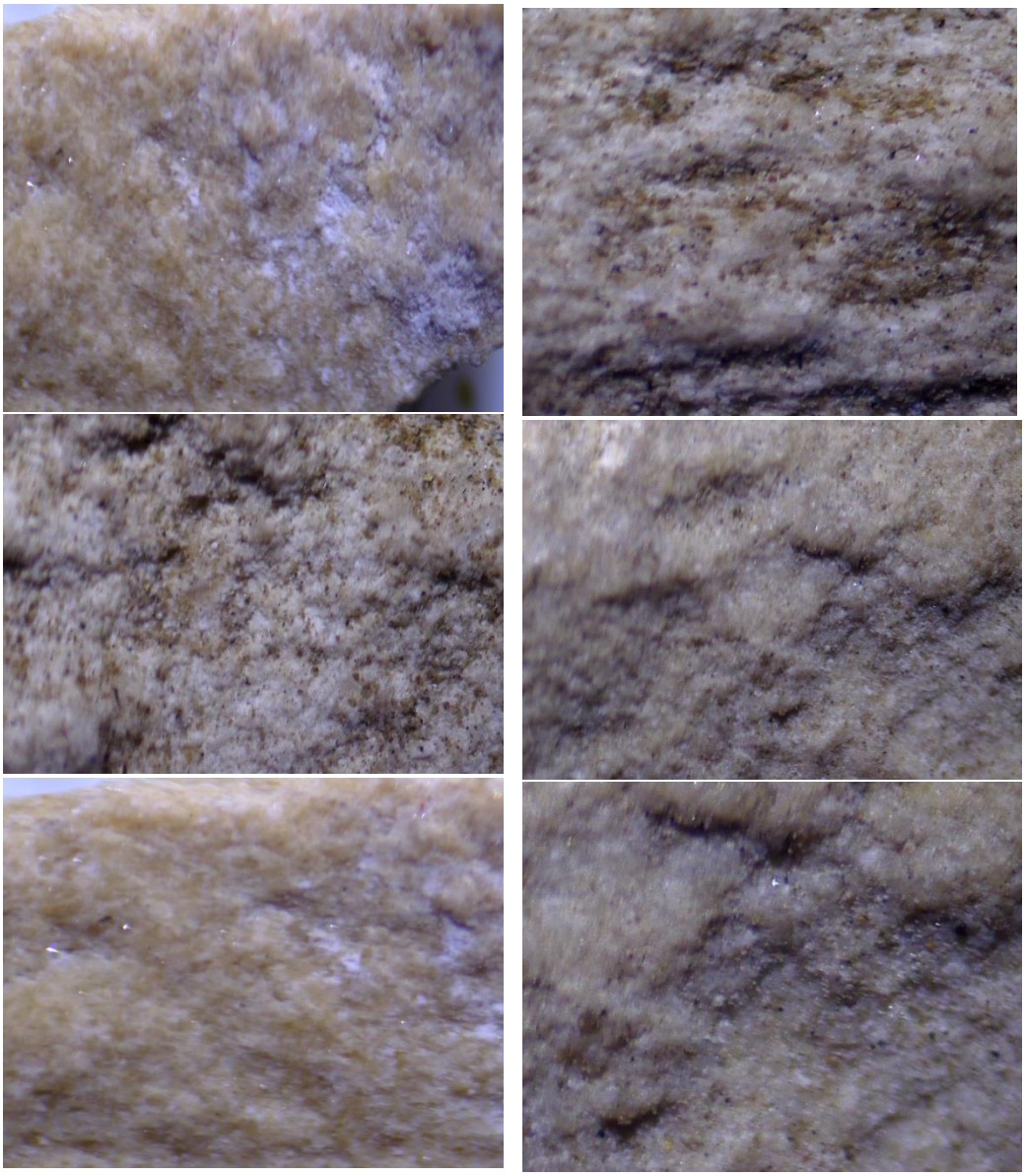
من خلال الفحص الميكرسكوبي الرقمي والمجسم تبين العديد من مظاهر التلف الغير واضحة للعين المجردة بسطح العينات الحجرية. ويتميز الميكرسكوب الرقمي المزود بأشعة (UV-IR) أنه أيسر أنواع الفحص ومن خلال الفحص بالأشعة تحت الحمراء (IR) أمكن تصوير تأثير ارتفاع معدل الرطوبة على التفاوت فى الدرجات اللونية داخل العينة، كما أمكن من خلال الفحص بالأشعة الفوق بنفسجية (UV) إكتشاف الشروخ، والشقوق، الدقيقة بالتركيب الطبقي الداخلى المصحوبة بالتبلور الملحى داخل مسام الحجر. والتى يصعب رؤيتها بالعين المجردة صوره (١٣أ). كما أعطى الميكرسكوب المجسم نتيجة جيدة جداً

