

**تحليل ونمذجة الضوابط الجيومورفولوجية لعمليات
التجوية وتأثيرها على المواقع الأثرية بمركز يوسف
الصديق – محافظة الفيوم: دراسة في الجيومورفولوجيا
التطبيقية باستخدام تقنيات الجيوماتكس "**

الباحث

أحمد أحمد جابر عبدالمقصود

باحث دكتوراة بقسم الجغرافيا - كلية الآداب - جامعة طنطا

أخصائي بمركز بحوث وإستشارات التنمية جامعة الفيوم

DOI: 10.21608/qarts.2021.93937.1218

مجلة كلية الآداب بقنا (دورية أكاديمية علمية محكمة)

مجلة كلية الآداب بقنا - جامعة جنوب الوادي - العدد ٥٤ (الجزء الأول) يناير ٢٠٢٢

ISSN (Print): 1110-614X الترقيم الدولي الموحد للنسخة المطبوعة

ISSN (Online): 1110-709X الترقيم الدولي الموحد للنسخة الإلكترونية

<https://qarts.journals.ekb.eg> موقع المجلة الإلكتروني:

تحليل ونمذجة الضوابط الجيومورفولوجية لعمليات التجوية وتأثيرها على
المواقع الأثرية بمركز يوسف الصديق - محافظة الفيوم: دراسة في
الجيومورفولوجيا التطبيقية باستخدام تقنيات الجيوماتكس

إعداد

الباحث / أحمد أحمد جابر عبدالمقصود

باحث بقسم الجغرافيا

كلية الآداب - جامعة طنطا

أخصائي بمركز بحوث وإستشارات التنمية جامعة الفيوم

ahmedahmed.gaber@yahoo.com

الملخص باللغة العربية:

يحتوي مركز يوسف الصديق على سبعة مواقع أثرية تنتمي تاريخياً للعصرين؛ البطلمي والروماني بإجمالي ٢١.٨٧٪ من جملة المواقع الأثرية بمنطقة الفيوم، وموزعة بنمط مشتت على تلك الهوامش الغربية لمنطقة الدراسة، والتي ارتكزت آثار؛ قليون، الحامولي، قصر البنات، بطن إهريت، قصر قارون، وطفة، وآثار قوتة. هذا وقد تضافرت الضوابط الجيومورفولوجية كالخصائص المناخية والجيولوجية وسمات السطح، بجانب خصائص مواد البناء المتمثلة في التركيب المعدني والبتروجرافي بالإضافة للسمات البتروفيزيائية والميكانيكية؛ في انتشار صور التجوية ومعدلاتها السنوية بآثار بمركز يوسف الصديق. وتهدف الدراسة إلى التحليل المكاني للضوابط الجيومورفولوجية المؤثرة في التوزيع المكاني للآثار ومدى انتشار التجوية مكانياً ومقدار تباين شدتها من موقع لآخر، مع تحليل مؤشر ومعدلات التجوية، هذا بالإضافة للنمذجة المكانية لنطاقات انتشار وتوزيع أنواع التجوية ومساحاتها وحصر المواقع الأثرية بكل نوع، مع

حصر وتصنيف لمجموعات التجوية وصورها بالمواقع الأثرية. وتوصلت الدراسة إلى انتشار المواقع الأثرية بكل مشتت على هوامش مركز يوسف الصديق مع تباين خصائص صخورها ما بين سيادة الكوارتز ببعض المواقع والكالسيت ببعضها الآخر مما عمل على تباين عمليات التجوية والأشكال الناتجة عنها وهو ما أوضحه مؤشر التجوية ونطاقات نمذجة أنواع التجوية وتوزيعها المكاني مع تباين معدلاتها بالمواقع الأثرية. وأوصت الدراسة بضرورة ترميم المواقع الأثرية بشكل ملح بمواقع آثار قصر البنات وبطن إهرية وقوتة، والترميم الجزئي لآثار قصر قارون، مع بناء سور حول منطقة وطفة لحمايتها أثرياً.

الكلمات المفتاحية: التحليل المكاني، النمذجة المكانية، مؤشر التجوية، معدل التجوية.

المقدمة:

تمثل منطقة الدراسة الواقعة بالنطاق الغربي من منخفض الفيوم جزءاً منه يعكس طبيعة المنخفض الذي يعكس من الناحية الجيومورفولوجية نفس سمات خصائص جيومورفولوجية سطح مصر؛ حيث أكسب اتصال نهر النيل بمنخفض الفيوم تلك التربة الطميية الخصبة التي كانت بجانب موارد المياه أحد مظاهر جلب استقرار الحضارات بالمنخفض مما طبع عليه تلك السمات التراثية، ليضم حوالي ٣٢ موقعاً أثرياً تتنوع فيما بينها ما بين فرعونية، يونانية ورومانية هذا بجانب الحضارات القبطية والإسلامية بمعالمها التراثية الباقية بمنطقة الفيوم.

هذا وقد تعرضت المواقع الأثرية خلال تلك الفترات الزمنية للعديد من الأخطار الناجمة عن عمليات التجوية والتي عملت على تدهور مادة الأثر مما يؤدي لتغير معالمها الظاهرية وتكوينها المعدني، وهذا مرده العديد من الخصائص الطبيعية بمحيط تلك المواقع الأثرية؛ والمتمثلة في الطبيعة الجيولوجية والخصائص المناخية والسطحية، هذا بجانب الدور الهدمي للإنسان كعامل جيومورفولوجي، لتتضافر هذه العوامل جميعها في نشاط عمليات التجوية وصورها وتوزيعها وقوتها في التأثير على صخور المواقع الأثرية، ونتيجة لذلك استوجب على الباحث دراسة خصائص منطقة الدراسة ووضع إطار تحليلي لرصد وتحليل أخطار التجوية المؤثرة على المواقع الأثرية كارتوجرافياً وتصنيف درجات الخطورة بالمواقع الأثرية.

منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة بمركز يوسف الصديق بالجزء الغربي لمحافظة الفيوم، والممتد بين دائرتي عرض ٢٦،٤٧" ١٤' ٢٩°، ٣٢،٤" ٢٨' ٢٩° شمالاً، وبين خطي طول ١٦،٢٨" ١٩' ٣٠°، ٥٢،١٤" ٤٠' ٣٠° شرقاً، ويحد منطقة الدراسة من الشمال

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة للآتي:

- ١- دراسة سمات التوزيع المكاني للمواقع الأثرية بالاعتماد على تقنيات الجيوماتيكنس.
- ٢- إنشاء قاعدة بيانات جغرافية للمواقع الأثرية تعتمد على حصر هذه المواقع والأخطار الناجمة عن التجوية على آثار منطقة الدراسة.
- ٣- التحليل المكاني للخصائص السطحية والمناخية كأحد الجيومورفولوجية لعمليات التجوية.
- ٤- تحديد خصائص صخور المواقع الأثرية وسماتها المعدنية للتعرف على مقدار تفاعلها مع عمليات التجوية بصورها المختلفة.
- ٥- نمذجة نطاقات أنواع التجوية وتوزيعها المكاني، مع حساب مؤشر ومعدلات التجوية بالآثار، مع حصر مجموعات وصور التجوية السائدة وتوزيعها مكانياً.

أهمية الدراسة:

تتوزع منطقة الدراسة بالمواقع الأثرية التي ترجع لفترتي الحكم اليوناني والروماني والتي تتسم بالقيمة التاريخية والحضارية لما تعكسه لتلك الحضارات التي تعاقبت على منطقة الدراسة، ووفقاً للعمر الزمني لهذه المواقع الأثرية فقد تعددت عوامل تعرضها لعمليات التجوية منها؛ التباين الحراري مع ارتفاع قيمة المدي الحراري اليومي والسنوي هذا بجانب الخصائص الجيولوجية للصخور القائمة عليها هذه المواقع الأثرية بالإضافة لخصائص مادة بناء الأثر معدنياً مما قد يوفر بيئة مناسبة لتركز نشاط عمليات التجوية على مناطق الضعف الجيولوجي بصخورها، هذا بجانب ارتفاع المحتوى المائي بطبقات سطح الأرض كنتيجة لعمليات الري الدائم والتصريف الداخلي للمنخفض مما يعمل على تضافر هذه العوامل ونشاط عمليات التجوية المختلفة وضياع وتلف المواقع الأثرية، ووفقاً لأهميتها الثقافية والحضارية فقد لزم دراسة أخطار

التجوية ومسبباتها وحصرها كمياً من حيث رصد معدلاتها وتصنيفها مكانياً بالاعتماد على الدراسات الميدانية والتحليلات المعملية بجانب تطويع تقنيات الجيوماتيكس في التحليل المكاني ونمذجة نطاقات تواجد وانتشار أنواع التجوية وحصر مجموعاتها.

مشكلة الدراسة:

تمثلت مشكلة الدراسة في الانتشار المشتت للمواقع الأثرية وبعدها المكاني عن بعضها الآخر، وارتفاع تكاليف التحليلات والقياسات المعملية الخاصة بعينات المواقع الأثرية، بجانب تأخر موافقة اللجنة الدائمة للأثار والتي تتعلق بإجراء ودراسة المواقع الأثرية.

فرضية الدراسة:

تفترض الدراسة للوصول للنتائج الآتية:

- ١- التباين المناخي بمنطقة الدراسة واختلاف معدلات تأثيره على المواقع الأثرية وفقاً لنوع الصخور السائدة ليلعب أعلى تأثيره بشكل واضح بآثار قصر قارون وقلبون والحامولي.
- ٢- سيادة معادن الكالسيت وطفة وقصر قارون، مع تركيز لسيادة الكوارتز بآثار قوتة قصر البنات وبطن إهريت، ليعطي ذلك دلالة على نوع التجوية السائدة.
- ٣- انتشار التجوية الميكانيكية بنطاق آثار قصر قارون ووظفة مع تركيز للتجوية الميكانيكية بآثار الحامولي وقلبون، مع ارتفاع مؤشر التجوية بالنطاق الأوسط والغربي، هذا بجانب ارتفاع معدلاتها تبين بقصر قارون، وبآثار قوتة وقصر البنات.

منهجية الدراسة ومصادرها:

تمثلت منهجية الدراسة في تطبيق المنهج التاريخي والمنهج التطبيقي هذا بجانب الأسلوب التحليلي والكارتوجرافي والمعملي؛ وذلك لخصر السمات الخاصة بسطح منطقة الدراسة وأقسامها الجيومورفولوجية، هذا بجانب التحقق من مقدار تأثير التجوية على صخور المواقع الأثرية ميدانياً وإمكانية التنبؤ بمعدلات انتشارها والتلف الناجم عنها من خلال مؤشر التجوية ومعدلاتها السنوية هذا مع التعرف على خصائصها المعدنية والبتروجرافية وسماتها البتروفيزيائية والميكانيكية من خلال التحليلات والقياسات المعملية للعينات التي تم الحصول عليها من مواضع التلف بالمواقع الأثرية، ليقودنا للتنبؤ بأكثر المواقع تضرراً ونوع التجوية السائدة به، وبجانب ما سبق فقد تم الاعتماد على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية في تحليل نماذج السطح الرقمية لمنطقة الدراسة وإتمام عمليات التحليل المكاني الخاصة بها ونمذجتها وتوزيع أنماطها مكانياً.

أولاً- تحليل خصائص التوزيع المكاني للمواقع الأثرية بمنطقة الدراسة:

يتضح من جدول (1) توزيع المواقع الأثرية جغرافياً وتصنيفها التاريخي؛ حيث بلغ عدد المواقع الأثرية سبعة مواقع تنتمي منها ستة مواقع للعصر البطلمي واليوناني وهي مواقع؛ قليون، بطن إهريت، قصر البنات، وطفة، قصر قارون، قوتة؛ بنسبة مئوية حوالي ١٨.٧٥٪ من إجمالي عدد المواقع الأثرية، بينما الموقع الآخر وهو موقع الحامولي فمر بثلاث فترات تاريخية وهي البطلمية والرومانية والقبطية.

جدول (١): التصنيف التاريخي للمواقع الأثرية بمركز يوسف الصديق.

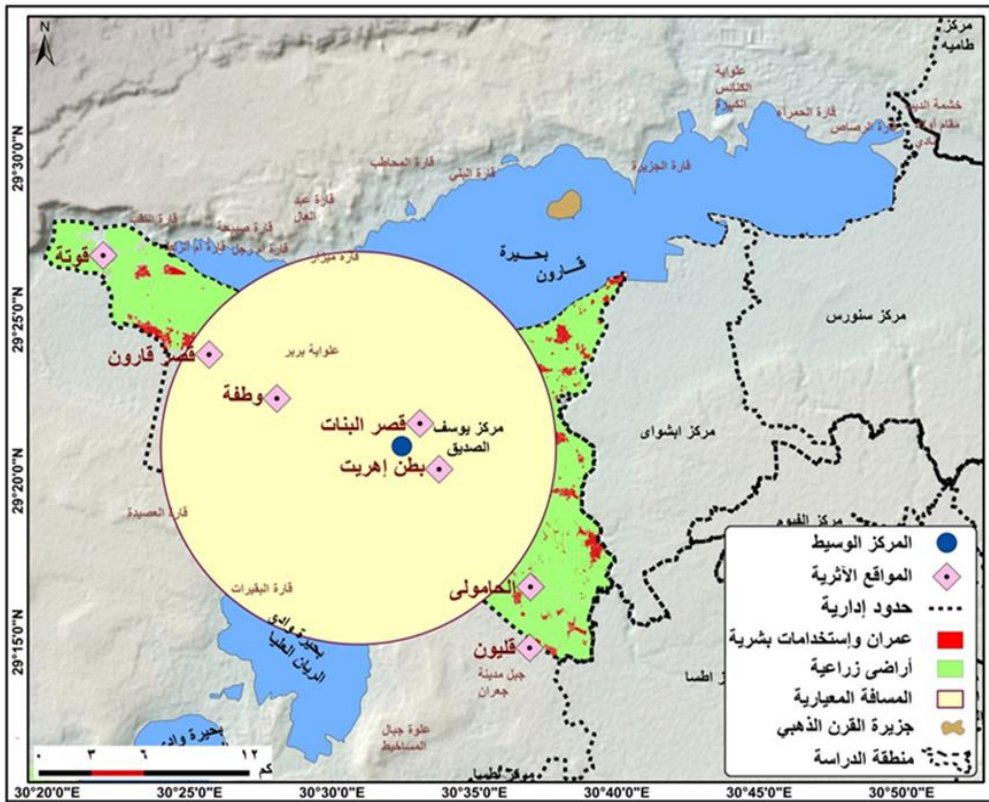
النسبة المئوية %	العدد	الإحداثيات الجغرافية		المواقع الأثرية	الفترة التاريخية	منطقة الدراسة	
		ش	ق				
١٨.٧٥	٦	٢٩.٢٤٢٣٣٩	٣٠.٦٢٥٢٢	قليون	بطلمي، روماني	يوسف الصديق	
		٢٩.٣٤٢٢٨٣	٣٠.٥٥٥٣٤	بطن إهرت			
		٢٩.٣٦٧٤٣٢	٣٠.٥٤٧١١	قصر البنات			
		٢٩.٣٧٦٢٢٤	٣٠.٤٥٥٨٨	وظفة			
		٢٩.٣٩٦٧٩١	٣٠.٤٠٨٤٩	قصر قارون			
		٢٩.٤٥٠٧١٥	٣٠.٣٥٩١٣	قوتة			
٣.١٣	١	٢٩.٢٨٤١٤٨	٣٠.٦١٣٩	الحامولى	بطلمي، روماني، قبلي		
٢١.٨٧	٧	الإجمالي					

المصدر/ أطلس المجلس الأعلى للآثار، مشروع نظام المعلومات الجغرافية للآثار، ١٩٩٤.

يتضح من الشكل (٢) أن المركز الوسيط للمواقع الأثرية ذلك الموقع الذي يتوسط غرب موقعي قصر البنات وبطن إهرت، لتمثل أقرب المواقع الأثرية لبعضها، ويليهما موقعي وظفة ثم قصر قارون، ويعتبر تحليل المسافة المعيارية Standard Distance المقابل لمؤشر الانحراف المعياري المستخدم في تحليل البيانات الإحصائية، وهي من أهم مقاييس التشتت المكاني المستخدمة في قياس مدى انتشار الظاهرة بالنسبة لمركزها (العاني، ٢٠١١، ص١٥٧)، وبحساب المسافة المعيارية وتحليل نتائجها يتضح بأن حوالى أربعة مواقع من إجمالي المواقع الأثرية بمنطقة الدراسة يقع داخل حدود الدائرة وهو ما يمثل نسبة حوالى ٥٧.١٤٪، ليدل على نمط انتشار مشتت للمواقع الأثرية.

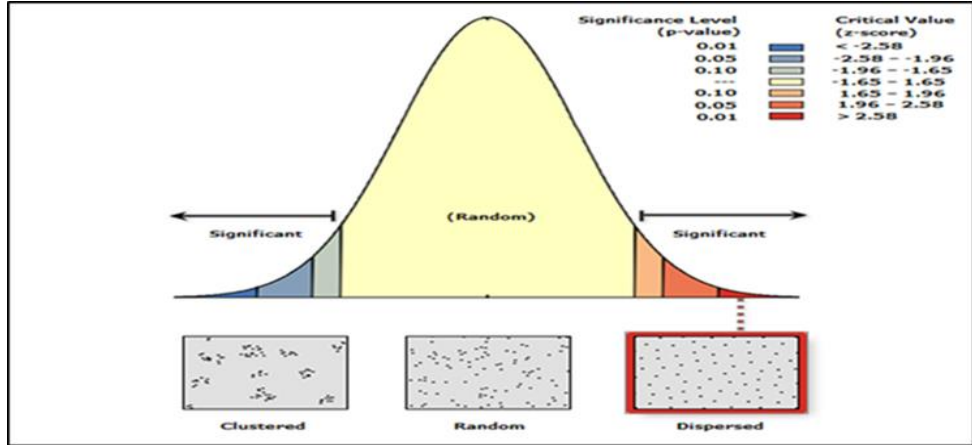
ولتأكيد مدي تشتت توزيع المواقع الأثرية تم الاعتماد على مؤشر معامل صلة

الجوار للمواقع الأثرية Average Nearest Neighbor لقياس مدى تشتت مواقع النقاط حول بعضها وتحديد نمط الانتشار (العاني، ٢٠١١، ص١٥٨)، وفيه يتم الأخذ في الحسبان تلك المسافة الفاصلة بين كل نقطة وأقرب جار لها وتجميع البيانات ذات الجار الأقرب (Dadson, 2017, p.162)، ولتتراوح قيم هذا بمنطقة الدراسة حوالي (١.٧) ليميل التوزيع للتوزيع العشوائي المشتت مع تركزها بشكل شريطي يحف أطراف منطقة الدراسة كما بالشكل (٣).

