

التجوية الملحية وأثرها على إفريز صيد النعام من مستوطنة قرزة: دراسة حالة

د. مصطفى علي نامو

أستاذ مساعد-تخصص فنون ومواد بناء كلاسيكية قديمة

قسم الآثار الكلاسيكية-كلية الآثار والسياحة. الخُمس/جامعة المرقب

m.namu@elmergib.edu.ly

الملخص:

تسلط هذه الدراسة الضوء على أثر التجوية الملحية على إفريز منحوتة صيد النعام من مستوطنة قرزة الليبية-الرومانية المعروف في متحف لبدة والذي يرجع تاريخه إلى الفترة الاستيطانية من القرن الرابع الميلادي، حيث تهدف الدراسة إلى إبراز حالة التجوية الملحية ومدى تفاقمها من خلال نمط النخر الظاهرة آثاره على واجهة الإفريز، وتحديد نسبة التلف من خلال منهجي الدراسة: الميدانية-الوصفية، والعلمية المعملية لعينات من النسيج الصخري الخارجي، والداخلي للإفريز ما قبل تأثير التجوية الملحية، وما بعده، وذلك بالاستعانة ببعض التطبيقات العلمية الحديثة المتمثلة في: تحليل مطيافية وميض أشعة أكس، والمسح المجهر الإلكتروني، والمسح المجهر الإلكتروني بالأشعة المرتردة، وكذلك تحديد مدى الدور الذي لعبه المناخ في نشوء عامل التجوية الملحية في موقع مستوطنة قرزة، وما نتج عن تفاقمها من حالة نخر على واجهة الإفريز، سواء أكان ذلك ما يتعلق بمناخ البيئة الصغرى، أو مناخ البيئة الكبرى، وقد بينت نتائج الدراسة مدى التأثير الناتج عن مناخ كلا البيئتين ودوره في نشوء ظاهرة التجوية الملحية، وأثرها المباشر على التركيب الكيميائي، والمعدني الصخري للإفريز المنحوت من الحجر الجيري الطيني، وتضرر نسيجه بالنخر، ومن ثم تلف منحوتته الفنية الفريدة التي يرجع تاريخها إلى القرن الرابع الميلادي.

الكلمات المفتاحية: تجوية ملحية، حجر جيري طيني، نخر، نسبة التلف

Salt Weathering Influence on Ostriches Hunting Frieze From Ghirza Settlement: A Case Study

Dr. Mustafa Ali Namu

m.namu@elmergib.edu.ly

Abstract

This study is sheds light on the Salt Weathering influence on Ostriches carved Frieze from Romano-Libyan settlement of Ghirza. The Frieze, which has exhibited in Lebda Museum, is dating back to the settlement period of the 4th century AD. The scientific orientation study goal to shown up the Salt Weathering estate that has effected in Frieze façade by Alveolar pattern. The Meta field study and the scientific laboratory such as Scanning Electron Microscopy (SEM), Backscattered Scanning Electron Microscopy (BSE) and X-Ray Fluorescence (XRF) are methods that utilized to define deterioration and harmful forms, as well as to reveal how far a stone decay extended to in both extrinsic and intrinsic stone texture, before and after weathering effect. In addition, to find out the role of climate of the surrounding environment whether the Microclimate or Macroclimate in Ghirza settlement where the Frieze had discovered. All study's results have shown that the Salt Weathering estate attributed to chemical weathering, which directly effected in Chemical and mineralogical composition of the Frieze that carved of Marl Limestone, thus effected in artistic sculptures which dating back to the 4th century AD.

Keywords: Salt Weathering, Marl Limestone, Alveolar, Deterioration Rate

المقدمة

يُعد إفريز صيد النعام (Ostriches hunting) أحد العناصر الفنية الزخرفية-المعمارية المكتشفة في مستوطنة قرزة (Ghirza) الرومانية-الليبية (Roman-Libyan) الواقعة على مسافة (250 كيلومتر) جنوب-شرق مدينة طرابلس (Tripoli)، ومسافة (130 كيلومتر) من الساحل الغربي لخليج سرت الكبير (Great Syrtis)، وذلك عند خطي: طول (14°33' شمالاً)، وعرض (30°57' شرقاً) [1]، وهي مستوطنة زراعية شكلت منذ أواخر القرن الثالث الميلادي أوسع منطقة نشاط زراعي لأكبر تجمع استيطاني روماني-ليبي شغل مساحة (3 كيلومترات) ضمن النطاق الجغرافي لوادي قرزة-أحد روافد وادي زمزم (Zemzem) - في منطقة شبه الصحراء الليبية في إقليم المدن الثلاث (Tripolitania)، كما تفرّدت بكونها قد شهدت أعظم فترة ازدهار حضاري فيما بين القرنين الرابع والسادس الميلاديين. [2]؛ [3]

تميّز موقع المستوطنة باحتوائه على شواهد أثرية لمجموعة متنوعة من المباني واللّقى التي عكست مظاهر الحياة العامة اليومية الاقتصادية، والاجتماعية، والدينية، والثقافية، المتجسدة من خلال المشغولات الفخارية، والعملية، والنقوش، والمنسوجات، والأعمال الفنية النحتية، والمواد العضوية [4]، وكذلك ما يناهز الأربعين معلماً معمارياً متنوعاً من حيث الغرض الوظيفي من بين أبرزها: المقابر التي توزعت على مجموعتين: شمالية، وجنوبية، وما زخرت به من عناصر فنية زخرفية ومعمارية الأفاريز (Friezes) التي ازدانت بمنحوتات فنية بدائية الطراز، وفريدة المحتوى الفني من حيث الموضوعات التي صوّرت عدة جوانب من واقع الحياة العامة لسكان المستوطنة التي من أبرزها مشاهد النشاط الزراعي، والصيد البرّي. [5]؛ [6]

في عام (1955م) تعرض إفريز منحوتة صيد النعام للسقوط إلى جانب بعض الأفاريز الفنية الأخرى، لتتراكم جميعها فوق بعضها البعض ومن حولها تناثرت بقايا متساقطة من عناصر فنية معمارية أخرى [7]، ليتم لاحقاً فيما بين الأعوام (1955م-1957م) توثيق ونقل بعض تلك الأفاريز التي من بينها إفريز صيد النعام للعرض في متحف القلعة بالسرايا الحمراء في طرابلس (As-Saraya al-Hamra. The Castle) [8]؛ [9]، ثم بعد ذلك نقل اثنين منها من بينها إفريز صيد النعام للعرض في المتحف الجديد بمدينة لبدّة الكبرى في ثمانينات القرن الماضي (1989م)، حيث ما يزال معروضاً في الرواق الطولي الخارجي من الضلع الغربي لمبنى المتحف حتى الوقت الحاضر.

إشكالية الدراسة

تتمحور إشكالية الدراسة حول التجوية الملحية ومدى ما لعبه المناخ البيئي للمستوطنة من دورٍ في نشوئها، وطبيعة مسبباتها من العوامل المختلفة التي أدت إلى تقامها من خلال حالة النخر الظاهرة على سطح واجهة إفريز منحوتة صيد النعام.