[37] Eman Nabil A., et. al., (2019) TECHNICAL AND ANALYTICAL STUDY OF ONE OF TUTANKHAMEN'S INLAID WALKING STICKS Journal of Ancient Egyptian Interconnections | vol. 24 P.p 67–77 https://journals.uair.arizona.edu/index.php/jaei

لتوضيح مظاهر التلف المختلفة بسطح العينات الحجرية والغير مرئية بالعين المجردة من شروخ وشقوق دقيقة وتكلسات ملحية بالتركيب الطبقى للعينة صوره (١٣ب)



صوره (١٣أ) توضح نتيجة التصوير بالميكرسكوب الرقمى المزود بأشعة (UV-IR) والتكلسات الملحية والشروخ والرطوبة بالعينات



صوره(١٣ب)توضح نتيجة الفحص بالميكرسكوب المجسم ومظاهر التلف بالتركيب الداخلى للحجر من تكلسات ملحية وشروخ داخلية

٦.٢ التحليل بحيود الأشعة السينية X-Ray Diffraction Analysis

استخدم التحليل بحيود الآشعة السينية XRD للتعرف علي المواد الأثرية ونواتج تلفها، وقد تم إستخدام جهاز من نوع

PANalytical X'Per t pho model PW3040, Cu-target tube and Ni filter at 40 kV and 30MA.

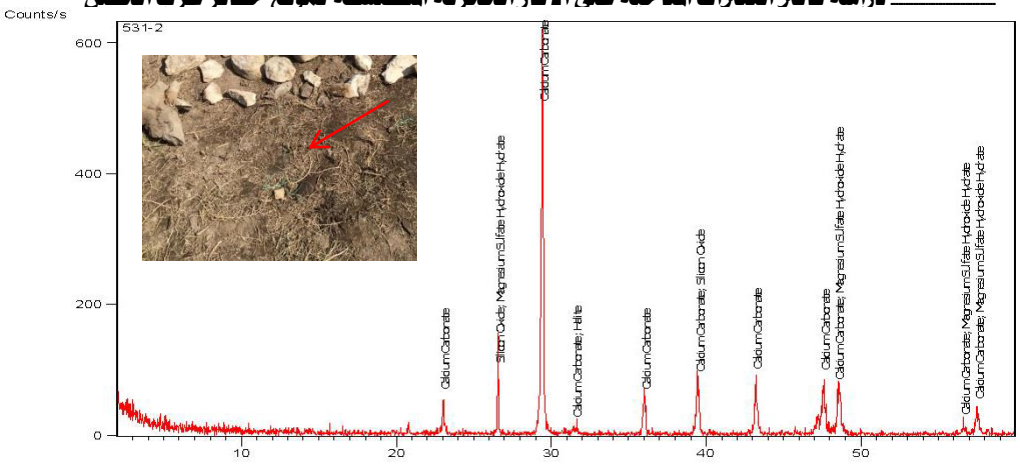
ويتميز هذا الجهاز بانه متصل بقاعدة بيانات ***(Software Reference Code ICDD)***. ومن خلال فحص نمط حيود الأشعة السينية وقياس ***d-value*** والشدة النسبية ومقارنتها مع ***Files of ICDD***[٣٨] يمكن التعرف على مكونات العينة. حيث تم تحليل عينة من الحجر للتعرف على نوع المنشأة الحجرية بحفائر عرب الحصن كما تم تحليل عينة من مكونات نواتج التلف للتعرف على نوع التزهرات الملحية بسطح الحجر وعلاقتها بنوع الحجر.