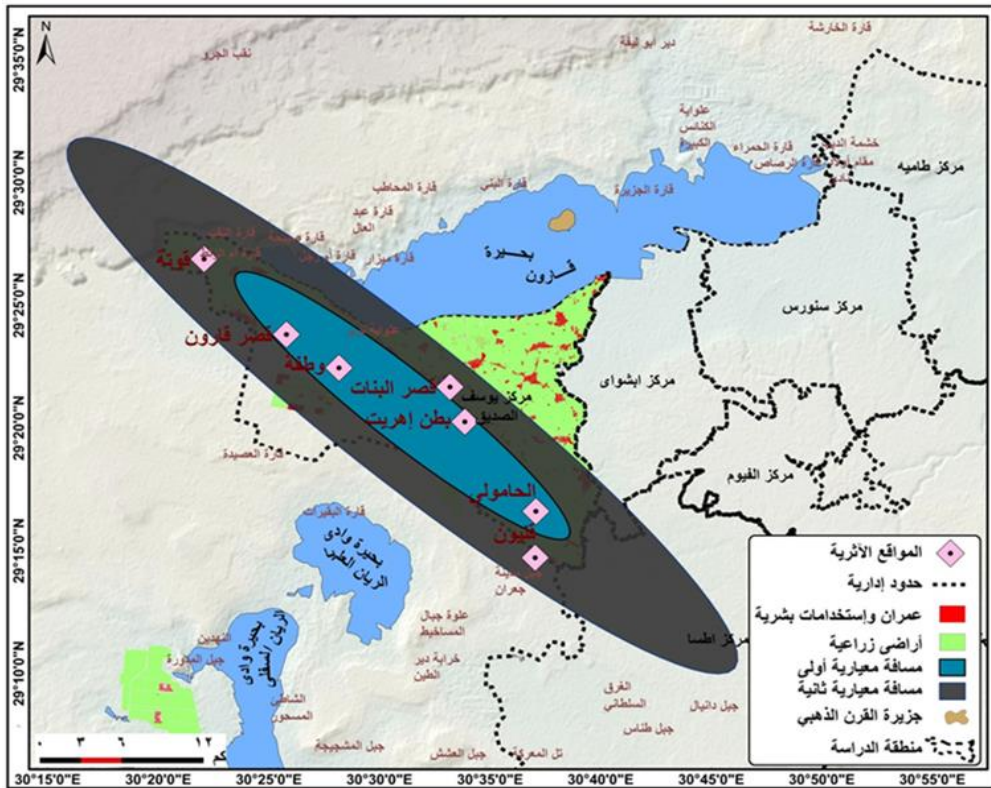


شكل (٢): المركز الوسيط والمسافة المعيارية للمواقع الأثرية بمنطقة الدراسة.

المصدر/ من عمل الباحث بالاعتماد على معامل Standard Distance داخل ArcGis10.5.



شكل (٣): مؤشر معامل صلة الجار الأقرب لنمط توزيع المواقع الأثرية.
المصدر/ التحليل الإحصائي المكاني لتوزيع المواقع الأثرية داخل بيئة ArcGIS 10.5.



شكل (٤): الاتجاه التوزيعي للمواقع الأثرية بمنطقة الدراسة.

المصدر/ من عمل الباحث بالاعتماد على معامل Standard Distance داخل ArcGIS10.5.

أما عن الاتجاه العام للمواقع الأثرية Directional Distribution؛ فيسود توزيعها الاتجاه شمالي غربي - جنوبي شرقي بزاوية ميول 129.03 درجة؛ حيث تركز معظم المواقع الأثرية بغرب بمنطقة الدراسة ليشير إلى أن تلك المواضع المكانية مثلت بيئات مناسبة لاختيارها كمواضع لإقامة المجتمعات الحضارية آنذاك، ويقع حوالي 57.14% من المواقع الأثرية بالقطع الأول بينما يقع حوالي 42.85% ضمن القطع الناقص المضاعف كما بالشكل (٤).

ثانياً- تحليل المحددات السطحية للتوزيع المكاني للمواقع الأثرية:

تتمثل المحددات السطحية في خصائص السطح بلامحه الجيومورفولوجية وتلك الخصائص الجيولوجية التي تميز سطح منطقة الدراسة والتي انعكست على مادة بناء الأثر وتصميم المواقع الأثر واختيار موضعه الذي يعكس بدوره مستعمرات عمرانية حضارية استقرت بتلك المواضع، وفيما يلي تناول بعض تلك المحددات المتحكمة في قيام وتوزيع المواقع الأثرية بمركز يوسف الصديق.

١- الخصائص الجيولوجية:

تعتبر الخصائص الجيولوجية من الأمور الهامة للوقوف على طبيعة صخور المنطقة وتركيبها الليثولوجي السائد بتلك البيئات القائمة عليها المواقع الأثرية لكونها أحد المصادر التي مارست عليها الحضارات أنشطتها وإقامة تراثها وبالتالي أصبحت محدداً هاماً في اختيار مادة البناء من تلك الصخور المحلية أو جلبها من مناطق آخري لإتمام عمليات الإنشاء السليمة والمقاومة لعمليات التلف السريعة.

ويتضح من الجدول (٢) والشكل (٥) التكوينات الجيولوجية السائدة بمنطقة الدراسة والمنتمية للزمنين الثالث والرابع، وفيما تناول لهذه التكوينات:

١.١.١. تكوين الرافيين:

أطلق مصطلح تكوين الرافيين لوصف الوحدة الجيولوجية المتكونة من المارل

المحتوى على الحفريات البحرية والذي يتبعه طبقة من الحجر الجيري النيوميلى بالجزء العلوى والتي تكونت وتطورت بشكل جيد بالأجزاء الجنوبية من منطقة الفيوم (Kusky, et al,2011,p.84)، كما بالشكل (٥)، وينتشر بالاتجاه الغربي ويشمل هذا التكوين الصخور الرملية الطينية التي رسبت آنذاك بالمياه الضحلة، إضافة للصخور الطينية الجيرية ذات اللون الرمادي الغامق المتداخلة مع تكوينات الجبس (Mourad, 2017, p.17)، ويصل سمك تكوين الرافيين كأقصى ارتفاع بحوالي ٤٠مترًا، وتصل مساحته حوالي ٨٨.٢ كم^٢، وبنسبة ٢٥.٣٪ من إجمالي مساحة التكوينات الجيولوجية، وتشغل هذا التكوين آثار وطفة، قصر قارون وقلين.

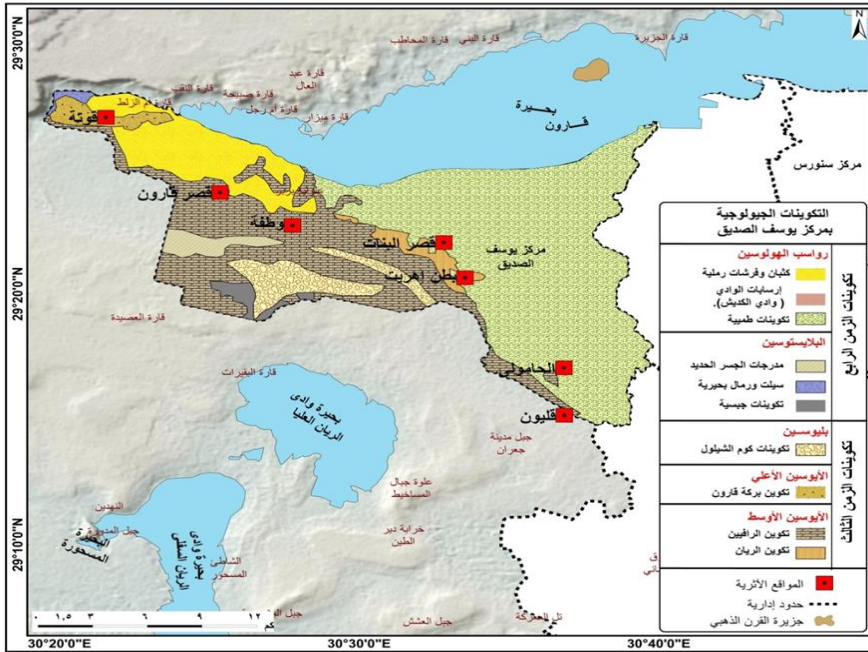
جدول (٢): التكوينات الجيولوجية ومساحتها بمنطقة الدراسة

النسبة % مساحة المركز	المساحة/ كم ^٢	التكوين الجيولوجي	العصر	الزمن
١١.٤٢	٣٩.٨٣٤٣	كثبان وفرشات رملية	رواسب الهولوسين	الزمن الرابع
٠.٠٠	٠.٠٠٢٧	إرسابات الوادي (وادي الكديش)		
٤٩.٨٩	١٧٤.٠٧٦٦	تكوينات طميية		
٢.٠٩	٧.٢٩٦٢	تكوين الجسر الحديد	البلايستوسين	
٠.٤٠	١.٣٧٨٦	سيلت ورمال بحيرية		
١.٢٨	٤.٤٥٤٦	تكوينات جبسية		
٥.٥١	١٩.٢٢٨٦	تكوينات كوم الشيلول	البليوسين	الزمن الثالث
٢.٠٩	٧.٢٩٤٢	تكوين بركة قارون	الأيوسين الأعلى	
٢٥.٢٨	٨٨.١٨٧٧	تكوين الرافيين	الأيوسين الأوسط	
٢.٠٥	٧.١٥١٨	تكوين الريان		
١٠٠.٠٠	٣٤٨.٩٠٥٢	المجموع		

المصدر/ من إعداد الباحث بالاعتماد على خريطة الهيئة المصرية العامة للبترول (كونكو كورال)، مقياس ١/٥٠٠٠٠٠٠، لمنطقة بنى سويف NH36SW، 1987.

١.١.٢. تكوين بركة قارون Birket Qarun Formation:

ينتمي هذا التكوين للأيوسين الأعلى ويشغل مساحة تقدر بحوالي ٧.٣ كم^٢ بنسبة ٢.١ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتتسم هذه الصخور بتألفها من الرمال الطينية والرملية ذات اللون الأصفر الباهت والغنية بالجبس الذي يملئ الشقوق إضافة إلى للجبس الصفائحي رقيق السمك والطين المتداخل مع الحجر الرملي الأبيض (Abd El ghany, 2009, p.26)، مع غناها بالحفريات مع سمك يبلغ حوالي ٥٠ متراً وبحوالي ٨٠ متراً، وليتولوجياً يمتد هذا التكوين بشكل خطى لمسافة ٦٠ كم وبعرض ٥ كم، وبسمك يصل ٦ متر في قارة جهنم (Mourad, 2017, p.16)، ويقع بهذا التكوين الغني بالحفريات آثار منطقة قوته؛ مما يسهل عملية تجويته وبالتالي تأثر آثار قوته وخاصة إذ ما كانت المباني الأثرية مستمدة في بنائها من تلك الصخور الواقعة عليها.



شكل (٥): التكوينات الجيولوجية بمنطقة الفيوم الأثرية.

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على خريطة الهيئة المصرية العامة للبتترول (كونكو كورال)، مقياس ١/٥٠٠٠٠٠، لمنطقة بنى سويف 1987٠NH36SW / Timothy M Kusky, et al, 2011.

١.١.٣. تكوين كوم الشيلول **Kom El Shelul Formation**:

ينتمي هذا التكوين لعصر البليوسين الذي يعلو تكوينات الأيوسين الأعلى والمنتشرة بهيئة مساحات مغلقة داخل تكوين الرافيين بغرب منطقة الدراسة بمساحة حوالي ١٩.٢٣ كم^٢ ونسبة ٥.٥١٪ من مساحة الكلية لمركز يوسف الصديق، وتتسم هذا التكوين ذو السمك البالغ ٣٠ متراً من الحجر الرملي البحري والجيري الغني بالحفريات.

١.٢. رواسب الزمن الرابع:

١.٢.١. تكوينات جبسية: **Gypsum Formation**:

تمتد هذه التكوينات التابعة لفترة البلايستوسين بشكل رئيس بالنطاق الغربي بمحاذاة تكوين كوم الشيلول، لتنتشر بهيئة فرشاة أشبه بالطبقات غير المتوافقة، حيث تعلو الصخور الأيوسينية وهو ما يشير إلى وجود أنهار بفترة البلايستوسين (Kusky, et al, 2017, p.86)، لتعلو تلك التكوينات الجبسية تكوين الرافيين (تكوين جهنم)، وليثولوجياً تتألف من الطين الصفحي والجبسي والمارل والحجر الجيري والرملي التي يرجع تكوينها لفترة البلايستوسين المتأخر داخل بيئات بحيرية معزولة عن البحر الرئيس آنذاك والتي كشفت فيما بعد بسبب تعرض تلك النطاقات لحركات رفع أو تبخر لتلك التجمعات المائية وانحسار منسوبها (Mourad, 2017, p.13)، ليشغل هذا التكوين مساحة حوالي ٤.٤٥ كم^٢ ونسبة ١.٢٨٪ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، مع خلو هذا التكوين من وجود أي مواقع أثرية.

١.٢.٢. رواسب السيلت والرمال البحرية:

تتألف تلك الرواسب البلايستوسينية من الرمال الناعمة والطيني، وتنتشر بغرب وشمال غرب بحيرة قارون، وتشغل هذه التكوينات مساحة ١.٤ كم^٢ ونسبة ٠.٤٠٪ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتتسم بأنها رواسب فتاتية تتكون من حبيبات ومواد أرضية صغيرة الحجم قد تحملها المجاري المائية، وغالباً ما يكون هذا التكوين ممتزجاً

بتكوينات أخرى من الطفلة والطمى الصلصالي في كثير من الأحيان مما قد يجعلها في حالة مصمتة غالباً (مشرف، ٢٠١٣، ص ١٧٩٣)، ويخلو هذه التكوين من تواجد لأية مواقع أثرية.

١.٢.٣. تكوين الجسر الحديد: **Giser El Hadid Terraces Formation**

تتسم هذه التكوينات البلايستوسينية من الحصى المشكل لمجموعة من المدرجات الموجودة على طول الجانب الغربي لمنطقة الدراسة، وخاصة غرب قرية قوتة مشكلة شريطاً ضيقاً مؤلف من الحصى والصوان والحجر الرملي وفتات الصخور الجيرية مع بعض الأصداف والقشريات الجيرية المستمدة من الرواسب الأيوسينية القديمة (Kusky, 2011, p.86)، وتشغل مساحة ٧.٣ كم^٢ وبنسبة ٢.١٪ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتخلو هذه التكوينات من وجود أية مواقع أثرية.

١.٢.٤. التكوينات طميية:

ينتمي هذا التكوين لتلك التكوينات التي نشأت بالهولوسين والتي تغطي معظم منطقة الدراسة بمساحة ١٧٤.١ كم^٢ وبنسبة ٤٩.٩٪ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة والتي ينتشر على أطرافها العديد من المواقع الأثرية وهي؛ آثار قصر البنات، الحامولي، وبطن إهريت، والجدير بالذكر بأن رواسب الهولوسين تمتد حسب التوزيع الطبيعي لفيضانات النهر القديمة والحديثة، لتمثل التكوينات الطميية الزراعة بجانب المياه أهم مقومات الاستقرار البشري.

١.٢.٥. إرسابات الوادي (وادي الكديش):

أحد وراسب الهولوسين المنتشرة على طول إرسابات الحصوية بمناطق محدودة والتي قد ترسبت بفعل الجريان المائي للأودية الجافة بفترات سابقة وتتألف من الكونجلوميرات والحصى المختلف الأحجام من الصوان والزلط والحجر الجيري (مرسى، ٢٠٠٦، ص ص ١٩-٢٠)، ويبدو أن تلك الرواسب الحصوية مشتقة من الحجر

الجيري الأيوسيني وتبعاً لذلك فهي محلية النشأة والتكوين (Beadnell, 1905, p.37)، وتتمثل في إرسابات وادي الكديش التي تشغل مساحة حوالي ٠.٠٠٣ كم^٢ ونسبة ٠.٠٠٠٨ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة.

١.٢.٦. كثبان وفرشات رملية:

تشكلت هذه الإرسابات نتيجة إرساب الرياح للرواسب المنقولة من مناطق آخري مشكلة مساحة حوالي ٣٩.٨ كم^٢ ونسبة ١١.٤٢ % من مساحة منطقة الدراسة، ويقع بالقرب منها قصر قارون ومنطقة قوتة كأحد مواضع الإرساب الهوائي مما قد يشكل خطراً على المواقع الأثرية بواسطة عمليات التذرية والنحت بأوجه المواقع الأثرية المواجهة لنشاط اتجاه الرياح.

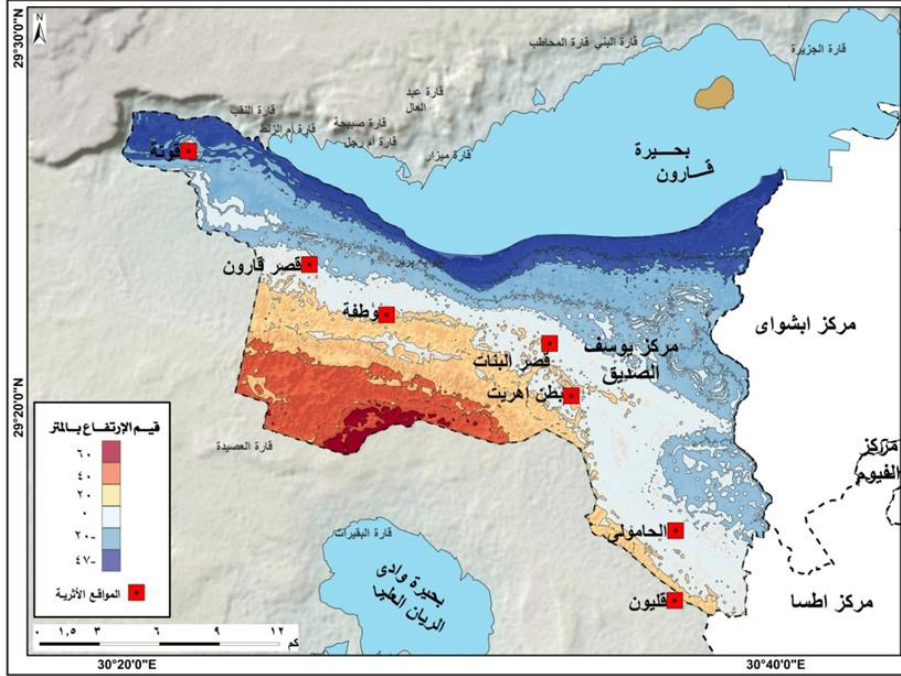
٢- منسوب السطح:

يتضح من جدول (٣) توزيع مناسيب منطقة الدراسة ومساحة كل نطاق ونسبته من إجمالي مساحة منطقة الدراسة كما بالشكل (٦)؛ لنموذج السطح الرقمي بمناسيبه المختلفة وموقع مواضع المواقع الأثرية بكل فئة ارتفاع، ليتضح من الجدول والشكل الآتي:

جدول (٣): مساحة ونسبة مناسيب منطقة الدراسة

النسبة % من مساحة منطقة الدراسة	المساحة بالكم ^٢	مناسيب
١.٢٩	٤.٥١	٦٠ فأكثر
٩.٠٢	٣١.٤٨	٤٠
١٥.٨٨	٥٥.٤٥	٢٠
٣٢.٤٤	١١٣.٢٦	٠
٢٧.٤٩	٩٥.٩٨	٢٠-
١٣.٨٧	٤٨.٤٠	٤٧-
١٠٠.٠٠	٣٤٩.٠٨	الجملة

المصدر/ من إعداد الباحث بالاعتماد على نموذج السطح الرقمي باستخدام ArcGis10.5.



شكل (٦): مواضع المواقع الأثرية بفئات إرتفاع السطح بمنطقة الدراسة.

المصدر/ من إعداد الباحث بالاعتماد على نموذج السطح الرقمي DSM بدقة ١٢.٥ متر.

- يتراوح منسوب السطح بمنطقة الدراسة ما بين -٤٧متراً - لأكثر من ٦٠متر؛ ليلعب أقل منسوب بالنطاق الموازي لبحيرة قارون شمال منطقة الدراسة حيث أقل منسوب بمنخفض الفيوم، بينما بلغ أعلى منسوب بالمنطقة الواقعة شرق قارة العصيدة وإلى الغرب من موقع بطن إهريت بمسافة تقدر بحوالي ١٣كم بمنسوب حوالي ٦٧ متراً.
- ويتسم غالبية سطح منطقة الدراسة بوقوعه ضمن منسوب -٤٧ متر - منسوب صفر بمساحة تقدر بحوالي ٢٥٧.٦٤ كم^٢ ونسبة حوالي ٧٣.٨١% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة موزعة بالنطاق المحيط ببحيرة قارون ووصولاً غرباً إلى موقعي آثار الحامولي وقصر قارون، في حين يوجد موقع آثار قوتة على منسوب -٢٠متراً، ويلاحظ عدم تركيز أغلب المواقع الأثرية بالمناسيب دون سطح البحر وهذا مرده أن تلك المناطق كانت تشغلها في الأغلب مياه بحيرة قارون مما حد من

انتشار المواقع بها مع وجودها بهيئة قوسية على امتداد تواجد المياه وقيام الزراعة هناك آنذاك.