أهمية الدراسة

تكمن أهمية الدراسة في التعرف على أثر التجوية الملحية على الحجر الجيري الطيني لإفريز منحوتة صيد النعام، وماهية التلف الناجم عن تقامها في النسيج الصخري للإفريز، وديناميكية تشكّله، وما يمثله ذلك من فهمٍ علمي أوسع لطبيعة التركيب الكيميائي والمعدني لمثل هذا النوع من الصخور من حيث مدى استجابته لتأثير ظاهرة التجوية الملحية، من عدمها، وذلك سعياً لتوفير الظروف الملائمة للعرض إما في الموقع الأصلي، أو في المتحف،

من جهة، وخلق معدل من الاستجابة الفعّالة للتطبيقات العلمية ضمن مجال علم الصيانة والترميم، من جهة أخرى، وذلك وصولاً إلى تحقيق معيار تام من البقاء والديمومة.

هدف الدراسة

تهدف الدراسة إلى إبراز حالة التجوية الملحية ومدى تفاقمها من خلال نمط النخر الظاهرة آثاره على الحجر الجيري الطيني لإفريز منحوتة صيد النعام، وتحديد نسبة تلف النسيج الصخري الخارجي، والداخلي للإفريز ما قبل تعرّضه للتجوية، وما بعده، من خلال الدراسة الميدانية الوصفية، والعلمية المعملية، وتحديد دور المناخ البيئي في نشوء التجوية الملحية وتفاقمها من خلال حالة النخر الظاهرة على واجهة الإفريز بعده، من خلال الدراسة الميدانية الوصفية، والعلمية المعملية، وتحديد دور المناخ البيئي في نشوء التجوية الملحية وتفاقمها من خلال حالة النخر الظاهرة على واجهة الإفريز.

منهجية الدراسة

تركزت المنهجية العلمية للدراسة حول تقييم حالة التجوية الملحية ونسبة تفاقمها من خلال حالة النخر الظاهرة على سطح واجهة الإفريز، وتضرر منحوتاته الفنية، وذلك من خلال الدراسة الميدانية الوصفية لما هو ظاهرٌ منها للعين المجردة باستخدام كاميرا رقمية عالية الدقة (Digital camera, A470, optical zoom 3.4x, 7.1 Mega pixels)، ونظام التصنيف اللوني القياسي للصخور (The rock-color-Chart system)، والدراسة العلمية المعملية لعينات منتقاة من النسيج الصخري للإفريز في حالتيه: غير المجوّاة (unweathered) ما قبل تعرضه للتجوية الملحية، والمجوّاة (weathered) ما بعد تعرضه لها، وذلك من خلال دراسة الملامح التشكّلية للنسيج (Morphological features) باستخدام تقنيات: المسح المجهر الإلكتروني (Scanning Electron Microscopy (SEM))، والمسح المجهر الإلكتروني بالأشعة المرتردة (Backscattered Scanning Electron Microscopy (BSE))، ودراسة التركيب الكيميائي للنسيج الصخري باستخدام مطيافية وميض أشعة أكس (X-Ray Fluorescence Spectrometry)، وهي منهجية علمية عززت من أهداف الدراسة.

الدراسات السابقة

منذ أن حظي موقع مستوطنة قرزة باهتمام المستكشفين الأوائل والباحثين بدءاً من القرن الثامن عشر الميلادي (1818م) وحتى الربع الأول من القرن العشرين (2014م)، لم تتطرق تقارير البعثات الاستكشافية، والدراسات العلمية والاستعراضية للموقع إلى عوامل التلف بوجه عام، والتجوية الملحية بوجه خاص، وذلك باستثناء الدراسة الأثرية التي أجراها كلٌّ من الباحثين: (Olwen Brogan and D.J.Smith, 1984) في ثمانينات القرن الماضي، التي وردت فيها وبشكل عرضي بعض الإشارات العلمية الاصطلاحية المتعلقة بمظاهر تأثير عاملي: التعرية الرياحية، والتجوية، على بعض التماثيل ومنحوتات الكتل الحجرية، وذلك دونما أية استفاضة علمية تفصيلية حول تلف هذه العناصر الفنية النحتية بوجه عام، وكذلك لم تُشر تلك الدراسة إلى إفريز صيد النعام بوجه خاص، خلافاً لما هو مقترح من توجّه علمي لموضوع هذه الدراسة.

التجوية الملحية

تعد التجوية الملحية (Salt weathering) واحدة من أكثر عوامل التجوية انتشاراً في كافة أنواع الصخور، وضمن مختلف البيئات الطبيعية، وهي من الناحية الميكانيكية شديدة التفاعلية في ظروف البيئة المناخية المتعلقة بدرجة حرارة الجو (Air temperature)، ورطوبة النسبية (Relative humidity) ضمن مناخ كلا البيئتين: مناخ البيئة الصغرى أو التفصيلي (Micro climate) المتعلق بالتربة، وموقع البناء، وطبيعة تصميمه الفني المعماري الداخلي والخارجي بكافة عناصره الفنية المعمارية، ومناخ البيئة الكبرى (Macro climate) المتعلق بالحرارة، والرطوبة وما يرتبط بها من مظاهر، والرياح [10]؛ [11]، كما لا تقتصر التجوية بشكل أساسي على الظروف المحيطة بالصخر فحسب، وإنما أيضاً على طبيعة نسيجه، وتركيبه المعدني الذي ينحصر ضمن نمطين من المعادن: معادن مستقرة (stable minerals)، ومعادن غير مستقرة (unstable minerals)، وتعمل معادن الأطين (Clay minerals) على ازدياد حساسية الصخر تجاه عمليات التجوية خاصة إذا ما تعرضت لأي مصدر من مصادر الرطوبة. [12]

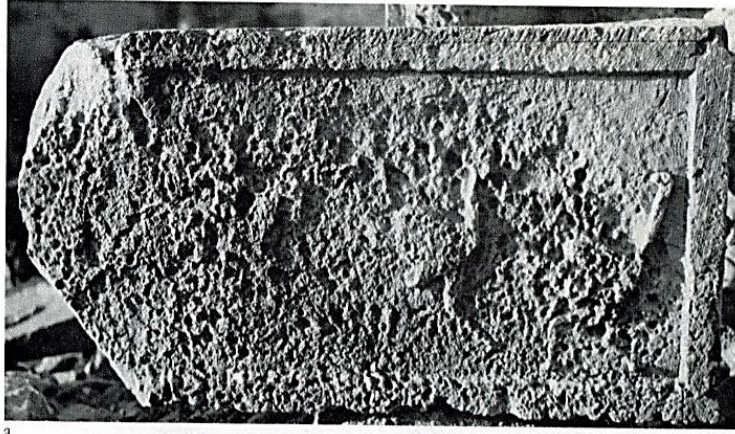
إن ظاهرة التبلور (crystallization) الناتجة عن تبخر الأملاح المذابة داخل مسام الحجر، أو برودتها، هي المسبب الرئيس لتفاقم ضرر بللورات الملح (salt damage) التي تؤدي بدورها إلى تلف أحجار مباني التراث المعماري المشيدة من الحجر الجيري (Limestone) ضمن الأجزاء الأكثر مسامية من نسيجه، وذلك من خلال ما يُعرف بظاهرة الضرر التميهي أو الهيدراتية (hydration damage/hydration) الناجمة عن الضرر التبري للأحجار حين يكون الحجر في بيئات الفضاء الخارجية عُرضة لدورة الترطيب من خلال الرطوبة عند تساقط المطر، والجفاف من خلال الحرارة. [13]؛ [14]