١.٦.٢ نتائج التحليل بالأشعة السينية لعينة من الحجر وعينة من الملح

- نتائج فحص العينة الأولى (عينة من الحجر)

أخذت العينة الاولى من الفتات المتساقط للحجر بحفائر عرب الحصن ومن خلال دراس نمط حيود الأشعة السينية لهذه العينة إتضح أنها تتكون بصفة اساسية من الكالسيت $CaCo_3$ بنسبة ٨٧% بالإضافة إلى الهاليت Nacl بنسبة ١١% والدلوميت بنسبة ٢ وقليل من الجبس الناتج عن التحولات كما هو موضح بالشكل رقم (١)

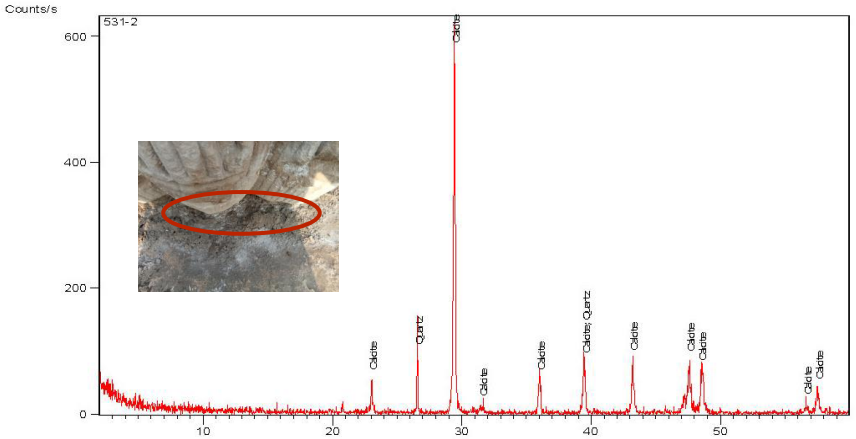
[38] - تم التحليل بمعامل الفحوص والتحاليل - بمركز ترميم الأثار- بالمتحف المصري الكبير.



شكل (١) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة من الحجر الجير بموقع الحفائر العينة تتكون من الكالسيت CaCo3 بنسبة والهاليت Nacl بنسبة ونسبة قليلة من الدلوميت

- نتائج فحص العينة الثانية (من الملح المتزهر بسطح الحجر)

أخذت هذه العينة من الأملاح المتزهرة بسطح العمود المكتشف بالمنطقة على شكل زهرة اللوتس ومن خلال نتائج التحليل تبين أنها تتكون من الهاليت NaCl بنسبة ٨٩% والكالسيت $CaCo_3$ بنسبة ١١% ويعد ذلك دليل على وجود ملح كلوريد الصوديم ومن المؤكد أن وجودة يرجع إلى مياه الصرف الصحى بالمنطقة نظراً للإنتشار المنشآت السكنية بالمنطقة شكل رقم (٢) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة من الملح المتظهر



شكل (٢) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة من الأملاح المتظهرة بالموقع تتكون من الهاليت بنسبة ٨٩% والكالسيت بنسبة ١١%

الإستنتاجات

من خلال الدراسة المقدمة تم التوصل إلى بعض النتائج أهمها:

١. تهدد التزهرات الملحية سلامة الآثار الحجرية بمنطقة عرب الحصن حيث أوضحت نتائج الفحص البصرى والميكرسكوبى أن البلورات الملحية اسفل الطبقات السطحية للحجر تشكل ضغط كبير على طبقات الحجر وتؤدى إلى تساقط أجزاء كثيرة منه بالإضافة إلى التشوهات الخارجية لسطح الحجر.

٣.وجود الآثار الحجرية الملونة فى مواجهة مباشرة مع الضوء وأشعة الشمس بدون مظلات تحميها لعب دور كبير فى ضعف وفقد وإضمحلال طبقات اللون بالآثار الحجرية الملونة بمنطقة عرب الحصن.

٢. استمرار وجود الجزور النباتيه مع الزراعة والرى المستمر بمنطقة عرب الحصن يهدد بتدمير وتهشم الآثار الحجرية حيث تتغلغل الجزور النباتية داخل الشروخ ومناطق الضعف بالحجر وما ترتب علية من ضغط داخلى بالحجر ينتج عنه تهشم بالحجر.

٥. نجح التوثيق الفوتوجرامترى و معالجة الصور ببرنامجPhotoshop وتوقيع مظاهر التلف ببرنامج Auto Cad فى إعطاء توثيق علمى دقيق عن أبعاد المنشآت الحجرية بما تحملة من مظاهر تلف.