• بينما تبلغ مساحة الأراضي التي يبلغ منسوبها ما بين منسوب صفر - منسوب ٢٠ متر حوالي ٥٥.٤٥ كم^٢ ونسبة حوالي ١٥.٨٨٪ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، مع توزيعها بشكل شريطي يحف بالنطاق السابق مع توغلها بمناطق منسوب صفر، وتضم هذه الفئة آثار قليون، وطفة وموقعي بطن إهرت وقصر البنات وقصر قارون ليبدو ذلك النطاق بأنه كان يمثل أحد شواطئ بحيرة قارون القديمة.

• أما بالنسبة للمناسيب التي تتراوح ما بين ٤٠ - ٦٠ فأكثر فتتوزع بغرب النطاق السابق ممثلة للحافات والشواطئ الأقدم لبحيرة مورييس وتشغل مساحة تقدر بحوالي ٣٥.٩٩ كم^٢ ونسبة حوالي ١٠.٣١٪ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتخلو هذه الفئة من أي مواقع أثرية.

٣- درجات إنحدار السطح:

يقاس الانحدار بمعدل التغير في الارتفاع باتجاه المرتفعة ليعني بأنه ذلك الخط الذي تتجذب المواد والمياه على انحداره من المناسيب المرتفعة إلى المنخفضة ليؤثر بدوره على الخصائص الجيومورفولوجية والهيدرولوجية (Wilson, et al 2000, P.53)، وتؤثر درجات الانحدار الشديدة على سرعة وزيادة معدل النحت وتعرية الأسطح (Magesh, et al, 2012, P.193)، وفيما يلي تناول لفئات درجات الانحدار كما بالجدول (٤) الشكل (٧):

بمنطقة الدراسة لتقدر المساحة بحوالي 339.8 كم^٢ وبنسبة 97.34% ، من إجمالي مساحة منطقة الدراسة والتي تنتشر بنطاق الأسطح الحصوية المستوية نسبياً وتضم هذه الفئة غالبية المواقع الأثرية بمنطقة الدراسة وهي؛ قليون، الحامولى، بطن إهریت، قصر البنات، وطفة، قصر قارون. وكل هذه المواقع قد تم إنشاؤها بأراضي مستوية نسبياً لتدل القيم المنخفضة بهذه الفئة على أنها تمر بمرحلة جيومورفولوجية متقدمة، حيث عملت العمليات الخارجية على نحتها وتسويتها عبر فترات زمنية طويلة، إضافة للرواسب الطميية التي غطت سطح قاع منطقة الدراسة وهو ما عمل على تعديل السطح وتقليل الانحدارات.

٣.٢. نطاقات هيئة الانحدار (٢° - ٤°):

تشغل هذه الفئة مساحة حوالي 7.35 كم^٢ وبنسبة حوالي 2.10% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتتوزع جغرافياً في نطاق التلال والصخور الجيرية وجوانب الأودية الخانقية مثل جوانب أودية مصرفي البطس والوادي، وتقع بها بعض المواقع الأثرية آثار قوتة.

٣.٣. نطاقات هيئة الانحدار نسبياً (٤° - ٧°):

تشغل هذه الفئة مساحة حوالي 1.9 كم^٢ وبنسبة حوالي 0.55% موزعة بشكل واضح بمنحدرات وجوانب الحافة الشمالية لآثار قوتة، وهنا تظهر الانحدارات بشكل محسوس نسبياً وذلك مرده إلى ارتفاع قيمة الفارق الرأسى وصغر المسافة الأفقية الفاصلة بينهما كنتيجة لصلابة تلك الصخور نسبياً ومقاومتها لعمليات النحت والتراجع بفعل العمليات الخارجية.

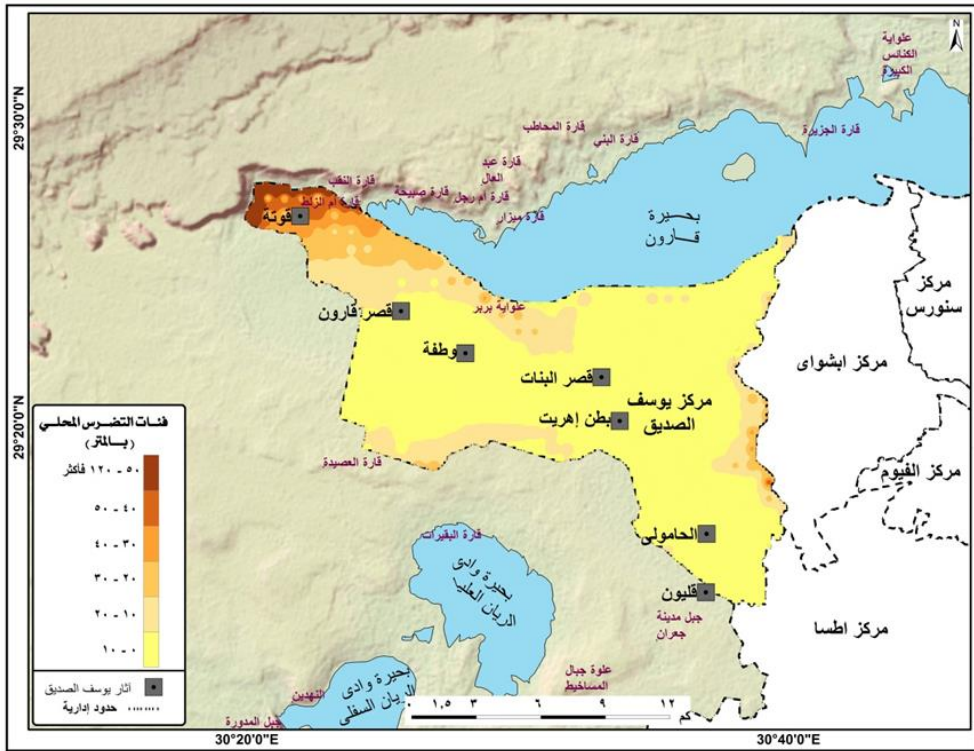
٣.٤. نطاقات متوسطة الانحدار (٧° - ١٢°):

تشغل هذه الفئة مساحة حوالي 0.024 كم^٢ وبنسبة حوالي 0.01% ، وتعتبر هذه الفئة ذات ارتباط شديدة بالفئة السابقة لها حيث تمثل امتداداً لها من حيث درجة

الانحدار ويتفق وجودها مع منحدرات وجوانب التلال، وتخلو هذه الفئة من أية مواقع أثرية.

٤- التضرس المحلي:

يقصد بالتضرس المحلي الفارق الرأسي بين أعلى وأدنى نقطة في منطقة تضاريسية (جاد، ١٩٨٤، ص ٩٣)، وهو مؤشر للقياسات المورفومترية المعبرة عن الطبيعة التضاريسية ومدى تأثرها بالعوامل البنوية والخارجية، لذا فهو مقياس في إبراز التباين بين المناسيب المختلفة، فكلما زاد التباين التضاريسي زادت شدة التضرس (صابر، ٢٠٠٧، ص ٥٤)، هذا بالإضافة إلى أنه من خلالها يمكن التعرف على مدي مواجهة الإشعاع الشمسي ومجابهة الرياح، هذا وقد تم استخلاص خريطة كوربلث التضرس كما بالجدول (٥) والشكل (٨):



شكل (٨): التوزيع المكاني للمواقع الأثرية بفئات التضرس المحلي بمنطقة الدراسة.

المصدر/ من إعداد الباحث اعتماداً على الخرائط الطبوغرافية ١/ ٥٠٠٠٠، ونموذج DSM وتنفيذها في ArcGis10.5.

جدول (٥): نسبة ومساحة التضرر المحلي بمنطقة الدراسة

التضرر المحلي بالمتر	المساحة بالكم ^٢	% من مساحة منطقة الدراسة
٠ - ١٠	٢٦٢.٣٨	٧٥.٢٩
١٠ - ٢٠	٥٢.٣٩	١٥.٠٣
٢٠ - ٣٠	٢٣.٥٤	٦.٧٦
٣٠ - ٤٠	٦.٢	١.٧٨
٤٠ - ٥٠	٢.٩٦	٠.٨٥
٥٠ - ١٢٠ فأكثر	١.٠١	٠.٢٩
الإجمالي	٣٤٨.٤٨	١٠٠.٠٠

المصدر/ من إعداد الباحث اعتماداً على نموذج السطح الرقمي DSM بدقة ١٢.٥ متر.

٤.١. فئة التضرر المحلي (٠ - ١٠ متر):

تمثل هذه الفئة حوالي ثلاث أرباع مساحة منطقة الدراسة والتي تشغل مساحة حوالي ٢٦٢.٣٨ كم^٢ ونسبة ٧٥.٢٩% من إجمالي مساحة المنطقة، متمثلة في ذلك النطاق السهلي والفيضي بمنطقة الدراسة عدا جوانب الأودية الخانقية كمصرف الوادي، وكذلك بنطاق البيدمونت الإنتقالية بين الحافات الشمالية شمال آثار قوتة وخاصة بالجزء الشمالي الواقع غرب بحيرة قارون، لتتوافق هذه الفئة مع صخور الحجر الجيري والرملية وإرسابات الأودية الجافة، وتضم هذه الفئة معظم آثار منطقة الدراسة وهي؛ ، قصر قارون، وطفة، بطن إهرت، قصر البنات، الحامولي وقلبون.

٤.٢. فئة التضرر المحلي (١٠ - ٢٠ متراً):

تنتشر هذه الفئة على مساحة حوالي ٥٢.٣٩ كم^٢ ونسبة مئوية ١٥.٠٣% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتنتشر بشكل شريطي ممتد غرب وشرق منطقة

الدراسة وشمال آثار قصر قارون.

٤.٣. فئة التضرر المحلي (٢٠ - ٣٠ متراً):

تنتشر هذه الفئة بالحافات المرتفعة نسبياً والتلال والنطاقات المنحدرة، وتشغل مساحة حوالي ٢٣.٥٤ كم^٢، بنسبة مئوية حوالي ٦.٧٦%. وتتوزع بهيئة مبعثة بالسطح ذات التباينات السطحية.

٤.٤. فئة التضرر المحلي (٣٠ - ٤٠ متراً):

تنتشر هذه الفئة على مساحة حوالي ٦.٢ كم^٢ وبنسبة مئوية حوالي ١.٧٨%، وتتوزع بشكل شريطي ممتد غرب بحيرة قارون وإلى الجنوب من آثار قوتة بنطاق البيدمونت، وتخلو هذه الفئة من تواجد أية مواقع أثرية.

٤.٥. فئة التضرر المحلي (٤٠ - ٥٠ متراً):

تشغل مساحة حوالي ٢.٩٦ كم^٢، وبنسبة مئوية ٠.٨٥%. وتتوزع بمناطق الحافات القائمة والجروف الصخرية كما هو الحال بنطاق شمال غرب منطقة قوتة حيث إمتداد الحافة الصخرية، وتضم هذه الفئة آثار منطقة قوتة.

٤.٦. فئة التضرر المحلي (٥٠ - ١٢٠ متراً فأكثر):

تشغل مساحة ٠.٢٩ كم^٢، وبنسبة مئوية ٠.٢٩%، وتمثل الامتداد الأعلى تضرراً وإنحداراً للفئة السابقة بشمال آثار قوتة.

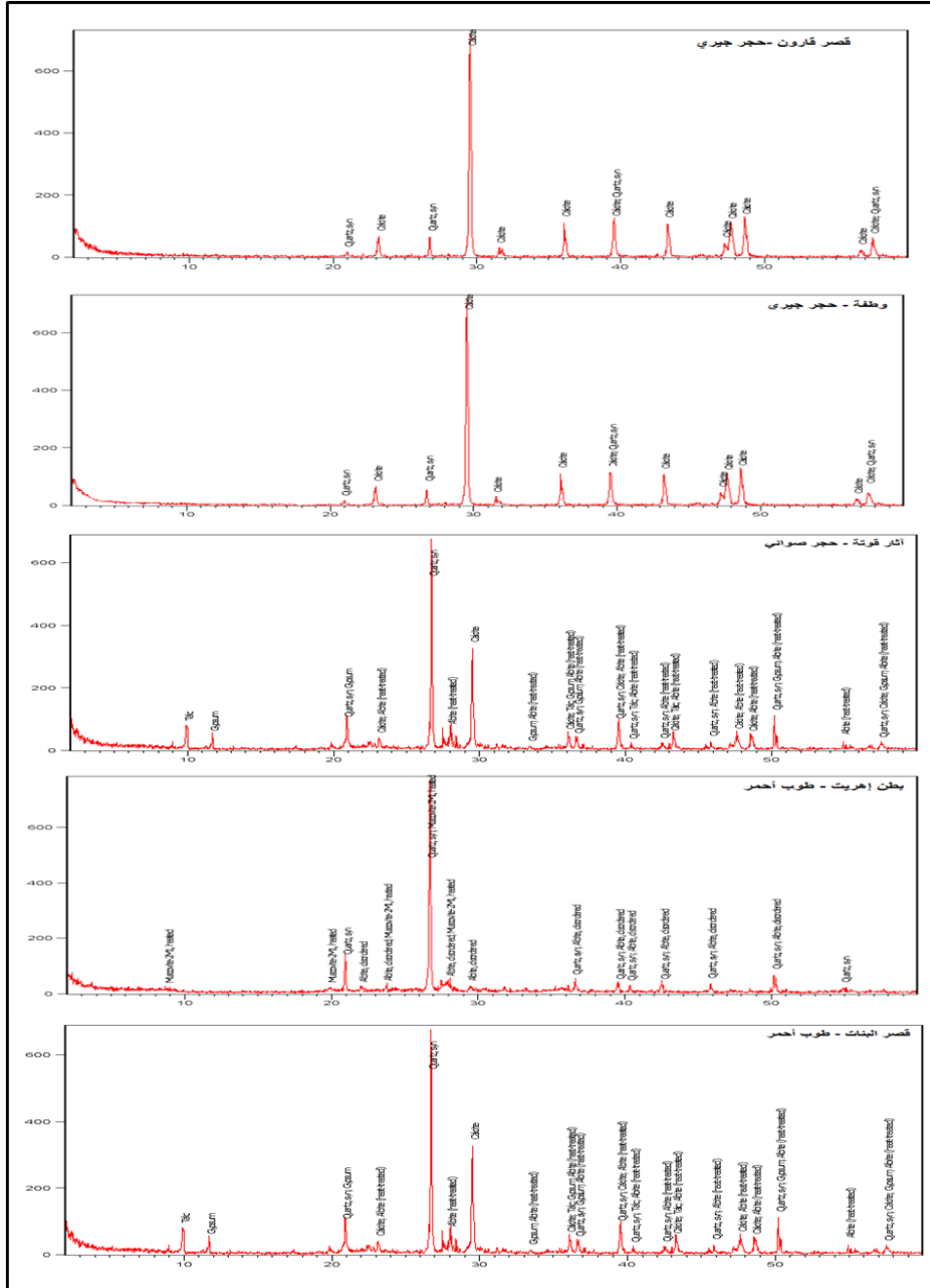
ثالثاً: محفزات عمليات التجوية بالمواقع الأثرية بمركز يوسف الصديق:

تتمثل محفزات عمليات التجوية ببعض العوامل التي قد تساعد إما على سرعة الاستجابة مادة البناء لعمليات التجوية أو مقاومتها ومن هذه العوامل؛ الخصائص المعدنية لمادة بناء الأثر وتركيبه البتروجرافي، هذا بجانب خصائصها البتروفيزيائية والميكانيكية ومدى تأثير العوامل المناخية مع العوامل السابقة على المباني الأثرية بمنطقة الصديق، وفيما يلي تناول لهذه العوامل كما يلي:

١- الخصائص المعدنية لمادة بناء المواقع الأثرية بمنطقة الدراسة:

لقد تم دراسة الصخور المستخدمة في المباني الأثرية للتعرف على خصائصها المعدنية بواسطة إجراء قياسات الأشعة السينية الحيودية X-Ray Diffraction لعينات صخور المواقع الأثرية وذلك للوقوف على المكون الأساسي من المعادن المشكلة لمادة البناء هذا في ظل تنوع مادة البناء ما بين الحجر الجيري والطوب الأحمر واللبن كما هو بالمواقع الأثرية بمنطقة الدراسة كما بالجدول (٦) والشكل (٩)، ليتضح الآتي:

تتباين نسب المعادن المؤلفة لصخور المواقع الأثرية؛ لنجد بأن سيادة الكوارتز بنسبة حوالى ٥٤.٦% من إجمالي الوزن النسبي للمعادن، يليه الكالسيت بنسبة حوالى ٣٦.٢%، ثم يأتي الألبيت بنسبة ٥.٦%، بينما يأتي معدن الكالسيت المختلط بالماغنسيوم بنسبة ٢%، في حين يشكل المسكوفيت أقل المعادن المتواجدة بالصخور بنسبة ١.٦%، لتختلف على إثرها مدى استجابة الصخور لعمليات التجوية لاحتوائها على العديد من المعادن التي تختلف فيما بينها ما بين معادن نشطة كيميائياً وسهلة التأثر لعمليات التجوية؛ كمعادن الكالسيت والهاليت والدولوميت سريعة التفاعل الكيميائي مع المياه، ومعادن أخرى غير نشطة وأقل تأثراً بها (Goudie & Viles, 1997, P.69)، ومن تلك المعادن النشطة كيميائياً؛ الكالسيوم والماغنسيوم، بينما المعادن غير النشطة تشمل السيليكون والألمونيوم والحديد.



شكل (٩): التركيب المعدني لعينات مواد بناء المواقع الأثرية بمنطقة الدراسة.

المصدر/ نتائج قياسات الأشعة السينية الحيودية بالمعامل المركزية بالهيئة العامة للثروة المعدنية، وزارة البترول.

جدول (٦): المعادن المشكلة للأحجار ومواد البناء بالمواقع الأثرية بمنطقة الدراسة.

المجموع	قيمة تركيز المعادن	اسم المعدن	المواقع الأثرية
١٠٠	٧٥	كوارتز $Si O_2$	قوتة
	١٥	ألاليبت $Na Al Si_3 O_8$	"حجر صوانى"
	١٠	كالسيت وماغنسيوم $(C O_3)$ ($Mg0.03 Ca0.97$)	
١٠٠	٩١	كالسيت $(C O_3)$ Ca	وظفة
	٩	كوارتز $Si O_2$	"حجر جيري"
١٠٠	٩٠	كالسيت $(C O_3)$ Ca	قصر قارون
	١٠	كوارتز $Si O_2$	"حجر جيري"
١٠٠	٩٠	كوارتز $Si O_2$	قصر البنات
	٦	ألاليبت $Na (Si_3 Al) O_8$	"طوب أحمر"
	٤	مسكوفيت $K Al_2 (Si , Al)_4 O_{10} (O H)_2$	
١٠٠	٨٩	كوارتز $Si O_2$	آثار بطن
	٧	ألاليبت $Na (Si_3 Al) O_8$	إهرت
	٤	مسكوفيت $K Al_2 (Si , Al)_4 O_{10} (O H)_2$	"طوب أحمر"

المصدر/ نتائج تحليل العينات بمعامل بالهيئة العامة للثروة المعدنية، وزارة البترول، وحدة الأشعة

السينية الحيودية X-Ray Diffraction.