تتباين كثافة التجوية ومدى تفاقمها تبعاً لاختلاف أنواع الأملاح السائدة في المنطقة وطبيعتها، وكمية انتشارها في المباني، ومدى مقاومة الصخر في حد ذاته [15]، ويتمحور معدل تفاقم التجوية حول مقياسين هما: مقياس التجوية الكبرى (Macro scale)، ومقياس التجوية الصغرى (Micro scale) الذي يندرج ضمنه الضرر الملحي المتعلق بالأملاح المميّهة (hydrated salts) [16]، وتعد التجوية بالنخر (Alveolar weathering) واحدة من أنماط التلف المتشكلة من جزاء تطور التجوية الملحية الناتجة عن تبلور الأملاح، وهي ظاهرة شائعة في العديد من أسطح الأحجار الجيرية ذات الأساس الكلسي الشديد الحساسية لعوامل التجوية [17]؛ [18]، وتتسأ عملية التجوية بالنخر بواسطة الإذابة (dissolution) وإعادة ترسيب معدن الكالسايت (precipitation of mineral calcite) لتصبح الأجزاء المتعرضة لفقدان هذا المعدن من نسيج الصخر أكثر ضعفاً أو وهناً. [19]

التجوية الملحية وأثرها على إفريز صيد النعام

يمثل إفريز صيد النعام (Ostriches hunting) عنصراً فني زخرفي-معماري يعلو العتبات (Architrave) القائمة فوق عقود الأعمدة التي تزين الواجهات المعمارية الأربعة لأصغر مقابر المجموعة الشمالية ذات الرمز (D) المكتشفة في مستوطنة قرزة، وهو إفريز مستطيل الشكل من الحجر الجيري اشتمل على نحت فني بارز مشوه المعالم يصور رجلاً ممتطياً سهوة جواده يطارد طائرين من النعام (يعتقد الباحث بأنهما طائر أم وفرخها) اللوحة (1)، حيث كانت هذه الطيور البرية التي تقف على الحبوب والأعشاب تمثل مشكلة حقيقية بالنسبة لمستوطني منطقة ما قبل الصحراء بوجه عام، وقرزة بوجه خاص، وذلك نظراً لما شكلته من تهديد لمحاصيلهم الزراعية، الأمر الذي استدعى ملاحظتها واصطياها للحد من تكاثرها، ومما تجدر الإشارة إليه أن منطقة وادي قرزة كانت حتى

عام(1817م) تعج بمثل هذه الطيور البرية؛ لتختفي بعد ذلك خلال السنوات المائة اللاحقة دون أي أثر لها، وقد بدت مشاهد هذه الطيور ضمن العديد من المنحوتات الفنية لمجموعة المقابر الشمالية في المستوطنة. [20]. ومن خلال الدراسة الأثرية لكافة المعالم الفنية الزخرفية والمعمارية بالمستوطنة التي أجراها الباحثان: (Olwen Brogan) و(D.J.Smith) في عام(1984م)، ثبت بأنها قد شُيّدت من الأحجار الجيرية المستقطعة من مجموعة المحاجر الواقعة على ضفتي وادي قرزة التي اتسمت بطبيعتها باللون الأبيض الضارب إلى اللون اللبني (Milky)، وباللون البني الخفيف مع مسحةٍ من اللون الوردي (Pink) إثر تعرّضها للهواء الجوي عقب عملية القطع. [21] بيّنت الدراسة الوصفية الميدانية للإفريز، بأنه عبارة عن كتلة من الحجر الجيري الطيني (Marl Limestone)



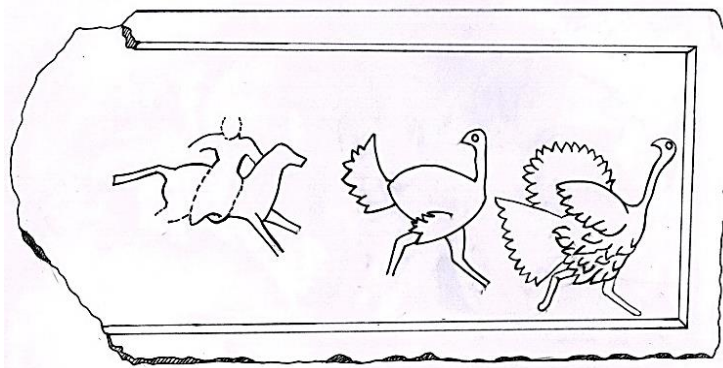
اللوحة(1): إفريز صيد النعام في موقع الاكتشاف بمستوطنة قرزة.

(Olwen Brogan and D.J.Smith, 1984)

بارتفاع(49 سم)، وعرض(99 سم)، وسمك تراوح ما بين(19 سم-20.5 سم)، وهو يمثل إفريز الركن الأيسر لإحدى واجهات المقبرة، وقد تميزت واجهته الرئيسية بمنحوتة صيد طائري النعام محاطة بإطار زخرفي بارز بسمك(1 سم)، وعرض(5 سم)، وواجهة ركنه الأيسر بمنحوتة بارزة لزهرة بقطر(10.2 سم) تحوي تسع بتلات على هيئة شكل قلب، محاطة بدورها بذات النمط الزخرفي لإطار الواجهة الرئيسية، أما بالنسبة للنسيج الصخري للإفريز، فقد تميّز سطحه الخارجي باللون البني الفاقع، وفق مقياس لوني(5YR 6/4)، في حين تميّز سطحه الداخلي عقب عملية التشظية لغرض عينات الدراسة المعملية باللون الوردي مع مسحةٍ من اللون البرتقالي، وفق مقياس لوني(5YR 8/4). اللوحة(2)، المخطط(1)



اللوحة(2): إفريز صيد النعام المعروف في الرواق الخارجي الغربي لمتحف لبدّة الكبرى. (تصوير الباحث)

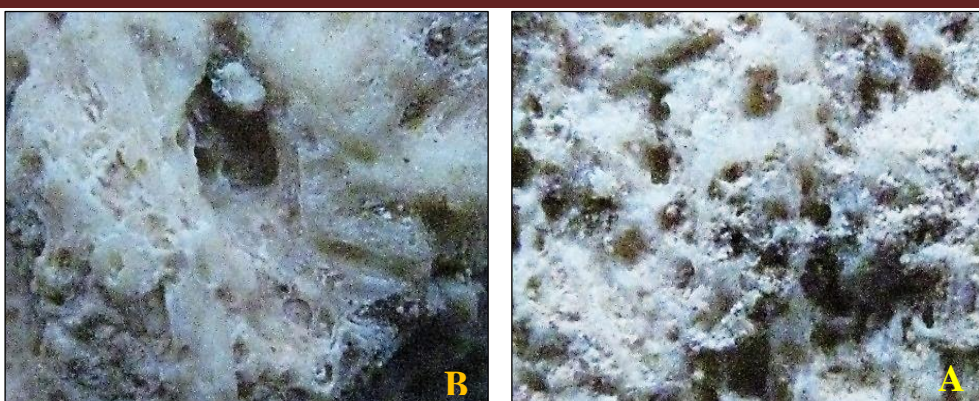


المخطط(1): مخطط توضيحي لمنحوتة صيد النعام نقلًا عن واجهة الإفريز. (إعداد الباحث)