٦. نجح USB Dino-lite فى كشف التغيرات اللونية بسطح الحجر والناتجة عن ارتفاع معدلات الرطوبة

٨. على الرغم من صعوبة أخذ أكثر من عينة من منطقة الحفائر لتحليها إلا أن نتيجة التحليل بحيود الأشعة السينية جاء مؤكد على طبيعة المنشآت الحجرية بمنطقة عرب الحصن (حجر جيرى) ونتيجة التكلسات الملحية(الهاليت) كلوريد الصوديم الناتجة عن مياه الصرف الصحي بالمنطقة.

٩. إحتمالية أن تكون البقع والتغيرات اللونية بسطح الحجر ناتجة عن التلف البيولجى.

الشكر والتقدير:

شكر وتقدير للأستاذ الدكتور/ ممدوح الدماطى لما قدمه من إتاحة الفرصة للإشتراك فى موسم حفائر عرب الحصن ٢٠٢٣ وما قدمه من مساعدات وتوجيهات علمية لإتمام البحث.

قائمة المراجع

1) Abd el-Gelil, M., Shaker, M. and Raue, D. (1996) Recent excavations at Heliopolis. Orientalia 65.2, 136–146.
2) Abd el-Gelil, M., Suleiman, R., Faris, G. and Raue, D. (2008) the joint Egyptian-German excavations in Heliopolis in autumn 2005: preliminary report. Mitteilungen des deutschen archäologischen Instituts, Abteilung Kairo 64, 1–9.
3) Agyekum, K., Ayarkwa, J., and Koranteng, C. (2014). "Holis-tic diagnosis of rising damp and salt attack in two residen-tial buildings in Kumasi, Ghana." Journal of ConstructionEngineering, 1, 1-13.
4) Ahmad, A.G., and Abdul Rahman, H.F. (2010). "Treatment ofsalt attack and rising damp in heritage buildings in Penang, Malaysia." Journal of Construction in Developing Coun-tries, 15 (1), 93-112.
5) ALBERTZ, J. (2001): Albrecht Meydenbauer – Pioneer of Photogrammetric Documentation of the Cultural Heritage; Proceedings 18th International Symposium CIPA 2001, Potsdam (Germany).
6) Alice Maria Sbriglio and Federica Ugliano: Re-excavating Heliopolis: Unpublished Archaeological Data from the Archives of Ernesto Schiaparelli and Missione Archeologica Italiana. In book: Current Research in Egyptology 2014 (pp.278-293)
7) AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY (1979): Handbook of Non-Topographic Photogrammetry; Falls Church, Va
8) Barros, L. A, et al.,2002 Modes and Mechanisms of Rock weathering, in protection and Conservation
9) BLACHUT, T.J. & R. BURKHARDT (1988): Historical Development of Photogrammetric Methods and Instruments; American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Falls Church, Va
10) BSIS, E, N. (2007) Natural Stone Test Methods. Determ; ination of Real Density and Apparent Density, and of Total and Open Porosity. 1st Edn. BSI Standards, ISBN: 0580499197, pp: 14.