- ترتفع نسبة معدن الكوارتز عن معدن الكالسيت بآثار قوتة المؤلفة من الحجر الصواني والطوب اللبن والطوب الأحمر بآثار كوم الأثل وبطن إهرت ليصل نسبة تركزه حوالى؛ ٧٥٪، ٩٠٪، ٨٩٪ على الترتيب، مما أثر على درجة الاستجابة لعمليات التجوية الميكانيكية وخاصة عندما تتواجد معادن الكوارتز (توفيق، ٢٠١٨، ص ٣٨)، على النقيض عندما تتواجد في وسط معادن أخرى سريعة الاستجابة ليم

تآكل وتتحلل المعادن الضعيفة تاركة تلك الرواسب الرملية إما بشكل مفكك أو في شكل حفر تعرف بالنقر وأقراص عسل النحل وحفر التافوني، كما تتواجد معادن المسكوفيت بدرجة ثانوية بعينات الطوب اللبن والذي تم نقله بعد تعرية الصخور القديمة وتحللها، كما تتواجد أكاسيد الحديد كمادة لاحمة لحبيبات الحجر الرملي مما يشير لترسبها ببيئة ذات أكسدة مرتفعة.

- وبالنسبة لعينات الحجر الجيري بآثار وطفة، وقصر قارون فنجد أن المكون الأساسي هو الكالسيت والدولوميت بنسب حوالي ٩١٪، ٩٠٪ على الترتيب، ليتضح سيادة الصخور سريعة الاستجابة لعمليات التجوية، وبجانب الكالسيت والدولوميت يوجد معدن الكوارتز بنسب ٩٪، ١٠٪، بنفس العينات على الترتيب.
- كما يتضح وجود معدن البيروسيات الذي يستجيب لعمليات التجوية الكيميائية، أما بالنسبة لمعادن البيريت والكلوكوبيريت والألبيت ومعادن الكوارتز لتسودها عمليات التجوية الميكانيكية.

٢- بتروجرافية صخور المواقع الأثرية بمنطقة الدراسة (نسيج الصخر):

تبرهن دراسة بتروجرافية الصخور بالتعرف على نسيجة وتركيبية والمواد الرابطة حبيباته المعدنية، وبالتالي يتم تحديد مقدار تأثيره بعمليات التجوية؛ حيث أن نسيج الصخور ذو الحبيبات الناعمة مدمجة الترابط تتسم بأنها ذو مقاومة لعمليات التجوية عكس الصخور ذات النسيج الخشن ذو الفراغات البينية التي يسهل تجويتها، وفيما يلي عرض لتلك الخصائص كما بالصور (١-٤):

٢.١. آثار قصر قارون:

تتألف من الحجر الجيري الحفري المؤلف من الكالسيت والجبس إضافة لأكاسيد الحديد مع انتشار الحفريات الصغيرة كالغورامنيفير، إضافة لانتشار الشروخ الدقيقة والثقوب والفتحات غير المنتظمة ببنية الصخور كما بالصورة (١).

٢.٢. آثار وطفة:

تتألف من حجر جيري حاوي على الحفريات كما بالصورة (٢)، لتتكون بشكل رئيس من الكالسيت أو الدولوميت أو كلاهما معاً إضافة للكوارتز وأكاسيد الحديد وكمية قليلة من المعادن الطينية والجلوكونيت، كما تنتشر الحفريات المجهرية مختلفة الأشكال والأحجام، هذا بجانب بعض مظاهر الضعف المتمثلة بالثقوب والفجوات المنتشرة بها.

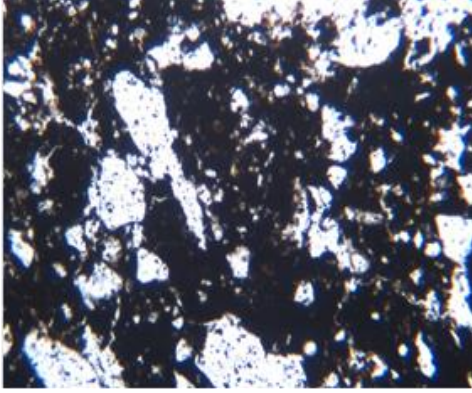
٢.٣. فخار آثار قوتة:

تمثل تلك العينات الصخرية ذات التأثير البشري كما بالصورة (٣)؛ والذي من خلاله حدث لها تغير لبعض خصائص المعادن ويتسم نسيجها بأنه من النوع البورفيرى، ومعدنياً تتألف من معادن طينية وكوارتز كمكون رئيس مع كمية متوسطة من المعادن الغامقة كالميكا والمسكوفيت وأكاسيد الحديد، وتتواجد بها الكثير من الفراغات والثقوب المنتشرة بمنتها.

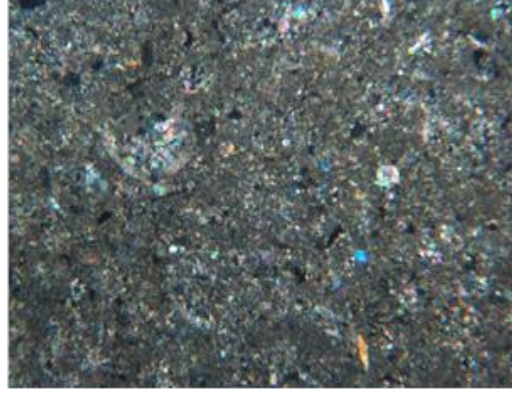
٢.٤. آثار قصر البنات (طوب أحمر):

تتألف من بشكل رئيس من معدن الكوارتز والفلسبار ويتسم نسيجها بالنوع البورفيرى حيث تواجد الحبيبات المعدنية وسط أكاسيد الحديد والمعادن الطينية إضافة لكاربونات الكالسيوم، كما تنتشر مظاهر التلف المتمثلة في انتشار الشروخ والثقوب التي تتخلل بنية وحبيبات مواد البناء كما هو بالصورة (٤).

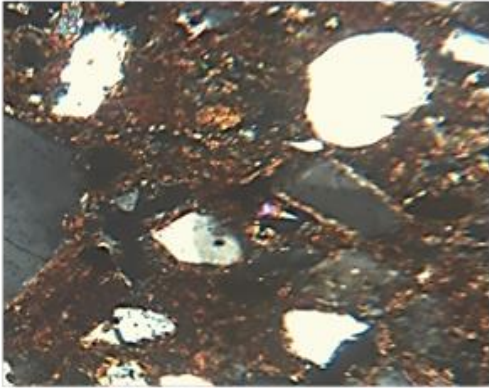
هذا ويختلف نسيج الصخور وبنية تركيب مواد البناء المستخدمة في المواقع الأثرية في شكل نسيجها الصخري ونمط بناؤه لتتباين درجات الاستجابة أو المقاومة لعمليات التجوية؛ حيث أن العينات ذات النسيج الناعم أكثر مقاومة لعمليات التجوية الملحية إلا أنها أكثر تأثراً بالتجوية الكيميائية عكس الحال بالنسبة للنسيج الخشن ذو الفراغات الكبيرة التي تسمح بتبلور الأملاح والتجوية الميكانيكية.



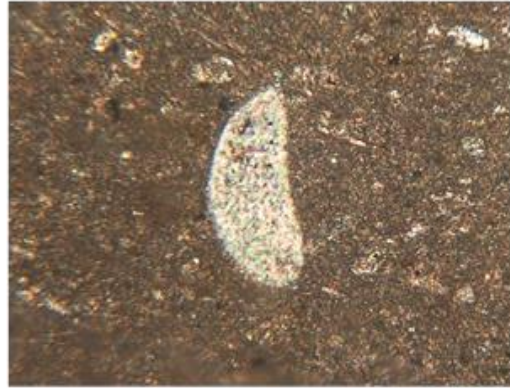
صورة (٣): قطاع هوكة: لفخاريات نو نسيج من نوع Wacke Stone (هوكة تكبير $63\times$ مرة).



صورة (١): قطاع فصر فارون: حجر جبرى حفري نو نسيج من نوع Pack stone . (هوكة تكبير $63\times$ مرة).



صورة (٤): قطاع آثار فصر لبنات: طوب أحمر نو نسيج من نوع Wacke Stone . (هوكة تكبير $63\times$ مرة).



صورة (٢): قطاع آثار وطفة: حجر جبرى حفري نو نسيج من نوع Pack stone . (هوكة تكبير $63\times$ مرة).

المصدر/ التحليل البتروجرافى للعينات الصخرية بالمعامل المركزية بالهيئة العامة للثروة المعدنية، وزارة البترول، وحدة التصوير البتروجرافى ٢٠١٩.

٣- الخصائص البتروفيزيائية:

تعتبر دراسة الخصائص البتروفيزيائية لمواد بناء المواقع الأثرية ذات جدوى حيث تعكس الحالة البنائية، وتحديد طبيعة الصخر ومدى استجابته لعمليات التجوية، وتتمثل هذه الخصائص في المسامية ودرجة الامتصاص ومعامل النقتت والوزن النوعي الظاهري، وفيما يلي دراسة لهذه الخصائص كما بالجدول (٧) والشكل (١٠):

جدول (٧): الخصائص البتروفيزيائية لمواد البناء بآثار بمنطقة الدراسة.

مواقع العينات	المسامية %	معامل الامتصاص %	معامل التفتت %	الوزن النوعي الظاهري
آثار قصر قارون " حجر "	٦.٥	٣.٤٦	١.٥٥	١.٨٧٦
آثار بطن إهریت " طوب "	٤١.٢٣	٢٠.٥٩	١.٧٨	٢.٠٠٤
آثار قوتة " حجر صواني "	١٦.٩١	٧.٣٠	١.٧٣	٢.٣١٥
آثار قوتة " فخار "	٢٦.٠٧٨	١٢.٢٩	٣.٨٨	٢.١٢٢
آثار قصر البنات " طوب "	٣٨.١٢	١٨.٢٩	١.٥٢	٢.٠٨٤

المصدر/ تمت القياسات بمعامل كلية الهندسة، جامعة الفيوم، ٢٠١٩.

٣.١. المسامية Porosity^(١):

ويقصد بالمسامية بأنها نسبة الفراغات المعبر عنها كنسبة مئوية من الحجم الكلي للصخر بما في ذلك التكوين الصلب والمفرغ (PP.41- 42 ŠPERL and TRČKOVÁ, 2008)، كما تستخدم في التعرف على صلابة الصخر ومدى تأثره بالتجوية (Kamh,2017,p.1)؛ وذلك بسبب زيادة نسبة الفراغات والتي تعمل على إرتفاع طاقة على إمتصاص المياه، مما يؤدي لإضعاف الصخر وتجويته عن طريق إذابة المواد اللاحمة أو تفتتة نتيجة زيادة الضغط الناتج عن تبلور الأملاح داخل تلك المسامات (صابر، ٢٠١٢، ص ٢٥). ويتضح من نتائج التحليلات المعملية بالجدول (٢١)، والشكل (٨٢) أن:

- ترتفع نسبة المسامية بعينات الطوب الأحمر بموقع آثار بطن إهریت وقصر البنات لتبلغ حوالى ٤١.٢٣٪، ٣٨.١٢٪ على الترتيب، فى حين تبلغ أداها بالحجر الجبرى بقصر قارون حوالى ٦.٥٪.

- بينما تبلغ نسبة المسامية بآثار قوتة عينات الحجر الصوانى الجبرى حوالى ١٦.٩١٪، وحوالى ٢٦.٠٧٨٪ فى عينة الفخار كنتيجة لإننتشار الفجوات والثقوب بها، ووفقاً لتصنيف (Farmer, 1968)؛ فإن معظم عينات منطقة الدراسة ذات درجة مسامية متوسطة إلى مرتفعة مع وجود بعض القيم المنخفضة كما هو الحال بقصر قارون، لتصنف بطن إهرى وقصر البنات وفخار قوتة بأنها صخور ذات مسامية مرتفعة، لتتباين مدى إستجابة الصخور للتجوية وفق معدل إمتصاص المياه ومعدل تحلل الصخور.

٣.٢. امتصاص المياه Absorbation (2):

يمكن بواسطة معامل امتصاص المياه تحديد مقدار تسرب المياه ومقدار الرشح والفترة الزمنية لتبخر المياه، حيث تتواجد علاقة طردية بين معدل امتصاص المياه ونسبة المسامية فكلما ارتفعت الأخيرة ارتفع معدل الامتصاص للمياه والذي يتبعه ارتفاع في معدل التسرب الكلى للمياه، وبالتالي تستفيد عمليات التجوية من هذه المياه في زيادة نشاطها (عطا، ١٩٩٣، ص ٢٣١)، وتتسم عينات منطقة الدراسة بأنها تتباين في نسب امتصاص المياه من موقع لآخر كما يلي:

- إرتفاع نسبة إمتصاص المياه بالصخور حيث تبلغ بآثار بطن إهرى وقصر البنات حوالى ٢٠.٥٩٪ ، ١٨.٢٩٪ على الترتيب، يليها آثار قوتة من الفخار بحوالى ١٢.٢٩.

ووفقاً لتصنيف (Moen, 1967) لصلابة الصخور بناءً على نسبة امتصاص المياه فإن منطقة الدراسة تتباين في صلابة صخورها لتسجل آثار قصر البنات أعلى نسب امتصاص للمياه وأقل معدل صلابة للصخور، بينما سجلت %، بينما يأتي قصر قارون بأنه سجل أدنى نسبة امتصاص بقصر قارون حوالى ٣.٤٦٪، يليها آثار قوتة من الحجر الصوانى الجبرى بحوالى ٧.٣٠٪، ليعطي ذلك مؤشراً

- إرتباط معامل التفتت بنسب معامل الإمتصاص لنجده بآثار قد وصل لحوالي ١.٥٥٪، بينما وصل لحوالي ١.٧٣٪ بآثار قوته، وحوالي ٣.٨٨٪ بعينات فخار قوته.
- بينما سجلت أقل نسبة تفتت بالصخور بعينة آثار قصر البنات من الطوب الأحمر بحوالي ١.٥٢٪ ثم آثار قصر قارون بنسبة ١.٥٥٪ وذلك بالصخور الجيرية.

٣.٤. الوزن النوعي الظاهري^(٤):

هو أحد المعاملات المستخدمة لتحديد الخواص البتروفيزيائية للصخور لتحديد مدى استجابته للعوامل الجوية وخاصة التجوية، وتعطى نتائج هذه المعامل قيم ذات علاقة عكسية مع نسب المسامية ومعامل الامتصاص والتفتت، مستدلاً من نتائجه على قوة الصخر ومدى مقاومته للتجوية فكلما كانت قيمة الوزن النوعي منخفضة ارتفعت مقاومة الصخر والعكس صحيح (عبد المقصود، ٢٠٢٠، ص ٢١٢)، ليلاحظ أن الوزن النوعي الظاهري بآثار قوته بلغ حوالي ٢.٣١٥٪ يليها فخار نفس المنطقة بحوالي ٢.١٢٪، في حين بلغ حوالي ١.٨٧٪ بآثار قصر قارون ليشير ارتفاع مقاومة الصخور نسبياً مقارنة بآثار قوته.

٤- الخصائص الميكانيكية لمواد بناء المواقع الأثرية بمنطقة الدراسة:

تُعبّر الخصائص الميكانيكية للصخور عن قدرتها على تحمل الإجهادات المختلفة سواء كانت أحمالاً واقعة عليه أو ضغطاً أو شد ببنية الصخر (عبيدو، ١٩٦٩، ص ٨٢)، هذا بالإضافة إلى قوة مقاومة القص بالصخور، لتتسم الصخور ذات الضعف البنائي بارتفاع استجابتها للتجوية وخاصة الميكانيكية والتي تنتشر على طول امتدادات مظاهر الضعف بها كالفواصل والشقوق المنتشرة بها كنتيجة لتلك الإجهادات المرتبطة بطبوغرافية المنطقة والتي تعرف بتلك الضغوط الناجمة الإجهادات التكتونية التي تصيب الآثار بهيئة شروخ وتصدعات، كما يتواجد نوع آخر

من الإجهادات المتمثلة بالظروف المناخية (Eppes and Keanini, 2017, PP. 473 – 472) ، ومن الجدول (٨) ، والشكل (١١) يتضح الآتي:

٤.١ . مقاومة الضغط **Compression Strength**:

مقاومة الضغط بالصخور هي قدرة الصخر على تحمل الإجهادات نتيجة للأحمال الواقعة عليها ويعبر عنها (بالكجم/سم^٢) أو بوحدة الميجا بسكال، وتختلف الصخور في قدرتها على تحمل الضغوط ومقاومته وفقاً لانتشار مظاهر الضعف بالصخور والتبلور الملحي إضافة للتفكك الداخلي بالصخور (Pinińska and Attia, 2003, P.9) ، وتبعاً لذلك تتولد علاقة بين التجوية وقوة الضغط وما ينجم عنه من إجهادات الشد الميكانيكي المرتفع كنتيجة للحمل الزائد الواقع فوطة هذا بالإضافة للتفاعل الكيميائي بين تلك الشروخ الثانوية الناشئة تحت الضغوط المرتفعة (Eppes and Keanini, 2017, P. 477) ، ومن الجدول (٨) ، والشكل (١١)؛ تتباين معدلات مقاومة الصخور للضغط حسب نوع الصخور وخصائصه كما يلي:

- يتراوح معدل القياسات ما بين (٤٦.٨ – ٣٥٥.٦٧ كجم/سم^٢)؛ لتسجل عينة آثار قوطة من الحجر الجيري الصواني قيم مرتفعة حوالى ٣٥٥.٦٧ كجم/سم^٢، بينما سجلت آثار قصر البنات وبطن إهريت قيم حوالى ٤٦.٨ – ٧٥.٥ كجم/سم^٢ على الترتيب، في حين بلغ حوالى ١٨٠ كجم/سم^٢ وحوالى ٦٩.٥ كجم/سم^٢ .

٤.٢ . مقاومة الشد **Tensile Strength**:

تعتبر قوة الشد من المعاملات المعبرة عن حالة الصخر، وتتولد غالباً بالصخور التي تنتشر بها التراكيب الصخرية والتشوهات البنيوية (Liao, et al, 2019,P.21) كالفواصل والشروخ، وبالتالي فقوة الشد تعكس تلك الإجهادات داخل مواد البناء وخاصة عن وصولها لنقطة النقطة والانهيان، وتقدر قوة الشد بأنها تلك القيمة المقدرة بنسبة حوالى ٢٠٪ من إجمالي قوة الضغط الواقعة على الصخور

(Pinińska and Attia, 2008, P.9)، ويتضح من الجدول (٨)، والشكل (١١)

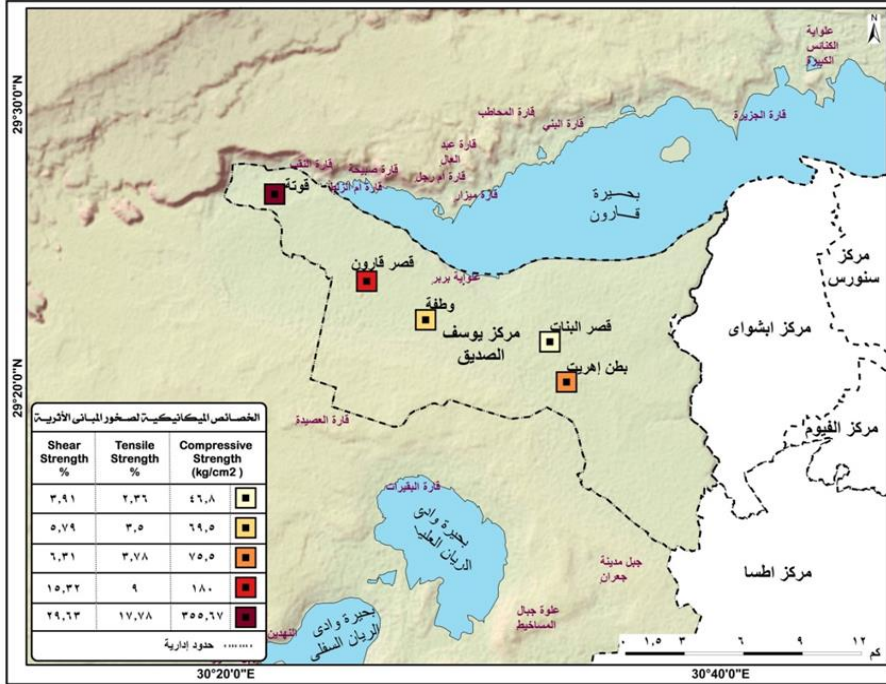
الآتي:

- تتباين متوسط قيم مقاومة الشد تتباين ما بين ٢.٣٦ - ١٧.٧٨٪، حيث تصل نسبة مقاومة الشد بآثار قصر البنات وبطن إهرت حوالى؛ ٢.٣٦ ، ٣.٧٨٪ على الترتيب بينما تصل بآثار قوتة لحوالى ١٧.٧٨٪ كقيم مرتفعة يليها آثار قصر قارون بحوالى ٩٪، لتعبر القيم المرتفعة لإنتشار الصخور المقاومة لعمليات التجوية.