ينتم الحجر الجيري الطيني من حيث خواصه الكيميائية والفيزيائية بنسيجه الخبيبي (Oolitic)، وحساسيته العالية التي تصل إلى (20 جزء%)، ومحتواه الطيني الذي يفوق (50%)، والبقايا العضوية الصغيرة (bioclast) المتفككة (microporosity)، المترابطة فيما بينها كربونات طينية متبلورة جزئياً ونسبة ضئيلة إلى معدن لامع، وتبلغ نسبة الكربونات الرابطة والمعدن (10 أجزاء%)، وبسبب نسيجه البلوري الناعم، وعدم تمتعه بالصلابة الشديدة، فإنه ملائم لتصميم العناصر الفنية المعمارية في الفضاءات الداخلية (indoor)، أكثر منها ملائمة في الخارجية (outdoor). [22]؛ [23]

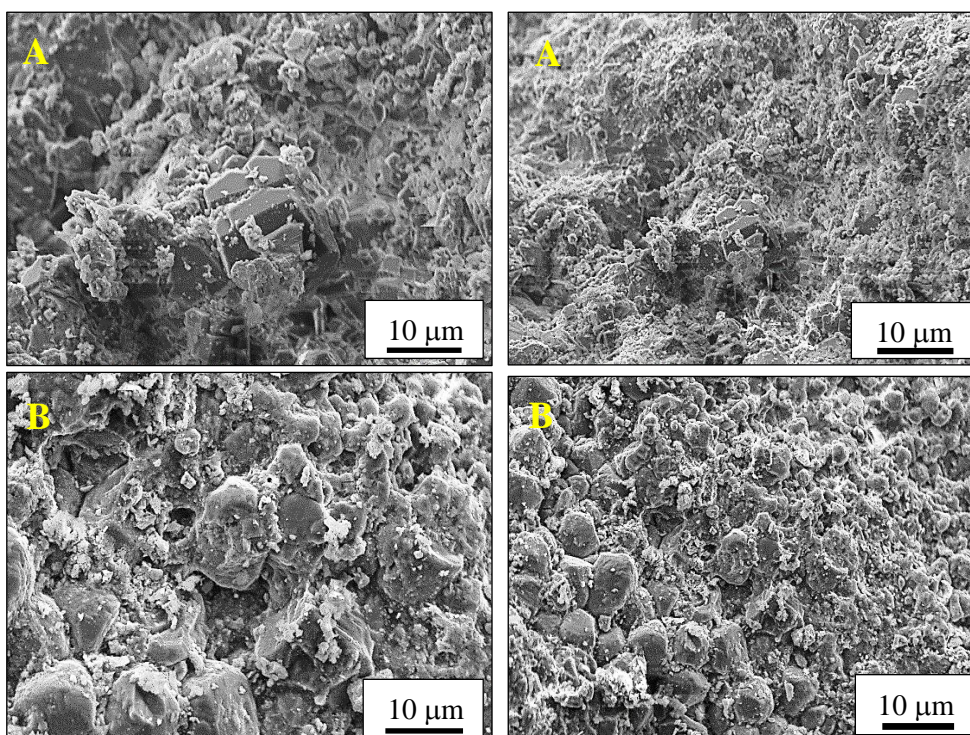
تجلّى أثر التجوية الملحية على إفريز منحوتة صيد النعام من خلال حالة التجوية بالنخر الظاهرة على سطح واجهته والتي بدت على هيئة مجموعة من الحُفر أو الفجوات التي تباين قطرها ما بين (2.5 سم) و(6 سم)، وعمق بلغ (1.5 سم)، وقد بلغ من تقاوم هذه الحُفر أن تشوّه معها ما تقرب نسبته من (80%) من معالم المنحوتة الفنية، اللوحة (2)، ويعتقد الباحث بأن حالة النخر ناتجة عن حالتها: الإذابة، والتبخر المتعلقة بالأملاح المتبلورة داخل مسام النسيج الصخري للإفريز، والمعادن الطينية الشديدة الحساسية للرطوبة المتشكل منها، وذلك تحت تأثير عاملي: الحرارة، والرطوبة.

بدت ملامح النسيج الصخري للإفريز في حالته الطبيعية ما قبل تعرّضه للتجوية، وما بعده ذلك في حالته المجوّاة بالنخر، جليّة واضحة من خلال الدراسة الوصفية الميدانية باستخدام التصوير الفوتوغرافي، حيث بد النسيج في حالته غير المجوّاة مترابطاً من خلال الكربونات الطينية المتبلورة جزئياً إلى أشكال كريستالية شفافة لامعة بلون وردي ذو مسحة من اللون البرتقالي الضارب إلى الرمادي، وفق مقياس لوني (10R 8/2)، دلّ تحليل مطيافية وميض أشعة أكس (XRF) على أنها لمعدن السترونيوم (Strontium (Sr)) أحد أهم العناصر الكيميائية المكونة لنسيج الحجر الجيري الطيني، كما بدت كربونات الكالسيوم (calcite carbonates) بلون أبيض بمسحة من اللون البني، وفق مقياس لوني (N9)، في حين تجلّى النسيج الصخري المجوّى مشوّهاً على غير طبيعته من خلال لآثار الحُفر والأخاديد المتباينة العمق. اللوحة (A,B.3)

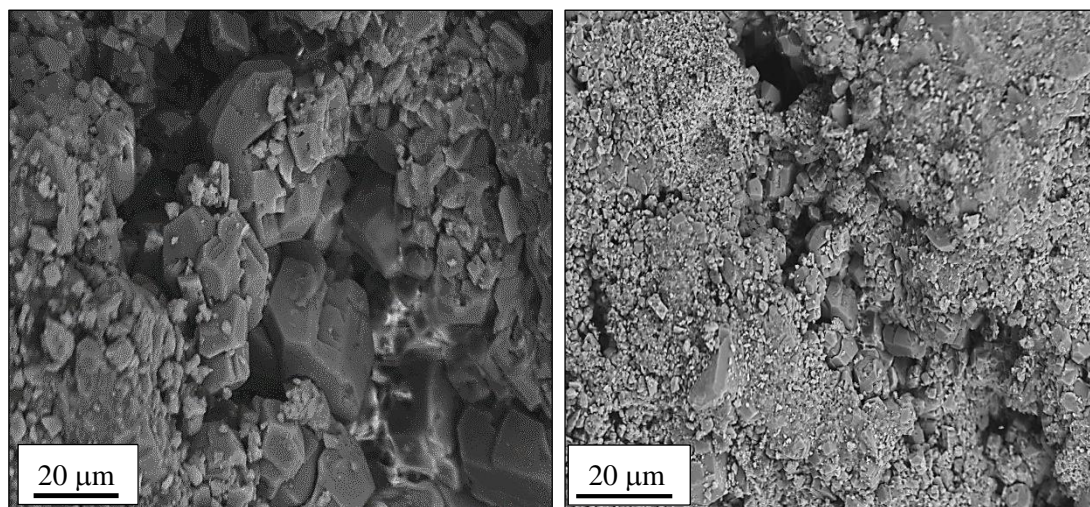


اللوحة (A,B.3): صور فوتوغرافية لعينة من نسيج الإفريز في حالتيه:
(A) غير المجوّاة ما قبل تعرّضه للتجوّية بالنخر، (B) المجوّاة ما بعد تعرّضه للتجوّية بالنخر.