11) Chen, T.C. Yeung ،M.R. and Mori, N.(2004)Effect of water saturation on deterioration of welded tuff due to freeze-thaw action. Cold Regions Sci. Technol., 38: 127-136. DOI: 10.1016/j.coldregions.2003.10.001
12) Consonni, A., Quirino, T. and Sesana, A. (2012) L'Egitto di Francesco Ballerini. Un egittologo comasco agli inizi del Novecento. Atti della giornata di studi, Lettere, Fotograe. Como, NodoLibri
13) Eman Nabil A., ET. al., (2019) TECHNICAL AND ANALYTICAL STUDY OF ONE OF TUTANKHAMEN'S INLAID WALKING STICKS Journal of Ancient Egyptian Interconnections | vol. 24 P.p 67–77 https://journals.uair.arizona.edu/index.php/jaei
14) Eman Nabil., et. Al : 2017 INVESTIGATION AND ANALYSIS STUDY OF AN OLD KINGDOM CHEOPS FIRST BOAT OAR BLADE. Journal of Ancient Egyptian Interconnections. http://jaei.library.arizona.edu |vol. 16 p.p 87–98
15) Fort, R., (2006). Heritage, Weathering and Conservation.1st Edn., Taylor and Francis, London, ISBN-10: 0415412722 pp: 1026
16) GRIMM, A. (1977): 120 Jahre Photogrammetrie in Deutschland {120 Years of Photogrammetry in Germany}; Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte 45(1977)2: 1-57, R. Oldenbourg, München & VDI-Verlag, Düsseldorf
17) GRIMM, A. (1978): Zwei Meydenbauer'sche Instrumente für die Architektur-Photogrammetrie wiedergefunden {Two Meydenbauer Instruments for Architectural Photogrammetry Recovered}; Bildmessung und Luftbildwesen 46(1978)1, 33-34.
18) GRIMM, A. (1980): Der Ursprung des Wortes Photogrammetrie {The Origin of the Term Photogrammetry}; ISPRS Kongress, Hamburg, Komm. VI/2, Bd. XXIII, Nr. B10, 323-330.
19) GRIMM, A. (1981): Albrecht Meydenbauer 1834 - 1921, in KAFKA, K. (Hrsg.): Universität (TH) Hannover, Ehrendoktoren Architektur 1831 - 1981 {Architectural Honory Doctors of Hanover University 1831 Hannover
20) Hudec, P.P.(1998). Rock properties and physical processes of rapid weathering and deterioration. Proceedings of the 8th International IAEG Congress, (IAEGC' 998), Balkema, Rotterdam, pp: 335-341.

21) Jean-MiChel Bruffaerts, Marie-CéCile Bruwier: 2010 BELGIAN ARCHAEOLOGICAL EXCAVATIONS AT HELIOPOLIS . 1907 campaign (Jean Capart). 1912 campaign (Albert Daninos):
22) Kirti Chandra D., D. V. K. Sudhakar : (2020)Deterioration of a Building through Environmental and Anthropological Causes International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249-8958 (Online), Volume-9 Issue-3, February
23) Kofi Agyekum. Joshua Ayarkwa. Burcu Salgin: (2017)Diagnosing Damp in a Tropical Building: Applying Theory to PracticeInternational Journal of Architecture, Engineering and Construction
24) Maggos, T., Bartzis, J.G., Liakou, M., Gobin, C., Photocatalytic degradation of NOX gases using TiO2-containing paint: a real case study, Journal of hazardous materials 146, 2007, PP. 668:673.
25) Mamdouh El-Damaty, "The Throne Chapel of Ramesses II in Arab El-Hisn", in: Ayman Wahby and Penelope Wilson, The Delta Survey Workshop: Proceedings from Conferences held in Alexandria (2017) and Mansoura (2019), in: Archaeopress Egyptology 41, 2022, pp. 99-114
26) Mohan Kotamrazu, "(2014)Wind damage to buildings, Infrastructure and landscape elements along the beach road at Visakhapatnam", International Journal of Research in Engineering and Technology, eISSN: 2319-1163 ; pISSN: 2321-7308, Volume: 03 Special Issue:16, ICPECDM –, Dec-14, pg 46
27) Orok, Á. And B. Vásárhelyi, (2010) The influence of fabric and water content on selected rock mechanical parameters of travertine, examples from hungary. Eng. Geol., 115: 237-245. DOI: 10.1016/j.enggeo.2010.01.005
28) Paulo, B. "2006 structural restoration of monuments recommendations and advance tin research and practice" I st international conference on restoration of heritage masonry structures, Cairo, Egypt, April 24-27-
29) Rossana, B. Paola, M. :(2012)Politecnico di TorinoThe Effect of Water on The Strength of Building Stones: American Journal of Environmental Sciences 8(2):158-161
30) Torok, Á. And Vásárhelyi, B. (2010) The influence of fabric and water content on selected rock mechanical parameters of travertine, examples from hungary. Eng. Geol., 115: 237-245. DOI: 10.1016/j.enggeo.2010.01.005

31) Unger, A., ET. Al.(2001)"Conservation of wood Artifacts", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, , pp.143.
32) Wasserman, I., (2002). Assessment of the durability of two natural stones intended for the conservation of the historical masonry sea wall in the old Town of Acre.
33) Winkler, E.M., 1994. Stone in Architecture: Properties, Durability. 1st Edn. Springer, Berlin, ISBN-10: 3540576266, pp: 313.