جدول (٨): الخصائص الميكانيكية لمواد البناء بآثار بمنطقة الدراسة.

المركز	المواقع الأثرية	مقاومة الضغط كجم / سم ^٢	مقاومة الشد	قوة القص
يوسف الصديق	قصر البنات	٤٦.٨	٢.٣٦	٣.٩١
	وظفة	٦٩.٥	٣.٥	٥.٧٩
	بطن إهرت	٧٥.٥	٣.٧٨	٦.٣١
	قصر قارون	١٨٠	٩	١٥.٣٢
	قوتة	٣٥٥.٦٧	١٧.٧٨	٢٩.٦٣

المصدر/ من إعداد الباحث اعتماداً على القياسات الميكانيكية لعينات المواقع الأثرية



شكل (١١): الخصائص الميكانيكية^(٥) بمواد بناء المواقع الأثرية بمنطقة الدراسة.

المصدر/إعداد الباحث اعتماداً على جدول (٨)، بيئة برنامج ArcGis10.5.

٤.٣. قوة القص Shear Strength:

تعتبر قوة القص واحدة من أهم ضوابط التصميم الهندسي وخاصة في الأساسات الجيوتقنية كالأساسات الإنشائية، لتصف قوة القص كيفية مقاومة المادة الصخرية ذلك التشوه الناجم عن قوة الإجهادات المؤثرة على أجزاء الجسم (Armaghani, et al, 2014, P. 487)، حيث تدفع القوى المؤثرة جزء من الجسم في اتجاه واحد والجزء الآخر في الاتجاه المعاكس كنتيجة للضغط أو الشد بواسطة الجاذبية وزيادة الأحمال مما يهدد المباني وخاصة الأثرية، وتتباين قوة القص لتتراوح متوسطاتها ما بين ٣.٩١ - ٢٩.٦٣٪ من قوة الضغط كما هو بالجدول (٨)، والشكل (١١):

- تبلغ قوة القص حوالي ٣.٩١٪ بقصر البنات، وحوالي ٥.٧٩، ٦.٣١٪ بوطفة.

- بينما بلغت حوالي ١٥.٣٢، ٢٩.٦٣٪ بآثار قصر قارون، وآثار قوتة على الترتيب وبالتالي يمكن القول بأن حالة الصخر وبنائه ومقدار تحمله للضغوط هي من أهم العوامل المتحكمة في الاستدلال على مدى مقاومته أو استجابته لعوامل التجوية المختلفة، لتعكس آثار قصر قارون وقوته مقدار مقاومة مواد بناؤها لعمليات التجوية.

٥- الخصائص المناخية:

تعتبر دراسة العناصر المناخية ذات تأثير على المواقع الأثرية من حيث إضعاف وتفكك الصخور وتجويتها وتباين شدتها من موقع لآخر وذلك من خلال عناصره المتمثلة بالإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية والتبخر والأمطار، وفيما يلي تناول لتلك العناصر:

٥.١. الإشعاع الشمسي:

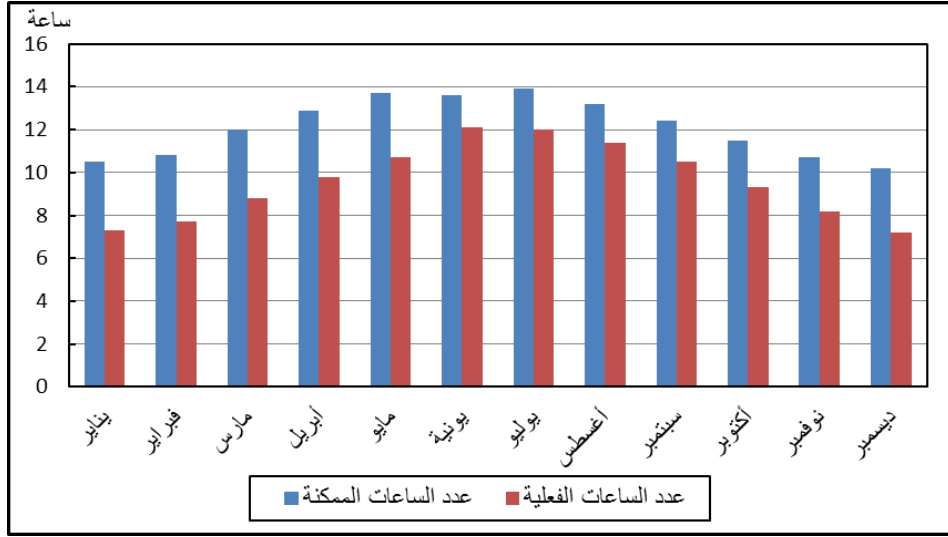
يمثل الإشعاع الشمسي المصدر الرئيس للحرارة على سطح الأرض والغلاف الجوي حيث يؤثر على بقية العناصر المناخية والتي تتأثر باختلاف كمية الأشعة التي يتلقاها سطح الأرض (موسى، ١٩٩٤، ص ١٢)، ويوضح الجدول (٩) والشكل (١٢) عدد ساعات الإشعاع الشمسي في اليوم خلال شهور السنة بمنطقة الدراسة ومنه يتضح ما يلي:

- تبلغ عدد ساعات الإشعاع الشمسي شهري ديسمبر ويناير حوالي ١٠.٢، ١٠.٥ ساعة فعلية/يوم خلال نفس الشهرين، وبنسبة مئوية ٧٠.٦ - ٦٩.٥٪ على الترتيب وذلك يرجع إلى قصر النهار وإنتشار الغيوم والضباب بفصل الشتاء.

جدول (٩): ساعات الإشعاع الشمسي (ساعة / يوم بالفترة ١٩٨٠ - ٢٠٠٠) بمحطة الفيوم.

شهور السنة	عدد الساعات الممكنة	عدد الساعات الفعلية	%	كمية الإشعاع الشمسي (سعر/ سم ^٢ / يوم)
يناير	١٠.٥	٧.٣	٦٩.٥	٣٨٠
فبراير	١٠.٨	٧.٧٠	٧١.٣	٤١٥
مارس	١٢	٨.٨٠	٧٣.٣	٤٣٥
أبريل	١٢.٩	٩.٨	٧٦	٤٤٥
مايو	١٣.٧	١٠.٧	٧٨.١	٤٩٥
يونية	١٣.٦	١٢.١	٨٩	٦٧٣
يوليو	١٣.٩	١٢	٨٦.٣	٦٦٩
أغسطس	١٣.٢	١١.٤	٨٦.٤	٦٤٨
سبتمبر	١٢.٤	١٠.٥	٨٤.٧	٥٨٠
أكتوبر	١١.٥	٩.٣	٨٠.٩	٥٥٥
نوفمبر	١٠.٧	٨.٢	٧٦.٦	٤٥٠
ديسمبر	١٠.٢	٧.٢	٧٠.٦	٣٩٠
المعدل السنوي	١٢.١٢	٩.٥٨	٧٨.٥٦	٥١١

المصدر/ بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية، بيانات غير منشورة، محطة الفيوم



شكل (١٢): المتوسط الشهري لعدد ساعات الإشعاع بمنطقة الدراسة.

المصدر/ من إعداد الباحث بالاعتماد على جدول (٩).

- كما بلغ عدد ساعات السطوع الشمسي الممكنة خلال أشهر؛ يونيو، يوليو، أغسطس حوالي؛ ١٣.٦، ١٣.٩، ١٣.٢ ساعة / يوم على الترتيب، في حين تبلغ فترات السطوع الفعلية لنفس الشهور ١٢.١، ١٢، ١١.٤ ساعة / يوم على الترتيب، وبنسبة مئوية حوالي ٨٩، ٨٦.٣، ٨٦.٤٪ لنفس الشهور على الترتيب خلال فصل الصيف.
- هذا وقد بلغت أدنى معدلات فصلية لكمية الإشعاع الشمسي بفصل الشتاء كنتيجة لكثرة السحب والغيوم وانخفاض زاوية سقوط الشمس بفترة الظهيرة، حيث تراوحت معدلات كمية الإشعاع الشمسي بفصل الشتاء بين ٣٠٤ - ٤٠٠ سعر/ سم^٢/ يوم بمحطة الفيوم.
- بالنسبة للمعدل السنوي بالشتاء فيصل (٣٤٦ سعر/ سم^٢/ يوم)، لترتفع معدلات الإشعاع الشمسي خلال فصل الصيف حيث تتراوح خلال أشهر يونيو، يوليو، أغسطس (٦٧٣، ٦٦٩، ٦٤٨ سعر/ سم^٢/ يوم) بمحطة الفيوم، وبمعدل

(٦٦٣ سعر/سم^٢/يوم)، وبمعدل سنوي (٥١١ سعر/سم^٢/يوم)، مما يؤثر على بنية الصخور.

٥.٢. درجات الحرارة:

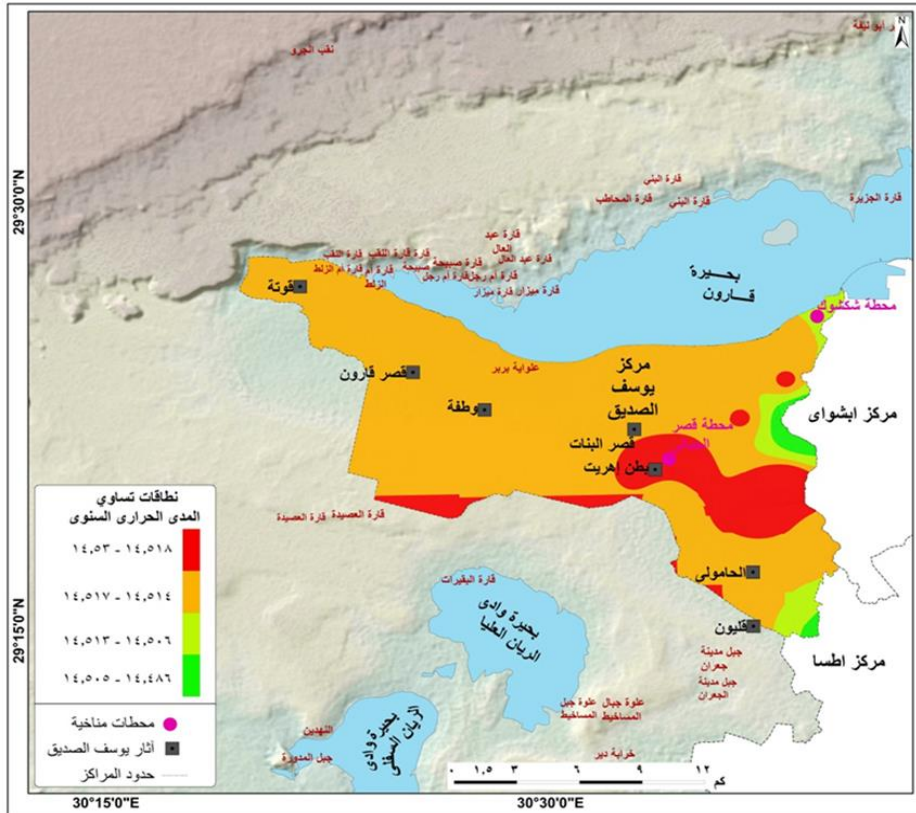
تؤدي درجات الحرارة المرتفعة لتبخر المياه والرطوبة وتبلور للأملاح الهيجروسكوبية (Thomas, 1989, P.18)، حيث تؤثر ارتفاع درجات الحرارة على ارتفاع حرارة الصخور المكشوفة، والعكس بالنسبة لانخفاض درجات الحرارة مما يعمل على إضعاف تماسك الصخور (Vincente, et al, 1993, P.322)، وخاصة بالصخور المؤلفة من أكثر من معدن مما يؤدي لإحداث شقوق وتفكك بالصخور (الحسين، د. ت، ص ٢٤٤)، ومع تكرار ذلك يتسبب في تطور الشقوق القديمة وتوسعتها بالإضافة إلى إحداث شروخ حديثة، ومع تواجد الرطوبة تتطور عملية التقشر والتفكك (Pinińska and Attia., 2008, PP.2-3)، وبالتالي فالصخور المكشوفة تتعرض للكثير من الإجهادات التي تعمل على التفكك الميكانيكي والتحلل الكيميائي لها (Smith, 2009, P.74)، ليتضح من جدول (١٠) والشكل (١٣) الآتي:

- يبلغ المعدل السنوي لدرجات الحرارة العظمي بمحطات منطقة الدراسة حوالي ٢٩.٣م بمحطة إطسا وحوالي ٢٩.٣م بمحطة قصر الجبالي، بينما تمثل أعلى قيمة معدل للحرارة الفيوم بدرجة حرارة ٢٩.٣م، أما بالنسبة لمعدل درجات الحرارة الصغرى فنجد بأن محطة قصر الجبالي قد سجلت ١٣.٦م يليها محطة الفيوم وكوم أوشيم بمعدلات ١٤.٣، ١٥.٥م على الترتيب، بينما سجلت محطة شكشوك أعلى قيمة بحوالي ١٥.٧م.

جدول (١٠): متوسطات العناصر المناخية السنوية بمحطات منطقة الدراسة.

اسم	معدل	معدل	المعدل	المدى	سرعات	معدل	الرطوبة	التبخ
أطسا	٢٩.٣	١٤.٧	٢٢	١٤.٣	٢.٩٥	٠.٥٨	٥٨.٧	-
قصر	٢٩.٤	١٣.٦	٢٠.٨	١٥.٨	٢.١٠	٠.٨٣	٦٣.٢	٨.٣
كوم	٢٩.٧	١٤.٥	٢٢	١٥.٢	٢.٩	٠.٩٢	٥٢.٠	-
الفيوم	٢٩.٧	١٤.٣	٢١.٦	١٥.٤	٤.٩٠	٠.٦	٥٥.٣	٧
شكشوك	٢٨.٦	١٥.٧	٢٢	١٢.٩	٢.٥٠	٠.٩	٦٧.٠	٨.٤٠

المصدر/ بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية- قسم المناخ،



شكل (١٣): نطاقات المدى الحراري بالمواقع الأثرية بمنطقة الدراسة.

المصدر/ من إعداد الباحث بالاعتماد على جدول (١٠) باستخدام ArcGis10.5.

• أما بالنسبة للمدي الحراري السنوي فيعد أحد أهم العوامل المؤثرة في نشاط التجوية الميكانيكية، ويدل على ذلك تمدد أملاح كلوريد الصوديوم التي تتمدد في ظل درجة حرارة مرتفعة بمقدار ١٪، مما يترتب عليه ضغوط يمكن أن تسهم في تعدد مظاهر التلف والتدهور بمواد البناء بواسطة عمليات التجوية الميكانيكية، إضافة لتميؤ هذه الأملاح وخاصة في ظل توافر الرطوبة النسبية ودرجات الحرارة (Cook, et al, 1982, PP.143-144)، ويتباين المدي الحراري بمنطقة الدراسة ليسجل بمحطات قصر الجبالي وكوم أو شيم والفيوم مدي حراري بقيمة حوالى؛ ١٤.٣، ١٥.٨، ١٥.٢، ١٥.٤م على الترتيب.

• يتسم النطاق الجنوبي الشرقي والغربي بارتفاع قيم المدي الحراري وخاصة بالقرب من محطة قصر الجبالي ليسجل المدي الحراري قيمة ١٤.٥١ - ١٤.٥٣م والذي يضم آثار بطن إهريت وقصر البنات، بينما يقل المدي الحراري بالاتجاه صوب بحيرة قارون ليسجل مدي حراري حوالى ١٤.٤م - ١٤.٥١٧م والذي يضم آثار؛ الحامولي، وطفة، قصر قارون وقوتة كما بالشكل (١٣).

٥.٣. الرياح:

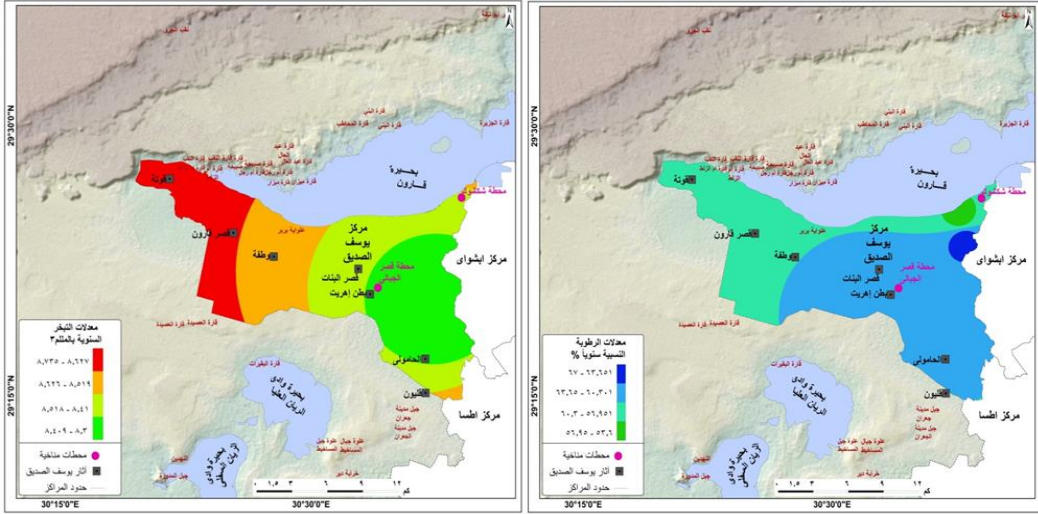
تعتبر الرياح من العوامل المؤثرة بشكل كبير على المواقع الأثرية حيث دورها كعامل نحت وإرساب، وتتمثل عمليات النحت في صور عديدة كالتحزرات والنحت المتغاير والذي يتم كنتيجة للتباين الصخري إضافة لسرعة الرياح وطبيعة ونوع معاول النحت المستخدم بواسطة الرياح (جودة، ١٩٨٨، ص ٣٤٩)، هذا بالإضافة للتقويض السفلى للصخور الواقعة في موازاة الرياح العاصفة (أبو العينين، ١٩٨١، ص ٦١٤)، بينما عمليات الإرساب تتمثل في الفرشات والكثبان الرملية، إضافة لدورها في التبادل الحراري الأفقي والرأسي وما ينجم عنه من تيارات هوائية جافة على أسطح الأحجار والمباني الأثرية والذي بدوره يعمل على التبخر السريع للمحاليل الملحية بالمسام

- ترتفع سرعات الرياح بشكل واضح بالنطاق الشمال والغربي لمنطقة الدراسة لتصل سرعتها من ٣.٢٤م/ثانية إلى ٣.٤م / ثانية، في حين تقل سرعتها بالاتجاه جنوباً بشرق بالقرب من آثار الحامولى لتبلغ سرعتها حوالي ٢.٨م/ثانية - ٢.٩م/ثانية، وتقع معظم آثار منطقة الدراسة في نطاق سرعات الرياح المرتفعة مقارنة بموقع آثار الحامولى الذي عنده تنخفض سرعات الرياح.
 - ليتباين دور الرياح من موقع لآخر حيث إرساب حمولتها أو نقل نتاج عمليات التجوية وجعل أسطحها مهيجة لنشاط واستمرار عمليات التجوية، هذا وقد تعمل الإرسابات الناعمة التي تحملها الرياح على نحت وتحزز واجهات المواقع الأثرية كما هو الحال ببعض واجهات قصر قارون.
- ٥.٤ . التبخر والرطوبة النسبية:

يرتبط انخفاض الرطوبة النسبية بارتفاع معدلات التبخر الناتج عن ارتفاع درجات الحرارة مما يؤدي لتبلور الأملاح وتراكمها بأسطح الصخور أو بداخل مساماتها (borne,1990,P.153)، كنتيجة لتبخر المياه الصاعدة بواسطة الخاصية الشعرية لتؤثر على الصخور وخاصة الحجر الجيري القابل للذوبان بالمحاليل المائية والأحماض (Yaldiz, 2010,P.4)، وبالتالي تمثل دوراً مهماً في تلف مواد البناء والنقوش والرسومات، ويتضح من خلال جدول (١٠) والشكل (١٥) الآتي:

- بلغ المعدل العام للتبخر بمنطقة الدراسة ما بين ٨.٣ ملم إلى ٨.٤ ملم بمحطات قصر الجبالى وشكشوك على الترتيب، وبالنظر له شتاءً نجد أن معدله يبلغ ٣.٦ ملم / ٣ يوماً بمحطة الفيوم، ٤.١ ملم / ٣ يوماً بمحطة شكشوك، ٣.٩ ملم / ٣ يوماً بمحطة قصر الجبالى، بينما تصل لأعلى معدلاتها صيفاً حيث تصل ٩.١ ملم / ٣ يوماً بمحطة الفيوم، وحوالى ٧ ملم / ٣ يوماً بمحطة شكشوك، ٦.٨ ملم / ٣

يوميًا بمحطة قصر الجبالي، ٨.٦ ملم/٣ يوميًا بمحطة بحوث المياه، ولتقع آثار؛ إهرية، قصر البنات، الحامولي، في نطاق التبخر المنخفض، بينما تقع آثار وطفة، قصر قارون وقوتة بنطاق التبخر المرتفع ٨.٥ - ٨.٧ ملم وذلك بشمال وغرب منطقة الدراسة.