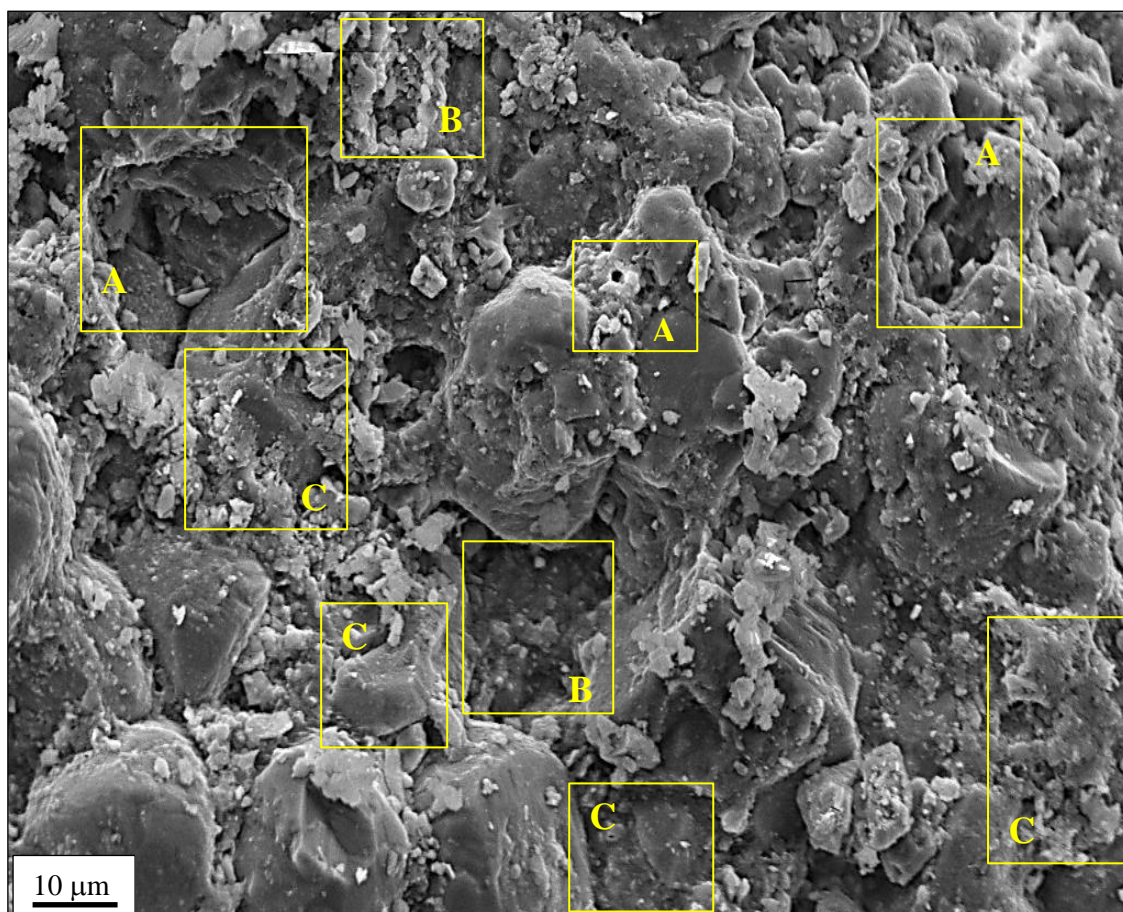
أما الدراسة العلمية المعملية للملامح التشكّلية لعينات النسيج غير المجوّى، والمجوّى بالنخر، فقد بدت من خلال تحليلي: المسح المجهرى الإلكتروني (SEM)، والمسح المجهرى الإلكتروني بالأشعة المرتدة (BSE) أكثر دقة وتفصيلاً، حيث تجلت من خلالهما وبوضوح آثار الخفر والأخاديد، وما صاحبها من بللورات الملح المتنامية، وبللورات الملح الصخري (الهالايت-halite) التي في طور التحوّر إلى فلقات (cleavages)، وتلك المكتملة التحوّر إلى فلقات مكعبة الشكل، وهى مظاهر تشكّلية ناتجة عن تأثير الرطوبة النسبية، والحرارة من خلال نظاميها: نظام التسخين الحراري (convection heating)، ونظام التسخين الإشعاعي (radiation heating).
اللوحتان (A,B.4)، (A,B.5).



اللوحة (A,B.6): صور بالمسح المجهرى الإلكتروني (SEM) لعينة من نسيج الإفريز في حالتيه:
غير المجوّاة ما قبل تعرّضه للتجوّية بالنخر (A)، والمجوّاة ما بعد تعرّضه للتجوّية بالنخر (B).

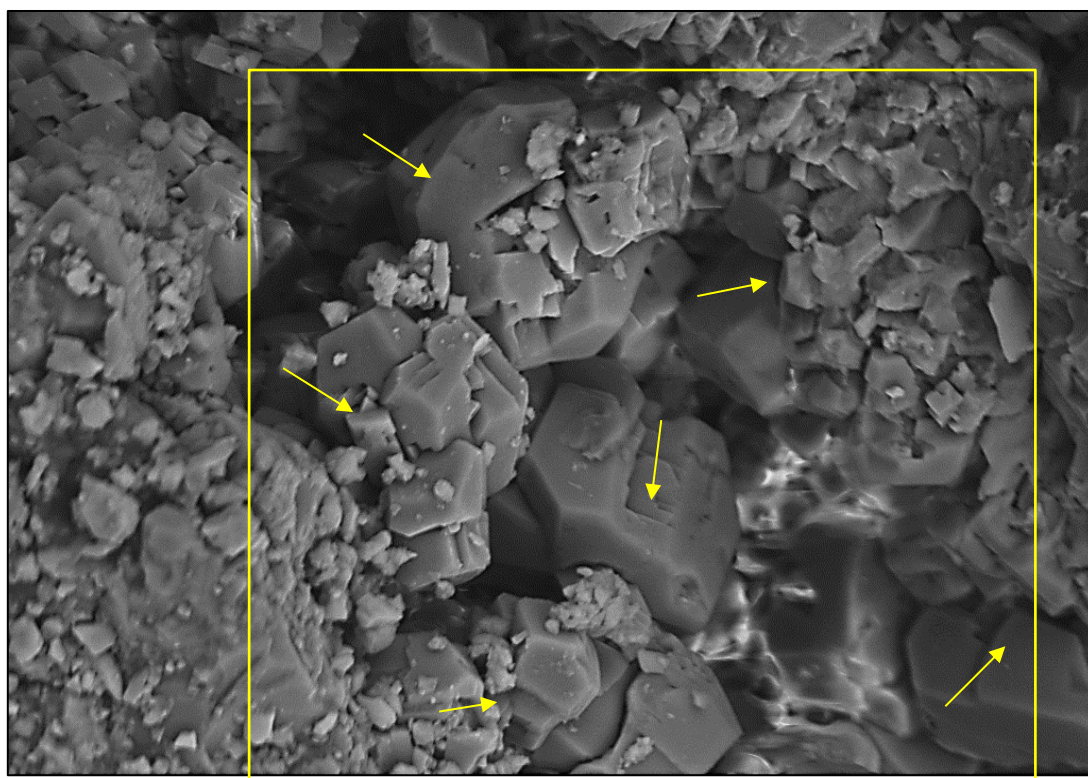


اللوحة (A,B,7): صورة المسح المجهر الإلكتروني بالأشعة المرتردة (BSE) لعينة من نسيج الإفريز في حالته المجوأة من خلال التجوية بالنخر.