شكل (١٥): الرطوبة النسبية بمنطقة الدراسة. شكل (١٦): معدلات التبخر بمنطقة الدراسة.

المصدر/ من إعداد الباحث بالاعتماد على جدول (١٠) باستخدام ArcGis10.5.

- بالنسبة للرطوبة النسبية فقد بلغ المعدل العام لها حوالي ٦٥.١٪ بمنطقة الدراسة، ولتتباين الرطوبة النسبية من فصل لآخر ومن منطقة لآخرى لنجدها شتاءً قد تصل بمحطة وشكشوك ٧٣.٧٪، بينما قصر الجبالي ٧٤٪ ومحطة بحوث المياه ٥٥.٦٪، بينما يبلغ المعدل السنوي للرطوبة النسبية حوالي ٦٣.٢٪ بمحطة قصر الجبالي، وشكشوك ٦٧٪ ويرجع ذلك إلى قربها من المسطحات المائية وانتشار الزراعات، لتتنشط عمليات التجوية الفيزيائية في نطاق الرطوبة المنخفضة وخاصة خلال فصل الصيف، بينما تنشط التجوية الكيميائية بنطاق الرطوبة النسبية المرتفعة والتي تضم آثار؛ قوتة، قصر قارون، وطفة، الحامولي كما بالشكل (١٦).

رابعاً- مؤشر ومعدل التجوية ونمذجة نطاقاتها بمنطقة الدراسة:

١- مؤشر التجوية وفقاً لـ (Weinert):

يعد مؤشر التجوية وفقاً لـ (Weinert, 1968) أحد المؤشرات الكمية للتمييز بين أنواع التجوية السائدة بمنطقة الدراسة، ويعتمد في قياسه على العلاقة بين المطر والتبخر، لتدل قيمة المؤشر إذ كانت مرتفعة على سيادة فعالية التجوية الميكانيكية كنتيجة لتزايد كميات التبخر على حساب كميات الأمطار والرطوبة، والعكس يعني تزايد فعالية التجوية الكيميائية، وبالتالي فمؤشر التجوية يعبر عن التوازن بين أكثر العوامل المناخية المؤثرة في عملية التجوية والتي تتوقف على التكوين المعدني للصخور، ويتم حساب مؤشر التجوية بالاعتماد على المعادلة: $N6 = 12 \times EJ \div Pa$ (Weinert, 1968, P. 370)، ليتضح من الجدول (١١) والشكل (١٧) توزيع قيم مؤشر التجوية كما يلي:

جدول (١١): قيم مؤشر التجوية بمحطات منطقة الدراسة.

اسم المحطة	قصر الجبالي	بحوث المياه	الفيوم	شكشوك	المعدل العام
قيم مؤشر التجوية	١٥٢.٨٥	٢٠٦.٥٤	٣١٤.٢٥	٢٠٢.٤٧	٢١٩.٠٢٧

المصدر/ من إعداد الباحث اعتماداً تطبيق معادلة مؤشر التجوية وفقاً لـ Weinert.

- بلغ المعدل العام لمؤشر التجوية حوالي ٢١٩.٠٢٧؛ ليبليغ أقصاه بمحطة الفيوم إلى الشرق والجنوب الشرقي لمنطقة الدراسة، بينما جاءت محطة قصر الجبالي بمؤشر تجوية منخفض بلغ حوالي ١٥٢.٨٥ الواقعة بمنتصف غرب منطقة الدراسة.

نسبياً والذي تسوده التجوية بنوعها ليلغ مؤشر التجوية بهذا النطاق حوالي ٢٠٢.٧ - ٢٧٦.٧.

- أما عن نطاق التجوية الكيميائية ذات مؤشر التجوية المنخفض والذي يبلغ ١٥٢ - ٢٠٢.٦ والذي يضم آثار بطن إهرت وقصر البنات.
- وليتضح أن الجزء المتاخم لبحيرة قارون والنطاق الشمالي تغلب عليه سيادة التجوية الكيميائية وفقاً لمؤشر التجوية والعكس بالجزء الجنوبي والغربي حيث التبخر والحرارة المرتفعة نسبياً.

٢- معدل التجوية^(٧) :The Rate Of Weathering

يقصد بمعدل التجوية مقدار الفاقد السنوي من الصخر الأصلي، ويتوقف مقدار الفاقد على عدة عوامل منها الخصائص المناخية والبتروفيزيائية والمعدنية ، ولعل العلاقة بين المناخ والتجوية أكثر العوامل تأثيراً ببعضها البعض بمنطقة الدراسة، كما تتأثر بمقدار المساحة السطحية المعرضة للتجوية ومدى شدتها (مرغنى، ٩٩٨، ص ٢١٤)، كما تتأثر بنوع المعدن ومقدار استجابته للتجوية (Kump, et al, 2000, P.814)، وتم تقدير معدل التجوية بالاستفادة من الآلية التي يستخدمها مرمى الآثار في تقدير حجم المادة المفقودة^٨ بالتجوية لتعويضها بمادة الترميم، ليتضح من الجدول (١٢) ، والشكل (١٨) الآتي:

- ارتفاع معدل التجوية السنوي بقصر قارون بمقدار ١.٢٥ سم^٣ / سنوياً ويفسر ذلك نشاط التجوية بنوعها مما يزيد من الفاقد السنوي بصخور الحجر الجيري هذا بجانب تأثير الإنسان والخفافيش القاطنة به.

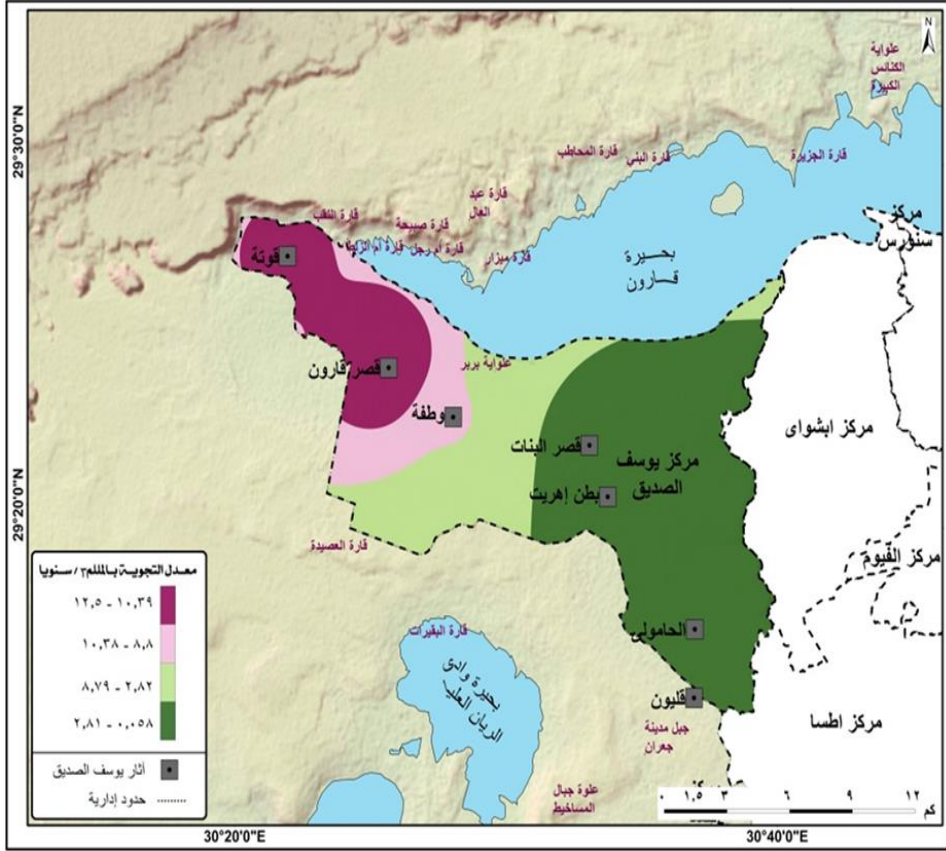
- يليها آثار قوتة بمعدل تجوية يصل إلى ١.٠٧ سم^٣ / سنوياً ويرجع ذلك لارتفاع مؤشر التجوية وسيادة التجوية الميكانيكية إضافة للتعديات البشرية بالفترات التاريخية السابقة.

- كما بلغ معدل التجوية بآثار وطفة حوالي ٠.٩ سم^٣ / سنوياً بالحجر الجيري وحوالي ٠.٠٧٥ سم^٣/سنوياً بالطوب اللبن ويفسر ذلك التأثير السريع للحجر الجيري بالتجوية.
- بينما تتخفف معدلات التجوية بموقعي بطن إهريت وقصر البنات بمعدل تجوية ٠.٠٦٦، ٠.٠٥٨ سم^٣/سنوياً على الترتيب، وذلك ربما يفسر بأن تلك المواقع قد وصلت لأقصى مراحل تدهورها، وانخفاض الفاقد السنوي وفقاً لطبيعة الصخر ونوع وطبيعة التجوية وانخفاض فعل التجوية الميكانيكية ذات الفاقد الكبير مقارنة بتلك الكيميائية.

جدول (١٢): معدل التجوية بالمواقع الأثرية بمنطقة الدراسة.

الموقع الأثري	عدد العينات بكل موقع	عصر الموقع الأثري (الفترة التاريخية)	نوعه الحجر المختار	حجم الصخر غير متأثر بالتجوية (مم ^٣)	حجم الصخر متأثر بالتجوية (مم ^٣)	صافي الحجم الفائق بالتجوية		معدل التجوية / لسنة	
						قيمة الحجم المفقود	الحجم المفقود %	مم ^٣	مم ^٣
قوتنة	١	حوالي ٢٤٥٠ عام	حجر صلب	٤٠٠٠	١٤٨٣٢	٢٥١٦٨	٦٢.٩٢	١٠.٧٠٩٧٨٧٣٣	١.٠٧٠٩٧٩
						٢٢٨٨١	٥٧.٢٠	٩.٧٣٦٥٩٧٤٥	٠.٩٧٣٦٦
						٢٧٣٥٢	٦٨.٣٨	١١.٦٣١٤٤٨٩٤	١.١٦٣٩١٥
قصر البنات	٥	حوالي ٢٢٢٠ عام	طوب أبيض	٢٤٠٠	١١٥٢	١٢٤٨	٥٢.٠٠	٠.٥٦٢١٦٦٢٢	٠.٥٦٢١٦٦
						١٣٢٩	٥٥.٣٨	٠.٥٩٨٦٤٨٦٩	٠.٥٩٨٦٥
بطن إهريت	١	حوالي ٢١٣٠ عام	طوب أبيض	٢٤٠٠	١٢١٦	١١٨٤	٤٩.٣٣	٠.٥٥٥٨٦٨٥٤٥	٠.٥٥٥٨٧
						١٦٤٥	٦٨.٥٤	٠.٧٧٢٣٠٤٦٩	٠.٧٧٢٣٣
قصر كارون	٢	حوالي ٢٢٤٠ عام ٢٣٠٠ م	حجر جيري	٩٦٠٠	٦٥٦٦٤	٣٠٣٣٦	٣١.٦٠	١٢.٩٦٤١٠٢٥٦	١.٢٩٦٤١
						٢٧٩٣٢	٢٩.١٠	١١.٩٣١٧٥٢١٤	١.١٩٣٦٧٥
٠.٠٧٥	٠.٠٧٥٥٥٩	٠.٧٥٤٥٨٥١٥٣	٧٢.٠٠	١٧٢٨	٦٧٢	٢٤٠٠	٢٤٠٠	٠.٧٥٥٥٩	٠.٧٥٥٥٩
٠.٩٠٢	٣	حوالي ٢٢١٠ عام ٢٧٠ م - ٣١٠ م	حجر جيري	٢٤٠٠	١١٥٢٧	١٢٤٧٣	٥١.٩٧	٥.٤٤٩٦٢٤٨٩١	٠.٥٤٤٩٧٢
						١٤١١٥	٥٨.٨١	٦.١٦٣٧٥٥٥٩	٠.٦١٦٣٧٦
						٩٢٦١	٦١.٤١	٦.٤٣٦٢٤٤٥٤١	٠.٦٤٣٦٢٤
الإجمالي				٣٩٦٠٠٠	٢١٣٨٧٠	١٦٧٣٩١	٧٨.٢٧	٧٨.٢٧	٧.٨٣

المصدر/ من إعداد الباحث بالاعتماد على القياسات ميدانياً بصخور المواقع الأثرية



شكل (١٨): معدلات التجمية بآثار منطقة الدراسة

المصدر/ من إعداد الباحث اعتماداً على الجدول (١٢).

٣- النمذجة المكانية لنطاقات التجمية وأنواعها بمنطقة الدراسة:

في ظل المحددات الجيومورفولوجية المؤثرة على نشاط التجمية المذكورة آنفاً فقد اعتمد الباحث على أدوات ومعايير نمذجة الخطورة وتطويع تلك المحددات السابقة في تحديد نطاقات النمذجة، وليمر النموذج بعدد من المراحل منها توفير مدخلات النموذج، ثم بناء النموذج وإدخال متغيراته وأدواته وتحقيق شروطه وخاصة المطابقة الموزونة Weighted Overlay وتحديد الأوزان النسبية لاستخلاص نطاقات التجمية كما بالجدول (١٣) والشكل (١٩):

جدول (١٣): المعايير والأوزان النسبية لتحديد نطاقات التجوية بمنطقة الدراسة

معامل التأثير	درجات الأولوية Scale		قيم المتغيرات الداخلية	المعامل المتغير	العامل
	تجوية	تجوية			
٥	١٠	٥	٢٠.٨م	المدى الحراري	الظروف المناخية
	٥	٥	٢١.٨م		
	٥	١٠	٢٢م		
٥	١٠	٥	١٣.٦٠	درجة الحرارة	
	٥	١٠	١٥.٧٠	درجة الحرارة	
٥	١٠	٥	٢٨.٦م	درجة الحرارة	
	٥	١٠	٢٩.٧م	درجة الحرارة	
٥	٥	٥	٥.٧	الإشعاع الشمسي	
	٥	١٠	٥١١	المطر	
٥	٥	٥	(٠.٦ - ٠.٩٢ ملم /	التبخّر	
٥	٥	١٠	(٧ - ٨.٤ ملم/سنة).	الرطوبة النسبية	
٥	٥	٥	٥٢%	المحتوي الماء	المياه الجوفية وتحت السطحية
	١٠	٥	٥٨%		
	١٠	٥	٦٣%		
١٠	٥	١٠	٩.٩ - ٥.٩٩%	مناسيب المياه	
	١٠	٥	٣٠.٣ - ٢٦.٢%	درجة الانحدار	
٥	١٠	٥	٤٦.٧ - : ٤م	التركيب المعدني	
	٥	٥	٤ - : ٤م		
	١٠	٥	٤ - ١		
٥	١٠	٥	٤ - ١	التركيب المعدني	
	٥	٥	٧ - ٤		
	٥	١٠	١٢ - ٧		
١٥	١٠	٥	٨٥% فأكثر	كالكسيت	خصائص الصخور
١٢	٥	١٠	٩٠% فأكثر	كوارتز	
٨	١٠	٥	٩.٩ > (MPa)	صلابة الصخور	
	٥	١٠	٢٢.٨ (MPa)		
	٥	٥	٣٦.٧ (MPa)		
١٠	٥	١٠	١٥٢	مؤشر التجوية نطاقات التجوية	
	٥	٥	٢٠٢		
	٥	١٠	٣١٤		
١٠٠	الإجمالي				

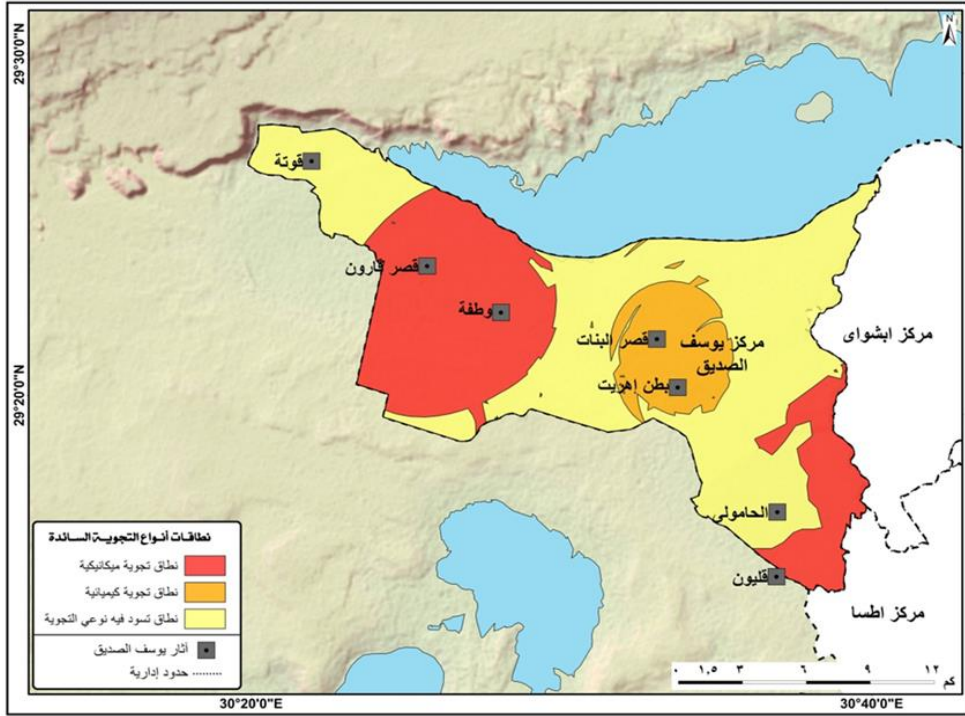
المصدر/ من إعداد الباحث بالنموذج Model builder.

- ليتضح من الجدول (١٣) الخاص بمعايير نمذجة توزيع التجوية وأنواعها بمنطقة الدراسة والأوزان النسبية للمدخلات حيث تأثر كل عامل؛ لتأخذ الخصائص المناخية وزن نسبي مقداره ٣٥٪ موزعة على متغيراته، في حين أعطي التركيب المعدني للصخور وزن نسبي ٢٧٪، بينما أخذت صلابة الصخور ٨٪، بينما مصادر المياه الجوفية والمياه تحت السطحية بالمنطقة حظيت بوزن نسبي مقداره ١٥٪، ليأخذ مؤشر التجوية ١٠٪، فيما جاء درجات الانحدار بوزن نسبي ٥٪، هذا مع وضع درجة أولوية لكلاً من أنواع التجوية، ويوضح الجدول (١٤) والشكل (٢٠) مناطق سيادة أنواع التجوية ومساحتها بالفئات الآتية:

جدول (١٤): مساحات نطاقات التجوية بمنطقة الدراسة.

النسبة %	المساحة بكم ^٢	النوع التجوية السائد
١٠.٦٨	٣٧.٢٣	نطاق تجوية كيميائية
٥٣.٤٨	١٨٦.٤	نطاق تجوية يسود فيها كلا
٣٥.٨٤	١٢٤.٩٤	نطاق تجوية ميكانيكية
١٠٠	٣٤٨.٥٤	الإجمالي

المصدر/ من إعداد الباحث إتماداً على برنامج ArcGis10.5.



شكل (٢٠): نطاقات أنواع التلويحة السائدة بمنطقة الدراسة.

المصدر/ من إعداد الباحث إعماداً بتطبيق ArcGis10.5 Model builder.

- نطاق التلويحة الميكانيكية: تتوزع هذه الفئة في هيئة نطاق دائري بمحيط آثار قصر قارون ووظفة، كما يضم منطقة آثار قليون وذلك بالجزء الشرقي والجنوبي الشرقي والجنوبي لمنطقة الدراسة، وتشغل مساحة حوالي ١٢٤.٩ كم^٢ ونسبة ٣٥.٨٤٪ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة.
- نطاق التلويحة الكيميائية: تنتشر أيضاً هذه الفئة بهيئة دائرية تحد نطاقات تواجد آثار بطن إهرت وقصر البنات، لتتطابق نتائج المتغيرات مع الرصد الحقلية حيث التدهور الناجم عن صور التلويحة الكيميائية حيث ارتفاع معدلات الرطوبة ونسب المياه الأرضية هذا بجانب قلة الانحدار، وتشغل هذه الفئة مساحة حوالي ٣٧.٢٣ كم^٢ ونسبة حوالي ١٠.٦٨٪ من جملة مساحة منطقة الدراسة.

- نطاق انتشار كلاً من التجوية الميكانيكية والكيميائية معاً: ينتشر هذا النطاق على مساحة كبير تبلغ حوالي ١٨٦.٤ كم^٢ ونسبة ٥٣.٤٨٪ من جملة المساحة الكلية لمنطقة الدراسة، وتبدو بهيئة تحد بشكل شبة حلقي الفئات السابقة، وتضم آثار قوتة والحامولى، هذا وإن كانت قوتة تتفوق بها التجوية الميكانيكية نسبياً، وهنا تتظافر العوامل بشكل شبة متقارب في نتائجها على الآثار.

خامساً- التوزيع المكاني لمجموعات وصور التجوية بمنطقة الدراسة:

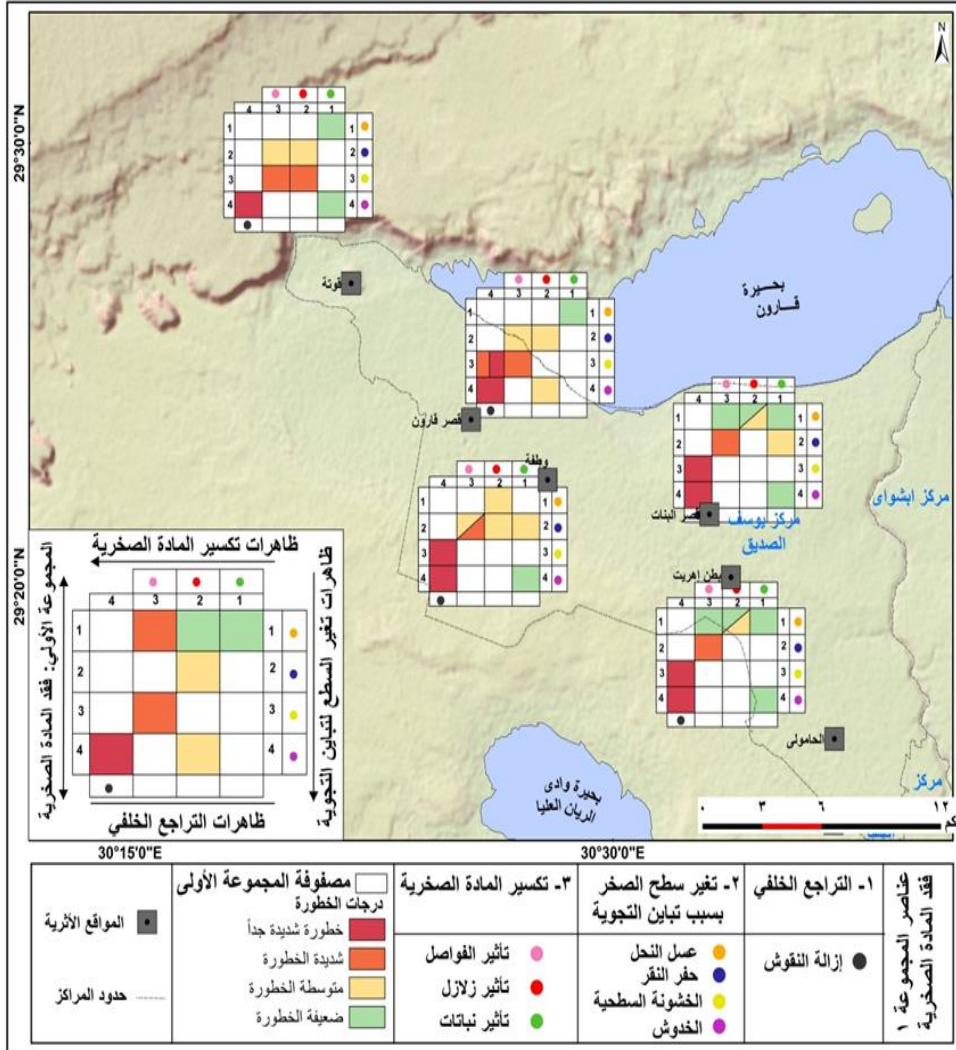
عمليات التجوية هي أحد عوامل تلف المواقع الأثرية والتي ينتج عنها ظاهرات جيومورفولوجية مميزة دالة عليها، وبحصر هذه الظاهرات ميدانياً وتقييم درجاتها ومدى تأثيرها على صخور المواقع الأثرية وذلك بواسطة عمليات القياس الميداني لأبعاد هذه الظاهرات وكثافتها لرصد كمية ودرجة التدهور التي لحقت بالمواقع الأثرية، وذلك من أجل وضع خطة مناسبة لحماية وترميم المواقع. وقد قام الباحث بالتقدير الكمي لهذه الظاهرات وتحديد درجات خطورتها بالاعتماد على دراسة (Kamh, 2009)، لتصنيف درجات الخطورة وأيضاً بتطبيق الاستبانة الخاصة بدراسة (Fitzner, et al, 2002)، والمتعلقة بعمليات ومظاهر التجوية الرئيسة التي تتعرض لها المواقع الأثرية وتُقسم لأربعة مجموعات؛ تضم كل مجموعة منها بعض الأشكال ومظاهر التجوية والتي تتباين من موقع لآخر، وفيما يلي تناول لعمليات وأشكال التجوية وفقاً لمجموعاتها كما هو بالأشكال (٢١: ٢٣)، وتتضمن المجموعات الآتية:

١- صور ومظاهر التجوية وفقاً للمجموعة الأولى^(٩):

- تتأثر آثار منطقة الدراسة بإزالة النقوش والزخارف بدرجة شديدة وذلك كأحد الدلائل على سيادة التراجع الخلفي والفقدان المنتظم للمادة الصخرية بهيئة راقات وقشور إضافة لإزالة النقوش، حيث تتأثر آثار وطفة وقوتة، وآثار بطن إهرت وقصر النبات لدرجة شديدة جداً في حين أن وقصر قارون وصلت به التأثير لدرجة شديدة

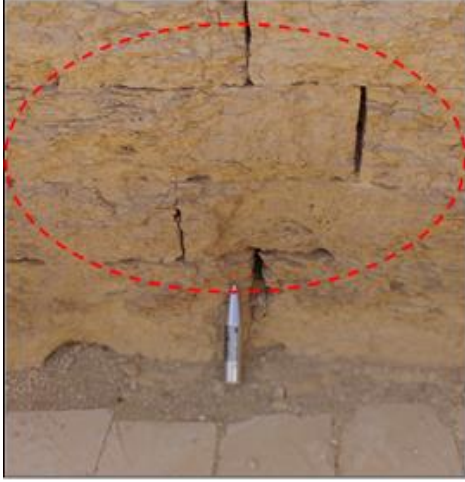
- حيث ضياع بعض النقوش كما بالصور (٥- ١٠).
- انتشار الخشونة السطحية والتي تتراوح درجاتها ما بين الضعيفة إلى والشديدة جداً، وتعد آثار قصر البنات، بطن إهريت، وطفة، وقصر قارون تتأثر بدرجة شديدة.
 - تنتشر ظاهرة النقر بدرجة متفاوتة ما بين متوسطة إلى شديدة جداً، لتتأثر بطن إهريت وقصر البنات ووظفة بدرجة شديدة بينما قوتة وقصر قارون تتأثران بدرجة متوسطة.
 - تم رصد ثلاثة مواقع متأثرة بظاهرة أقراص عسل النحل وهي آثار بطن إهريت وقصر البنات ووظفة بدرجة متوسطة وبدرجة منخفضة بقوتة وقصر قارون، ولعل انتشارها ينشأ عدة عوامل منها الإذابة إضافة لفعل الرياح.
 - أما بالنسبة للخدوش التي ربما ترجع بنسبة كبيرة للتأثير البشري ففتباين درجاتها بنسبة ضعيفة بالعديد من المواقع وخاصة غير المفتوحة للزيارات، في حين تصل درجة التأثير بالخدوش لشديدة كما هو الحال بقصر البنات، بينما تصل لدرجة متوسطة بقصر قارون.
 - كما تُفقد المادة الصخرية بواسطة تكسير المادة الصخرية الناجم عن فعل النباتات وانتشار الفواصل ببنية الصخر، كنتيجة تأثير فعل النباتات التي تنمو بالمباني الأثرية والتي تتراوح درجاتها ما بين المتوسطة والضعيفة كما بموقعي وطفة وقصر البنات، بينما بباقي المواقع تتأثر بدرجة ضعيفة، ليمثل فقدان المادة الصخرية نوع التجوية السائد المتباين ما بين تلك القطع المتماسكة والمتباينة (Elshahat,2014,p.50).
 - أما عن دور الزلازل فيتضح في المواقع الأقرب لبؤر الزلازل النشطة والمؤثرة بمنطقة الدراسة حيث يعد موقع قوتة أشد المواقع تأثراً بها حيث يظهر بالدراسة الميدانية الموقع

- بشكل متهدم نتيجة لسقوط الصخري للحافة الجبلية المطلة عالية نتيجة للهزات الزلزالية عام ١٩٩٢ وهو ما تم رصده ميدانياً بينما تتأثر آثار وطفة بدرجة متوسطة.



شكل (٢١): مظاهر التجوية بالمجموعة الأولى وتوزيعها بمنطقة الدراسة.

المصدر/ من إعداد الباحث اعتماداً على الاستبانة الخاصة بدراسة (Fitzner, et al, 2002)



صورة (٦): الخشونة السطحية بقصر قارون



صورة (٥): حفر النقر بآثار قصر البنات



صورة (٨): تأثير الفواصل بقصر قارون



صورة (٧): الخدوش بقصر قارون.



صورة (٩): تدهم بسبب تأثير الزلازل بقوتة صورة (١٠): تأثير النبات بمحيط آثار بطن إهریت



المصدر/ من تصوير الباحث بالدراسة الميدانية

٢- صور ومظاهر التجوية وفقاً للمجموعة الثانية:

تشمل هذه المجموعة التغير اللوني بمباني المواقع الأثرية إضافة لانتشار الرواسب على الأسطح وظهور الأغشية الحيوية، كما بالشكل (٢٢) والصور (١١- ١٥) ليتضح الآتي:

- تنتشر ظاهرة التفلور الملحي والتي تعمل على تغير لون السطح عن لونه الأصلي، وتتراوح درجة التأثر ما بين منخفضة إلى شديدة جداً، لتتأثر آثار قصر البنات وبطن إهریت وقصر قارون بدرجة شديدة، أما آثار وطفة فتتأثر بدرجة ضعيفة.
- كما تنتشر عمليات الأكسدة والكربنة والتي تتباين درجاتها ما بين منخفضة إلى شديدة جداً؛ حيث تتأثر آثار قوته بدرجة منخفضة، بينما تتأثر مواقع وطفة وبطن إهریت بدرجة متوسطة، بينما تتأثر قصر قارون وقصر البنات بدرجة شديدة.
- أما بالنسبة لظاهرة السناج فتتصدر بشكل كبير في قصر قارون لدرجة شديدة جداً نتيجة التأثر بالاستخدامات البشرية السلبية بالعصور السابقة.
- كما تتأثر المواقع الأثرية بالعناصر الحيوية الأخرى كتأثير الحشرات الذي يتراوح ما بين ضعيفة إلى متوسطة، حيث تضم الفئة المتوسطة آثار وطفة وقصر قارون وبطن إهریت وقصر البنات، أما بالنسبة لتأثير الحيوانات فيتأثر قصر قارون بدرجة ضعيفة، بينما باقي المواقع تتأثر بدرجة متوسطة، كما تؤثر النباتات كعامل كيميائي بدرجة ضعيفة إلى متوسطة لتبلغ درجات التأثر بقصر البنات وكوم الحمام وبطن إهریت إلى متوسطة.



صورة (١٣): الأكسدة بقصر البنات



صورة (١٢): تأثير السناج بقصر قارون



صورة (١٥): الأكسدة بقصر البنات



صورة (١٤): تأثير روث الخفافيش بقصر قارون

المصدر/ تصوير الباحث بالدراسة الميدانية.

٣- صور ومظاهر التجوية وفقاً للمجموعة الثالثة:

وتختص هذه المجموعة بانفصال أجزاء من الكتلة الصخرية والمتمثلة في انفصال شرائح بشكل موازي وغير موازي للسطح بالإضافة لتقشر الصخور ، وليتضح من الشكل (٢٣) الآتي:

- ظاهرة التقفت الحبيبي حيث تتأثر جميع المواقع الأثرية بالتقفت الحبيبي للصخور لتتراوح درجة تأثرها بهذا النوع من التجوية ما بين متوسطة إلى شديدة جداً؛ لتتأثر قصر قارون بدرجة متوسطة، في حين تتأثر وطفة بدرجة شديدة، بينما تتأثر آثار



صورة (١٨) (١٢)



صورة (١٧) (١١)



صورة (١٦) (١٠)



صورة (٢٠): التعلق بقصر البنات.



صورة (١٩): التورق بآثار بوظفة



صورة (٢٢): التعلق بقصر البنات



صورة (٢١): تشظي وتراجع بقصر قارون

المصدر/ تصوير الباحث بالدراسة الميدانية.

٤- صور ومظاهر التجوية وفقاً للمجموعة الرابعة:

تضم هذه الفئة تدهور الصخور من خلال انتشار الشروخ والتشوهات الناجمة عن أسباب طبيعية أو بشرية أو إنشائية، وفيما يلي تناول لكلاً منها، كما بالشكل (٢٣) والصور (٢٤-٢٥):

- ظاهرة الشروخ التي تراوحت درجاتها إلى المتوسطة بآثار قوتة ووظفة وقصر البنات وبطن إهریت وقصر قارون؛ متمثلة في هيئة شروخ على طول المادة اللاحمة أو ببنية الصخور وخاصة عند التقاء مفاصل المباني وأسقف المعابد والمقابر إضافة للمباني المشيدة بالطوب اللبن والتي تبدو متعامدة أو بشكل منفرد وقد تنتشر بشكل عشوائي، حيث تساهم الشروخ المتقاطعة على هيئة حرف Y في تكسير المادة الصخرية إضافة لدورها في نشاط عمليات الإذابة والتبلور الملحي على طول الشروخ.



صورة (٢٣): تفصل مباني بقصر قارون. صورة (٢٤): تفصل بمباني قصر البنات.

المصدر/ تصوير الباحث بالدراسة الميدانية

النتائج والتوصيات:

أولاً: النتائج:

١. بلغ عدد المواقع الأثرية بمركز يوسف الصديق سبعة مواقع جميعها يرجع تأسيسه إلى الفترة البطلمية والرومانية، بإجمالي ٢١.٨٧٪ من جملة المواقع الأثرية بالفيوم، موزعة بنمط مشتت ذو اتجاه شمالي غربي - جنوبي شرقي بزاوية ميول ١٢٩.٠٣ درجة.

٢. وحيولوجياً تتوزع المواقع الأثرية على العديد من التكوينات الجيولوجية كتكوين الرافيين بالأبوسين الأوسط، وتكوين بركة قارون، والتكوينات الهولوسين الطميية.

٣. وسطحياً تقع معظم المواقع الأثرية بمنسوب ما بين صفر - ٢٠م لتضم خمسة مواقع أثرية وهي؛ قليون، وطفة وموقعي بطن إهريت وقصر البنات وقصر قارون ليمثل هذا المنسوب أحد شواطئ بحيرة قارون القديمة ذات فئة التضرس ما بين صفر - ١٠م، وذات الانحدارات الهينة المقدرة بأقل من ٢ درجة.

٤. اتسمت الخصائص المعدنية بسيادة معادن الكالسيت بنسب ٩٠ - ٩١٪، وكوارتز بنسب ١٠ - ٩٪ بآثار وطفة وقصر قارون على الترتيب، أما موقع قوتة فيبلغ نسبة الكوارتز ٧٥٪ مع وجود معدن الالبيت بنسبة ١٥٪ هذا فضلاً عن وجود معادن الكالسيت والماغنسيوم بنسبة ١٠٪، كما تبلغ نسبة الكوارتز بقصر البنات حوالي ٩٠٪ و٦٪ من الالبيت وحوالي ٤٪ من المسكوفيت، أما آثار بطن إهريت فيسودها معدن الكوارتز بنسبة ٨٩٪ وحوالي ٧٪ من معدن الالبيت والمسكوفيت بنسبة ٤٪.

٥. تباين عينات الصخور وبتروجرافياً ما بين النسيج الناعم نسبياً والمؤلف من الكالسيت والجبس إضافة لأكاسيد الحديد والحفريات، والفلسبار والمسكوفيت مع انتشار مظاهر الضعف كالشروخ والتقوب.