اللوحة (A,B,8): صورة المسح المجهر الإلكتروني (SEM) لعينة من نسيج الإفريز في حالته المجوأة بالنخر وتبدو من خلالها آثار الحُفر والأخاديد (A)، وبلورات الملح المتنامية (B)، وبلورات الملح الصخري (الهاليت) التي في طور التحوُّر إلى فلقات (C)، وهي آثار ناتجة عن تأثير الرطوبة النسبية، والحرارة بنظامي: التسخين الحراري، والتسخين الإشعاعي.

من خلال الدراسة العلمية العملية المتعلقة بالتركيب المعدني والكيميائي لعينات منتقاة من النسيج الصخري للإفريز في حالتيه: غير المجوّاة ما قبل تعرّضه للتجوّية بالنخر، والمجوّاة ما بعد ذلك، باستخدام تحليل مطيافية وميض أشعة أكس (XRF)، أظهرت نتيجة التحليل تطابقاً في العناصر الكيميائية المكونة للنسيج ما قبل تعرّضه للتجوّية بالنخر، وما بعدها، وذلك باستثناء عنصرين تجلّياً ضمن تحليل العينات المجوّاة تمثّلاً في: عنصر الرصاص (Lead(Pb)) المرتبط بظاهرة التلوّث الجوي، وعنصري: الخارصين (Zinc(Zn)) والزركونيوم (Zirconium(Zr)) المرتبطان بالتجوّية من خلال التربة الطبيعية وأملاح معادنها. الجدول (A,B.1)



اللوحة (A,B.9): صورة المسح المجهر الإلكتروني بالأشعة المرّتدة (BSE) لعينة من نسيج الإفريز في حالة النخر، وتبدو من خلاله بللورات الملح الصخري (الهاليت) المتحوّرة إلى فلقات مكعبة الشكل وذلك نتيجة تأثير عامل الحرارة بنظام التسخين الإشعاعي.

الجدول (A.1): تحليل مطيافية وميض أشعة أكس (XRF) لعينة نسيج غير مجوّى ما قبل تعرّضه للتجوّية بالنخر

العنصر	(أجزاء في المليون) (ppm)	$\pm 2\sigma$
العنصر	99.54	0.01
حديد (Fe)	0.44	0.06
خارصين (Zn)	26	14
سترونيوم (Sr)	184	24
توريوم (Th)	43.96	20.00

الجدول (B.1): تحليل مطيافية وميض أشعة أكس (XRF) لعينة نسيج مجوى ما بعد تعرضه للتجوية بالنخر

العنصر	(أجزاء في المليون (ppm))	$\pm 2\sigma$
	99.54	0.01
حديد (Fe)	0.26	0.02
خارصين (Zn)	40	13
سترونيوم (Sr)	495	35
توريوم (Th)	44.03	20.00
زركونيوم (Zr)	17	5
رصاص (Pb)	26	8

النتائج والمناقشة

شكل مناخ البيئتين: الصغرى، والكبرى، ظروف ملائمة لنشوء التجوية الملحية وما نتج عنها من حالة تشوه بالنخر في النسيج الصخري للإفريز، فمحلول الأملاح المذابة في مسام الحجر وما تعرضت إليه من حالتي: تبلور، وتبخر، أثناء دورة الترطيب بفعل تأثير عامل الرطوبة النسبية ومظاهرها (الأمطار، بخار الماء، الندوة، الطل)، والجفاف بفعل تأثير عامل الحرارة وتباينها اليومي، والموسمي، من خلال وسيلتي التوصيل الحراري في الطبيعة المتمثلتين في: نظام التسخين الإشعاعي المباشر لسطح الحجر بواسطة أشعة الشمس الذي تجلى تأثيره من خلال تبخر المحلول الملحي المذاب في مسام الحجر، ومظهر النسيج الصخري من خلال المسح المجهرى الإلكتروني (SEM)، ونظام التسخين الحراري للهواء الجوي في البيئة المحيطة، وبالأخص ما يتعلق بتأثير الرياح الموسمية الساخنة المعروفة محلياً بـ(القبلي)، الذي تجلى تأثيره من خلال تبلور الملح الصخري (الهالاييت) الذي بدا مظهره من خلال المسح المجهرى الإلكتروني بالأشعة المرئية (BSD) على هيئة فلقات مكعبة الشكل، قد شكلت طبقات التربة تحت السطحية المشبعة بالأملاح منشأ لها، وذلك من خلال الأملاح المتسربة منها نحو الأعلى باتجاه السطح إما عبر مجاري القنوات القديمة، أو عبر مسام التربة، أو التشققات والصدوع، والمنقلة منها بالتالي إلى مسام الحجر إما عن طريق التبخر، أو عن طريق خاصية الامتصاص الشعرية، وهى عوامل شكلت بتكاتفها سبباً رئيساً لنشوء ظاهرة التجوية الملحية التي تطورت بدورها إلى ظاهرة التجوية بالنخر التي نتج عنها تشوه في المنحوتة الفنية لإفريز صيد النعام.

من خلال ما قد يدور من تساؤل حول مصدر هذه الأملاح التي شكلت عاملاً رئيساً لنشوء التجوية الملحية، تبرز طبيعة العلاقة ما بينها وبين الطبيعة الجيولوجية لمنطقة وادي قرزة موقع اكتشاف الإفريز. بينت نتائج الدراسة المتعلقة بالمسح الأثري للوديان الليبية في منطقة ما قبل الصحراء الليبية فيما بين الأعوام (1979-1989م) مدى غنى تربة نطاقاتها الجغرافية الجافة، وشبه الجافة، بالأملاح منذ عصور جيولوجية قديمة، حيث شكلت أحواض مياه الهضبة الجوفية، ومجاري مياه الوديان ورواسبها حول منطقة بني وليد (Beni Ulid) وما جاورها، عامل رئيس كمصدر للأملاح، في حين شكلت مياه ري المحاصيل الزراعية، وميكانيكية التدفق

الطبيعي والأفقي للمياه باتجاه السطح حيث تتسبب الأملاح بعد تبخر المياه إما على سطح التربة، أو ضمن طبقاتها السطحية، عامل ثانوي كمصدر لها [24]؛ [25]، كما عزت الدراسة تشبع التربة بالملوحة العالية في النطاقات الجافة، وشبه الجافة، إلى غياب مجاري لتصريف المياه الجوفية للطبقة تحت السطحية والتي تتم من خلالها عملية ترشيح المياه الغنية بالأملاح [26]، ولأجل ذلك تتسم ظاهرة الترشيح في تربة الأقاليم الجافة، وشبه الجافة، بالبطء من حيث الفعالية، وذلك بالمقارنة مع تربة الأقاليم الرطبة التي تتسم فيها مثل هذه الظاهرة بالتسارع، وبالتالي تظل التربة في الأولى محتفظة بمحتواها من المواد المذابة، ومعادن الأملاح المعاد ترسيبها من رواسب الصخور الأم المكونة لنطاقات التربة تحت السطحية؛ لتنتقل بعد ذلك باتجاه العلى نحو الطبقات السطحية من خلال عمليتا: التبخر، وخاصة الامتصاص الشعري. [27]

كما أشارت الدراسة المتعلقة بالمشح الأثري للوديان الليبية في منطقة ما قبل الصحراء إلى فعاليات النشاط الزراعي كعامل مساعد على ازدياد ملوحة التربة من خلال استزراع المناطق الجافة قديماً، إضافة إلى حالات مواسم تدهور المنتج الزراعي من الحبوب، والتغير في طبيعة الاستيطان البشري في المنطقة خلال الفترة الاستيطانية الرومانية- الليبية حيث أثرت ملوحة التربة على مزارعي المستوطنة من عدة أوجه، وضمن عدة مواقع جغرافية، وعبر أزمنة متباينة، وقد أسفرت نتائج الدراسة الاستكشافية المحدودة حول روابي التربة الملحية في بطون الوديان المنتشرة حول منطقة بني وليد، وحوض هضبة (قرارة دينار سالم-Grerat D'nar Salem)، عن اكتشاف مجموعة عُقد ملحية صغيرة، وارتفاع في المستويات الموصّلية (conductivity)، الأمر الذي رجّح بالتالي من وجود تجمعات ملحية أسفل سطح التربة الاستيطانية الحديثة حتى الوقت الحاضر. [28]

بالنظر إلى عامل التربة كمصدر رئيس للأملاح، يبرز تساؤل مفاده ما الدليل على كونها كذلك؟

إن ظهور آثار لعنصر الزركونيوم من خلال تحليل مطيافية وميض أشعة أكس ضمن عينات النسيج المجوى من سطح الإفريز بخلاف عينات النسيج غير المجوى بنسبة بلغت (17 جزء في المليون)، جدول (B.1)، دلّ -من وجهة نظر الباحث- على ارتباط هذا العنصر الكيميائي النادر بأملاح المعادن في التربة الطبيعية في موقع مستوطنة قرزة، حيث أدى تبلور الملح الصخري (الهالايت) من جزاء تبخر المحلول الملحي المذاب في مسام الحجر إلى تجزئة الزركونيوم ومن ثم تشكّله على هيئة مكعبات ثمانية الأسطح، وهو ما تجلّى بوضوح من خلال عينات المسح المجهرى الإلكتروني بالأشعة المرتدة، اللوحات (A,B.7)، (A,B.9)، كما دلّت آثار التركيز العالي لعنصر الخارصين (الزنك) ضمن عينة النسيج المجوى بنسبة (40 جزء في المليون) بالمقارنة مع نسبة تركيزه في عينة النسيج غير المجوى البالغة (26 جزء في المليون)، على حدوث نشاط في عمليات التجوية. جدول (A,B.1)

تبرز العلاقة ما بين عنصر الخارصين وظاهرة التجوية الملحية-حسبما يعتقد الباحث- من خلال عامل التربة، وذلك بالاستناد إلى ما تشير إليه الدراسات الجيولوجية من ارتباطه الوثيق بخصوبة التربة المرتكزة بالأساس على زراعة محاصيل الحبوب [29]، وهو ما امتازت به مستوطنة قرزة الزراعية خلال فترة الاستيطان الروماني-الليبي فيما بين القرنين الثالث والسادس الميلادية.

إن طبيعة نسيج الحجر الجيري الطيني الذي تفوق نسبة محتواه من الطين (50%)، قد شكّل بدوره عاملاً مساعداً لنشوء التجوية الملحية وذلك من خلال حساسيته العالية لكافة مصادر الرطوبة، كما شكّلت خشونة النسيج الصخري الخارجي للإفريز من جهة، والآثار الناتجة عن عملية الصقل والتشذيب المتعلقة بتهيأة السطح لتصميم منحوتة صيد النعام التي بدت معالمها على السطح من خلال آثار استخدام إزميل المخلب، من جهة أخرى، عامل مساعد لتركّز الترسبات الحامضية ذات التأثير المتعلق بالأمطار الحامضية، وكذلك الجسيمات المتعلقة بالملوثات الجوية

التي من بينها عنصر الخارصين، وما ينجم عنها من تأثير سلبي تآكلي (corrosive effect)، وهو ما يُفسر من وجهة نظر الباحث-الانتشار الواسع لمختلف مظاهر التجوية الكيميائية في العديد من العناصر الفنية الزخرفية والمعمارية لمباني المستوطنة كالأفاريز، وتيجان الأعمدة، وعقود الواجهات المعمارية، والألواح الفنية الزخرفية والنقائشية، والتماثيل.

وبالحديث عن النسيج الصخري ومدى تأثيره بالملوثات الجوية، فإن ضرر هذه الأخيرة حسبما أشارت إليه الدراسات العلمية عادتاً ما يتجلى وعلى قدر كبير في المواضيع غير المحمية أكثر منه في تلك المحمية منها ضمن البيئات الريفية، والحضرية، والبحرية، والصناعية، وبالأخص تلك الملوثات المتعلقة بمادة الخارصين [30]، وقد بين تحليل مطيافية وميض أشعة أكس لعينة مجوّاة من نسيج الإفريز ظهور آثار لمادة الرصاص بسبة تركيز (26 جزء في المليون) وهو عنصر كيميائي متلازم التواجد مع عنصر الخارصين الذي بدت نسبة تركيزه في عينة النسيج غير المجوّى (26 جزء في المليون)، وفي العينة المجوّاة نسبة (40 جزء في المليون)، ويعتقد الباحث بأن وجود آثار عنصر الرصاص مرده الملوثات الجوية المتعلقة ببيئة العرض في الأروقة الخارجية من مبنى متحف لبدة والمتمثلة في عوادم احتراق الوقود الناتج عن حركة السيارات والآليات الثقيلة على الطريق الحيوي الواقع جنوب مبنى المتحف على بُعد (40 متر) تقريباً، والذي عكس بدوره مدى تأثير مناخ البيئة الحضرية على منحوتة إفريز صيد النعام.

النتائج

1. إن الحجر الجيري الطيني الشديد الحساسية للتجوية الملحية قد شكّل القوام الصخري لإفريز صيد النعام.
2. إن التجوية بالنخر كمقياس تفاقمي للتجوية الصغرى تعد من أبرز مظاهر تطور التجوية الملحية التي أدت إلى تشوّه منحوتة إفريز صيد النعام.
3. إن التربة كعامل ضمن مناخ البيئة الصغرى، قد شكلت مصدراً رئيساً للأملاح التي أدت إلى نشوء التجوية الملحية.
4. إن التجوية الملحية كظاهرة كيميائية، قد ارتبطت بالطبيعة الجيولوجية لموقع مستوطنة وادي قرزة في منطقة ما قبل الصحراء الليبية.
5. إن التجوية بالنخر ظاهرة كيميائية شائعة في العديد من العناصر الفنية الزخرفية والمعمارية لمباني مستوطنة قرزة الرومانية-الليبية.
6. إن عاملي: الرطوبة النسبية، والحرارة بنظامي توصيلها: الإشعاعي، والحراري، قد شكلا سبباً رئيساً لتبلور الأملاح المسببة للتجوية الملحية.
7. إن الأملاح قد شكلت انعكاساً لمدى تأثير مناخ البيئتين: الكبرى، والصغرى، على منحوتة صيد النعام ضمن النطاق الريفي في منطقة ما قبل الصحراء، في حين عكست ترسبات الرصاص كمظهر للملوثات الجوية مدى تأثير مناخ البيئة الكبرى ضمن النطاق الحضري في منطقة الشريط الساحلي، الليبية.
8. إن طبيعة النسيج الصخري الخارجي لإفريز منحوتة صيد النعام، قد شكّل عاملاً مساعداً لتفاقم التجوية بالنخر، وترسب بعض عناصر الملوثات الجوية.