٦. تباينت خصائص العينات بتروفيزيائياً لنجد المسامية تبلغ حوالي ٦.٥٪ بآثار قصر

قارون وحوالي ١٦.٩١٪ بآثار قوتة كأقل العينات، بينما ترتفع بعينات بطن إهریت وقصر البنات بنسب ٤١.٢٣٪، ٣٨.١٢٪ على الترتيب، وبالنسبة لمعامل الامتصاص فبلغ ٣.٤٦٪ و ٧.٣٠٪ بآثار قصر قارون وقوتة، بينما بلغ أعلاه بآثار بطن إهریت وقصر البنات بحوالي ٢.٥٩٪، ١٨.٢٩٪ على الترتيب، لينعكس ذلك على معامل التفتت بصخور قصر قارون وقوتة بنسبة ١.٥٥٪، ١.٧٣٪ على الترتيب، وحوالي ١.٨٧٪، ١.٧٣٪ بآثار بطن إهریت وقوتة على الترتيب.

٧. وبالنسبة للخصائص الميكانيكية فتباينت العينات في درجة مقاومتها لعمليات الضغط والشد وقوة القص لنجد أن آثار قصر البنات بلغت درجة مقاومة الضغط بصخورها حوالي ٤٦.٢ كجم/سم^٢ وبمقاومة شد حوالي ٢.٣٦ وبقوة قص حوالي ٣.٩١، بينما تمثلت أعلى قوة مقاومة ضغط بصخور آثار قصر قارون وقوتة بحوالي ١٨٠ كجم/سم^٢، ٣٥٥.٦٧ كجم/سم^٢ على الترتيب، وبقوة مقاومة شد بلغت ٩، ١٧.٨٧ على الترتيب، في حين بلغت مقاومة قوة القص حوالي ١٥.٣٢، ٢٩.٦٣ على الترتيب.

٨. أما بالنسبة لخصائص المنطقة مناخياً فيبلغ معدل درجات الحرارة السنوي مابين ٢٠.٨ - ٢٢م. وبالنسبة للرياح السائدة فهي الشمالية والشمالية الغربية والتي تؤثر سلباً من حيث النحت والطمير بالمواقع الأثرية، كما نتج عن ارتفاع الحرارة ارتفاع التبخر السنوي ليبلغ حوالي ٨.٣ - ٨.٤٠ ملم / سنوياً.

٩. تباينت درجات وصور التجوية حيث ارتفاع قيم مؤشر التجوية بالنطاقات الجنوبية والشمالية الغربية بمنطقة الدراسة لتسودها التجوية الميكانيكية، وانخفاضها بالوسط وقرب بحيرة قارون مما يشير لسيادة التجوية الكيميائية، مع تباين معدلاتها ل حوالي ١.٢٥ سم^٣ / السنة بقصر قارون، وحوالي ١.٠٧ سم^٣ / السنة بآثار قوتة وحوالي ٠.٠٥٨ سم^٣ / السنة بقصر البنات، أما على صعيد توزيع نطاقات التجوية فتوزعت التجوية

الميكانيكية بنسبة ٣٥.٨٤٪ من مساحة المنطقة، بينما بلغت مساحة التجوية الكيميائية حوالي ١٠.٦٨٪، وحوالي ٥٣.٤٨٪ تشغلها سيادة كلا النوعين من التجوية.

ثانياً: التوصيات:

١. إنشاء قواعد بيانات جغرافية للمواقع الأثرية تشمل كل ما يتصل بها من نوع مادة الأثر وتركيبية المعدني والبتروجرافي وسماته البتروفيزيائية وعمر المبني ونوع التجوية السائدة.

٢. ضرورة التعاون المشترك بين المختصين والقائمين على المواقع الأثرية والجيولوجيين والجيومورفولوجيين لإجراء دراسات عن خصائص مواد البناء الأثري كالتقاسمات البتروفيزيائية والبتروجرافية والميكانيكية والتعرف على تكوينها المعدني، لتشخيص مظاهر التلف وكيفية معالجتها، هذا مع تطويع الدراسات الجيوبئية لحماية المواقع الأثرية.

٣. ضرورة إنشاء محطات لرصد التغير البيئي وتحديد نسب الملوثات وتطور مناسب المياه بالمواقع الأثرية.

٤. استخدام المواد الكيميائية الحديثة والتي لا تتفاعل مع مادة الصخر والمستخدمة لتقليل نسب المسامية ومنع تسرب الرطوبة والمياه للسطح لحمايتها من مظاهر التجوية الملحية.

٥. ضرورة صيانة وترميم المواقع المتدهورة، كأثار قصر البنات وبطن إهرت بصورة ملحة.

٦. ضرورة إعادة إحياء الرسوم والنقوش التي تدهورت بسبب السناج التي طمس تلك الملامح الفنية بسقف آثار قصر قارون، مع ضرورة التخلص من الحشرات والطيور والخفافيش علمياً والتي تنتشر بشكل كبير بقصر قارون بواسطة استخدام أجهزة إصدار الموجات الكهرومغناطيسية وذلك للقضاء على صور التلف والآثار السلبية المرتبطة

بتواجد تلك العناصر الحيوية.

٧. ضرورة حصر زمام المواقع الأثرية وبناء سور عليها وخاصة مواقع آثار؛ وطفة وبتن إهریت وقصر البنات وقلیون لمنع التعديت البشریة علیها.
٨. ضرورة مراقبة نسبة المحتوي المائي بأرضية المواقع الأثرية وخاصة التي تقع على مقربة من الأراضي الزراعية كأثار بطن إهریت وقصر البنات ووظفة.

الهوامش:

$$n = \frac{(W_{sat} - W_{dry})}{(W_{sat} - W_{sub})} \times 100 = \text{المسامية}^{(1)}$$

، W_{sat} = الوزن مشبع جاف السطح. ، W_{dry} = الوزن بالهواء للعينة مجففة بالفرن. ،
 W_{sub} = وزن العينة بحوض الغمر المائي. (الحداد وآخرون، ب. ت، ص ٨٥).

تصنيف Farmer1968

المسامية %	درجة المسامية
١ - ١٠	منخفضة
١٠ - ٢٠	متوسطة
٢٠ فأكثر	مرتفعة

After/ Kmah, 2007, P.39

(2) معامل الامتصاص = (الوزن مشبع جاف السطح - وزن العينة المجففة / وزن العينة المجففة) × ١٠٠. (أبوهشيمة، ٢٠١٢، ص ٨٩).

تصنيف Moen, 1967 لصلابة الصخور وفقاً لنسبة إمتصاص المياه.

إمتصاص المياه %	٣ >	٣ - ٧.٥	٧.٥ - ١٢	١٢ <
تصنيف الصلابة	صلبة جداً	صلبة	متوسطة	ضعيفة جداً

After/ Kmah, 2007, P.39.

(٣) معامل التفتت = (وزن العينة جافة - وزن العينة المجففة / وزن العينة جافة) × ١٠٠ .

(٤) الوزن النوعي الظاهري = (وزن العينة المجففة / وزن العينة المجففة - وزن العينة بحوض الغمر المائي) .

(٥) (Compression Strength = مقاومة الضغط) ، (Tensile Strength = مقاومة الشد) ، (Shear Strength = قوة القص) .

(٦) N = العلاقة بين كمية التساقط والفاقد بالتبخر

EJ = Mayer⁶ = التبخر خلال أحر شهور السنة " أغسطس " وذلك وفقاً لمعادلة

Pa = احتمال التساقط من الأمطار السنوية

(٧) معدل التجوية = (أبعاد الصخر المجوى - أبعاد الصخر غير المجوى " بحالة جيدة ") / عمر المبنى الآثري = الفاقد / السنة بالسـم^٣ .

(٨) روعي في اختيار عينة الحجر مدى انتشاره بكل موقع ، ومراعاة أن تمثل تلك الأنواع غالبية المواقع لتمثل عينات؛ الحجر الجيري، الطوب اللبن، الطوب الأحمر، الحجر الرملي .

الحجم المفقود % = (قيمة الحجم المفقود ÷ حجم الصخر غير متأثر بالتجوية) × ١٠٠ .

(٩) إستبانة (Fitzner, etal, 2002) لمجموعات التجوية .

(١٠) التفكك الحبيبي بقوة .

(١١) التفكك الحبيبي بقصر البنات

(١٢) التفكك الحبيبي بقصر قارون .

المصادر والمراجع

أولاً: المصادر:

١. الخريطة الجيولوجية بمقياس ١ / ٥٠٠٠٠٠٠، لوحة بني سويف NH36SW، إنتاج الهيئة المصرية العامة للبترو، مشروع كونكو كورال، ١٩٨٧.
٢. الخرائط الطبوغرافية بمقياس ١ / ٥٠٠٠٠٠، إصدار الهيئة المصرية للمساحة بالتعاون مع وكالة التعاون الدولي للولايات المتحدة الأمريكية، الطبعة الأولى، ١٩٩٥، والمحدثة بأعوام ٢٠٠٨ - ٢٠١٠، وبالبلغ عددها ٧ لوحات.
٣. الخريطة الطبوغرافية بمقياس ١ / ٥٠٠٠٠٠٠، إصدار هيئة الخرائط العسكرية وهندسة المحاصيل والقوات المسلحة الأمريكية، واشنطن، ١٩٥٣.
٤. أطلس المواقع الأثرية لمحافظة الفيوم، مشروع نظام المعلومات الجغرافي للآثار، وزارة الثقافة، المجلس الأعلى للآثار، ١٩٩٤؛ والذي يوضح توزيع المواقع الأثرية مكانياً والجهات التابعة لها.
٥. الهيئة العامة للأرصاد الجوية، قسم المناخ، القاهرة، بيانات الأرصاد الجوية.
٦. مرئيات القمر الأوربي Sentinel-2، ومرئيات Landsat8، لأعوام ٢٠١٨-٢٠١٩.
٧. نماذج الارتفاعات الرقمية؛ من نوع الماسح الرادار الطبوغرافي (SRTM^١) لشuttle Radar Topography Mission، بدقة ٣٠ متر، ونموذج الارتفاع الرقمي للقمر الراداري الياباني (Alos Palsar)^٢، بدقة مكانية ١٢.٥ متر.

ثانياً: المراجع العربية:

١. أبو العينين، حسن حسن سيد (١٩٨١): أصول الجيومورفولوجيا، دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض، الجزء الثاني، بيروت.

٢. أبوهشيمة، مصطفى أمين (٢٠١٢): دليل الاختبارات المعملية لمواد إنشاء رصفيات الطرق " اختبارات التربة - اختبارات الركام - اختبارات الركام"، معمل هندسة الطرق والمرور، كلية الهندسة، جامعة الفيوم.
٣. توفيق، هويد أحمد حسن (٢٠١٨): أخطار التجوية على هرمي هواره واللاهون بمنخفض الفيوم، دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، الجمعية الجغرافية المصرية، سلسلة بحوث جغرافية، العدد المائة وعشرة.
٤. الحداد، خالد أحمد عبد الله وآخرون (ب. ت): دراسة بعض الخواص الفيزيائية لصخور الحجر الجيري تكوين كوميتان - منطقة دوكان - شمال شرق السليمانية - العراق.
٥. العاني، براء كامل عبد الرزاق (٢٠١١): التوزيع المكاني للخدمات المجتمعية في مدينة الرمادي، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب - جامعة بغداد.
٦. جاد، طه محمد (١٩٧٤): منخفض الداخلة "دراسة جيومورفولوجية"، دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة عين شمس.
٧. جودة، حسنين جودة (١٩٨٨): الجيومورفولوجيا: علم أشكال سطح الأرض، دار المعرفة الجامعية الإسكندرية.
٨. صابر، أحمد إبراهيم محمد (٢٠٠٤): المياه الأرضية وتأثيرها في مركز الزقازيق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الزقازيق - فرع بنها.
٩. _____ (٢٠١٢): أخطار التجوية الملحية على المباني الأثرية بمدينة القاهرة، سلسلة بحوث جغرافية، كلية الآداب، جامعة بور سعيد، العدد السابع والأربعون.

١٠. عبيدو، إبراهيم على (١٩٦٩): الجيولوجيا الهندسية والخرائط الجيولوجية، دار المعرفة الجامعة، الإسكندرية.
١١. عطا، محمد فوزي أحمد (١٩٩٣): مناخ الساحل الشمالي الغربي في مصر وآثاره الجغرافية، دراسة في الجغرافيا المناخية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية لآداب، جامعة القاهرة.
١٢. مرسى، سيد محمود (٢٠٠٦): الأشكال الناتجة عن فعل الرياح بمنخفض الريان "دراسة جيومورفولوجية"، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة القاهرة.
١٣. مرغني، على مصطفى كامل (١٩٩٨): التجوية الكيميائية بوصفها خطرا طبيعيا على المنشآت بالمناطق الساحلية بمدينة الاسكندرية "جمهورية مصر العربية"، مجلة كلية الآداب، جامعة الزقازيق، ص ص ٢٠٧ - ٢٥٣.
١٤. مشرف، محمد عبد الغني (٢٠١٣): المعجم الجيولوجي المصور، هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، المجلد الأول.

ثالثاً- المراجع الأجنبية:

- 1- Abd El Ghany. M. S. (2009). Analysis of Anthracotheres from the Upper Eocene and Lower Oligocene Sequence of Fayum Area. (M. SC. Thesis. Department of Geology. Faculty of Science, Cairo University.
- 2- Amoroso, G. G., & Fassina, V. (1983). Stone decay and conservation: atmospheric pollution, cleaning, consolidation and protection.
- 3- Armaghani, D. J., Hajihassani, M., Bejarbaneh, B. Y., Marto, A., & Mohamad, E. T. (2014). Indirect measure of shale shear strength parameters by means of rock index tests

- through an optimized artificial neural network. *Measurement*, 55, 487-498.
- 4- **Beadnell, H. J. L. (1905).** topography and geology of the Fayum province of Egypt.
 - 5- **Borne, H. D. (1990).** The selection of stone for repairs, CBDS-vol.2, London.
 - 6- **Cooke, R. U. (1982).** URBAN GEOMORPHOLOGY IN DRYLANDS/RV COOKE...(ET AL.); CONTRIBUT. J. GRIFFITHS...(ET AL.) (No. GV612. U73 1982).
 - 7- **Dadson, S. J. (2017).** Statistical Analysis of Geographical Data: An Introduction. John Wiley & Sons.
 - 8- **El-Shahat, A., Minas, H., & Khomiara, S. (2014).** Weathering of Calcarene Monuments at Roman and Byzantine Archaeological Sites at Sabratha, Northwestern Libya: A Pilot Study. *African Archaeological Review*, 31(1), 45-58.
 - 9- **Eppes, M. C., & Keanini, R. (2017).** Mechanical weathering and rock erosion by climate-dependent subcritical cracking. *Reviews of Geophysics*, 55(2), 470-508.
 - 10- **Fitzner, B., Heinrichs, K., & La Bouchardiere, D. (2002).** Damage index for stone monuments.
 - 11- **Goudie, A., & Viles, H. A. (1997).** Salt weathering hazard. Wiley.
 - 12- **Kamh, G.M.E., (2017):** Investigating Single and Mixed Resins for Treating Moderately Weathered Limestone of Archaeological Sites, *New Applied Techniques, Earth Sciences Vol, x, No. x, 2017, pp.x-x. Doi: 10, 116481j.xxxx2017xxxxxx*
 - 13- **Kamh, G. M. E. (2007).** Petrographic, Geotechnical, and Durability Investigations into Sandstone from El-Silsila Nubian Quarries used for Restoration, A Case Study/Untersuchungen der petrographischen und geotechnischen Eigenschaften sowie der Beständigkeit von Sandstein aus nubischen Steinbrüchen für das

- Instandsetzen-eine Fallstudie. Restoration of Buildings and Monuments, 13(1), 39-56.
- 14- Kump, L. R., Brantley, S. L., & Arthur, M. A. (2000).** Chemical weathering, atmospheric CO₂, and climate. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 28(1), 611-667.
- 15- Kusky, T. M., Ramadan, T. M., Hassaan, M. M., & Gabr, S. (2011).** Structural and tectonic evolution of El-Faiyum depression, North Western Desert, Egypt based on analysis of Landsat ETM+, and SRTM Data. Journal of Earth Science, 22(1), 75-100.
- 16- Liao, Z. Y., Zhu, J. B., & Tang, C. A. (2019).** Numerical investigation of rock tensile strength determined by direct tension, Brazilian and three-point bending tests. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 115, 21-32.
- 17- Magesh, N. S., Chandrasekar, N., & Soundranayagam, J. P. (2012).** Delineation of groundwater potential zones in Theni district, Tamil Nadu, using remote sensing, GIS and MIF techniques. Geoscience frontiers, 3(2), 189-196.
- 18- Mourad, M.G. A. (2017).** Hydro-Geophysical Studies for Exploring Groundwater Aquifer Around EL-Fayoum Depression. EGYPT. (Unpublished M. SC. Thesis Thesis, faculty of science. Fayoum University.
- 19- Pinińska, J., & Attia, H. R. (2003).** Use of geomechanical research in the conservation of stone monuments (Maadi Town Temple, Fayoum, Egypt). Geological Quarterly, 47(1), 1-12.
- 20- Šperl, J., & Trčková, J. (2008).** Permeability and porosity of rocks and their relationship based on laboratory testing. Acta Geodyn Geomater, 5(149), 41-47.
- 21- Smith. B.J. (2009).** Weathering Processes and Forms-Chapter4. School of Geography, Archaeology and Paleoecology, Queen's University of Belfast. UK.

- 22- Thomas, D. S.G. (1989).** Arid Zone Geomorphology, Belhaven press. London.
- 23- Vincente, M. A., Garcia-Talegon, J., Iñigo, A. C., Molina, E., & Rives, V. (1993).** 39. Weathering mechanisms of silicated rocks in continental environments. In Conservation of stone and other materials: proceedings of the international RILEM/UNESCO congress held at the UNESCO headquarters, Paris, June 29-July 1, 1993 (pp. 320-327).
- 24- Wilson, J. P., & Gallant, J. C. (Eds.). (2000).** Terrain analysis: principles and applications. John Wiley & Sons.
- 25- Yaldiz, E. (2010).** Climate effects on monumental buildings. In 4 th International Scientific Conference on Water Observation and Information System for Decision Support (BALWOIS 2010), vol (pp. 1-10).
- 26- Weinert, H. H. (1968).** Engineering petrology for roads in South Africa. Engineering Geology, 2(6), 363-395.

**Analysis and Modeling of Geomorphological Controls for
Weathering Processes and their Impact On Archaeological
Sites in Youssef Al-Siddiq District - Fayoum Governorate
"A Study in Applied Geomorphology Using Geomatics
Techniques"**

Ahmed Ahmed Gaber Abdulkmaksoud

A Researcher at Department of Geography

Faculty of Arts, Tanta University

Specialist at Development Research and Consultation Center

Abstract

The Youssef Siddiq District contains seven archaeological sites historically belonging to the two eras: Ptolemaic and Roman, with a total of 21.87% of the total archaeological sites in fayoum region, distributed in a scattered pattern in a north-west-southeast direction based on those western margins of the study area, on which traces were based; Many geomorphological controls representing climatic, geological and surface characteristics, as well as the characteristics of building materials represented by metal and petrographic composition as well as petro-physical and mechanical features, have combined in the spread and multiplicity of weathering images and their annual rates with monuments at the Youssef Siddiq district.

The study found the spread of archaeological sites with all their dispersion on the margins of the Yusuf Al-Siddiq District, with the varying characteristics of its rocks between the

dominance of quartz in some sites and calcite in others, which worked on the variation of weathering processes and the resulting forms, which clarified the weathering index and the modeling ranges of types of weathering and its spatial distribution with the varying annual rates of weathering at archaeological sites.

The study recommended that archaeological sites should be urgently restored to the sites of the Qaser El Banat, the Batn Ehret and Its Power, the partial restoration of the ruins of the Qaser Qarun, Redrawing the borders of the archaeological Watfa area and restoring what is in it archaeologically.

Keywords: Archaeological sites, Spatial analysis, Spatial modeling, weathering index, Weathering Rate, Field verification, Laboratory analyses, Weathering groups.