التوصيات

يوصي الباحث من خلال هذه الدراسة بوجوب تبني الدراسات والأبحاث للتقنيات العلمية الحديثة في مجال علم الآثار التي من شأنها أن تتيح فهم أعمق، وأشمل لطبيعة المواد الإنشائية المتعلقة بالموروث الثقافي والحضاري، وبالتالي إيجاد الحلول العلمية، والمعالجات التطبيقية الملائمة ضمن مجال علم الصيانة والترميم، وذلك بما يكفل الحفاظ على كيان هذا الموروث وديمومته.

شكر

شكر خاص لكل من: أ. فوزية الأحمر، من قسم المجهر الماسح الإلكتروني بمركز بحوث النفط الليبي، أ. ماجد عبد الله أبو خطوة، من كلية الآثار والسياحة بجامعة المرقب-الخمس، أ. جابر معتوق، وأ. خيرى عبد السلام بن رابحة، و أ. أبو بكر الجطلاوي، من مراقبة آثار لبدة الكبرى، د. محمود محمد أمين، من قسم اللغة العربية بكلية الآداب بجامعة المرقب-الخمس.

المراجع

- [1]Olwen Brogan and D.J.Smith (1984) , **GHIRZA-A Libyan Settlement In The Roman Period**, Libyan Antiquities Series-1, Published By The Department Of Antiquities-Tripoli, Printed by Publicomes S.R.L., Roma-Italy, P.34
- [2]D.J. Mattingly (1995), Tripolitania, B.T.Batsford Limited- London, Printed by The Bath Press, First Published, Bath, PP.198, 200
- [3]Isabella Sjostrom (1993), **Tripolitania in Transition: Late Roman to Islamic Settlement**, Worldwide Archaeology Series Vol.4, Athenaeum Press Ltd, Newcastle upon Tyne, Printed in Great Britain, PP.18, 205
- [4]Olwen Brogan and D.J.Smith (1984), PP.11, 234-242, 258, 260
- [5]Paul MacKendrick (1980),**The North Africa Stones Speak**, Croom Helm Ltd-London, The University of North Carolina Press, Printed in the United States of America, P.175
- [6]Isabella Sjostrom (1993), P.205
- [7]D.j.Smith(1985),**GHIRZA-Town and Country in Roman Tripolitania**, Edited by D.J.asional Buck and D.J.Mattingly, Society for Libyan studies Occasional Papers II, BAR International Series 274, Printed in Great Britain, P.234
- [8]Olwen Brogan and D.J.Smith (1984), P.11
- [9]D.j.Smith(1985), P.234
- [10]Kamh G.M.E(2011), **Salt Weathering Bio-deterioration and Rate of Weathering of Dimensional sandstone in Ancient Buildings of Aachen City**, Germany, International Journal of Water Resources and Environmental Engineering, Vol.3(5), Achademic Journal,www.academicjournals.org, P.82
- [11]Bernard M.Feilden (2003), **Conservation of Historic Buildings**, Third edition, Oxford. United Kingdom, P.93
- [12]Kamh G.M.E (2011), PP.87, 88

[13]Eric **Doehne** and Clifford A.**Price**(2010), **Stone Conservation-An Overview of Current Research**, The Getty conservation Institute Los Angeles, Second Edition, Printed in Canada, P.15

[14]E.**Rothert**, T.**Eggers**, J.**Cassar**, J.**Ruedrich**, B.**Fitzner** and S.**Siegesmund**(2007), **Stone Properties and Weathering Induced by Salt Crystallization of Maltese Globigerine Limestone**, Bulding stone decay: from Diagnosis to Conservation, Geological Society, London, Special Publicatins,271, P.190

[15] E.**Rothert**, T.**Eggers**, J.**Cassar**, J.**Ruedrich**, B.**Fitzner** and S.**Siegesmund**(2007), P.191

[16]M.A **El-Gohary** (2010), **Investigations on Limestone Weathering of El-Tuba Minaret El Mehalla,Egypt: A Case Study**, Mediterranean Archaeology and Archaeometry MAA, Vol.10,No.1,Printed in Greece, P.61

[17]Carlos Rodriguez-Navaro, Eric **Doehne** and Eduardo **Sebastian** (1999), **Origins of Honeycomb weadring:The role of salts and wind**, Geological Society of America Bulletin.GSA Bulletin, Vol.III,No.8, P.1250

[18]M.A **El-Gohary** (2010), P.62

[19]E.**Rothert**, T.**Eggers**, J.**Cassar**, J.**Ruedrich**, B.**Fitzner** and S.**Siegesmund** (2007), P.190

[20]Olwen **Brogan** and D.J.**Smith** (1984), PP.160-161, 221

[21]Olwen **Brogan** and D.J.**Smith** (1984), P.160

[22]Timo G.**Nijland** and Rob P.J. **Van Hees**(2009), **Salt Decay of Morley Limestone**, HERON.Vol.54, No.4, Research Gate, PP.279, 282

[23]عدنان أحمد سعد الله و علي جواد علي(1987)، الصخور الرسوبية، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي-جامعة بغداد، دار الكتب والوثائق ببغداد، مطابع التعليم العالي، بغداد، ص 187

[24]Graeme **Barker**, David **Gilbertson**, Barri **Jones** and David **Mattingly**(1996), **Farming The Desert-The UNESCO Libyan Valley Archaeological Survey**, Volume One: Synthesis-Edited by Graeme Barker, UNESCO Publishing-Department of Antiquities(Tripoli)-Society for Libyan Studies, Printed in the United Kingdom by Whitstable Litho, London, P.302

[25] عدنان أحمد سعد الله و علي جواد علي(1987)، ص187

[26]Graeme **Barker**, David **Gilbertson**, Barri **Jones** and David **Mattingly** (1996), P.302

[27]Iras S.**Alison** and Donald F.**Palmer**(1980),**Geology-The Science Of A Changing Earth**, McGrow-Hill Book Company, Seventh Edition, Printed in the United States of America, P.194

[28]Graeme **Barker**, David **Gilbertson**, Barri **Jones** and David **Mattingly** (1996), PP.303, 304

[29] Iras S.**Alison** and Donald F.**Palmer** (1980), P.193

[30]John **Watt**, Johan **Tidblad**, Vladimir **Kucera** and Ron **Hamilton** (2009), **The Effect of Air Pollution on Cultural Heritage**, Springer Science + Business Media, LLC, P.59